

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
KARAPINAR AYDOĞANLAR
MESLEK YÜKSEKOKULU

ULUSLARARASI
MEKE KIRSAL KALKINMA
KONGRESİ

THE PROCEEDINGS BOOK

EDITORS

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Göktuğ KAYA
Assist. Prof. Dr. Aysun ORAÇ
Assist. Prof. Dr. Onur ERZURUM

ISBN: 979-8-89695-244-2

06 - 07 Kasım 2025 / KARAPINAR-KONYA

KARAPINAR
Organize Sanayi

Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Tarafından 25702014 Numaralı Proje İle Desteklenmiştir.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS

November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE

Selcuk University / Karapınar Aydoğanlar Vocational School

EDITORS

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Göktuğ KAYA
Assist. Prof. Dr. Aysun ORAÇ
Assist. Prof. Dr. Onur ERZURUM

Date: 10.12.2025

Liberty Publishing House
Water Street Corridor New York, NY 10038
www.libertyacademicbooks.com
+1 (314) 597-0372

ALL RIGHTS RESERVED NO PART OF THIS BOOK MAY BE REPRODUCED IN ANY FORM, BY PHOTOCOPYING OR BY ANY ELECTRONIC OR MECHANICAL MEANS, INCLUDING INFORMATION STORAGE OR RETRIEVAL SYSTEMS, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOTH THE COPYRIGHT OWNER AND THE PUBLISHER OF THIS BOOK.

© Liberty Academic Publishers 2025

The digital PDF version of this title is available Open Access and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits adaptation, alteration, reproduction and distribution for noncommercial use, without further permission provided the original work is attributed. The derivative works do not need to be licensed on the same terms.

adopted by Mariam Rasulan

ISBN: 979-8-89695-244-2

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS

DATE and PLACE

November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE

ORGANIZATION

IKSAD INSTITUTE
iksadinstitute.org
iksad.org.tr
iksadyayinevi.com
Selcuk University / Karapınar Aydoğanlar Vocational School

COORDINATOR

Gönül EDEŞLER
Aslıhan ADA

NUMBER of ACCEPTED PAPERS - 135

NUMBER of REJECTED PAPERS - 15

PARTICIPANTS COUNTRY

Türkiye-61, Algeria-6, Bangladesh-10, Bulgaria-2, Georgia-6, India-11, Indonesia-3, Iran-1, México-1, Morocco-10, Nigeria-13, Pakistan-6, Poland-1, Sri Lanka-1, USA-1, Vietnam-2

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ- Rector of the Selcuk University
İbrahim ÖNAL-Mayor of Karapinar
Dr. Mustafa Latif EMEK- President of the IKSAD INSTITUTE
Assoc. Prof. Dr. Mustafa Göktuğ KAYA- CONGRESS CO-CHAIR
Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL- Selçuk University Karapınar Aydoğanlar Vocational School, Director -CONGRESS CO-CHAIR
Şenol ÖZTÜRK - Karapinar District Governor
Prof. Dr. Alp Önder YILDIZ - Selçuk University (Congress Coordinator)
Assist. Prof. Dr. Aysun ORAÇ - Selçuk University
Assist. Prof. Dr. Onur ERZURUM - Selçuk University
Assist. Prof. Dr. Çiğdem Konak GÖKTEPE - Selçuk University
Assist. Prof. Dr. Mehmet TEMİZ - Selçuk University
Assist. Prof. Dr. Halime ALP - Selçuk University
Assist. Prof. Dr. Hilal Arslan BAYRAKCI - Selçuk University
Lect. Dr. Ferhat ÖZCAN - Selçuk University
Lect. Dr. Vahdettin SARIYEL - Selçuk University
Lect. Dr. Meltem DİKTAŞ - Selçuk University
Lect. Ali KELEŞ - Selçuk University
Lect. Celalettin BAKIR - Selçuk University
Habib ERGİN - Selçuk University (Congress Secretary)

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Haldun SOYDAL - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet AK - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Eray TULUKÇU - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Bünyamin AYHAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Yavuz BAĞCI - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet Naci ÇOKLAR - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Hasan GÜZELBEKTEŞ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Rabia Köse DOĞAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ertan ORUÇ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Aydın AKIN - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nihat DOĞANALP - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Kadriye Alev AKMEŞE - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Muhammed Kamil ÖDEN - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. B. Mahendran - VIT Bhopal University, India
Assoc. Prof. Dr. Cuciuc Romanescu Laura Sinziana - Ovidius University of Constanța, Romania
Assoc. Prof. Ana Maria Dodocioiu-Faculty of Horticulture, University of Craiova
Assoc. Prof. Eleonora Daniela Ciupeanu Calugaru-Faculty of Horticulture, University of Craiova
Assoc. Prof. Daniela Doloris Cichi-Faculty of Horticulture, University of Craiova
Assist. Prof. Dr. Hüseyin ALP - KTO Karatay University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Navdeep Kumar - Lyallpur Khalsa College, India
Assist. Prof. Dr. Shazia Aziz - COMSATS University Islamabad, Pakistan
Assist. Prof. Dr. Sovik Mukherjee - St. Xavier's University, India
Dr. Myla Arcinas - De La Salle University, Philippines
Dr. Nemia Galang - President Ramon Magsaysay State University, Philippines
Dr. John Mark R. Asio - Gordon College, Philippines

Dr. Victoria P. Valenzuela - Bulacan State University, Philippines
Dr. Levixon Lundi - Theophany University, Haiti
Dr. Abdul Rahmat - Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia
Dr. Bernandino Malang - Bulacan State University, Philippines
Dr. Edwin Ibanez - Central Luzon State University, Philippines
Dr. Iosefina Blazsani-Batto - Azerbaijan University of Languages, Azerbaijan
Dr. Irina-Ana Drobot - Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania
Dr. K.R. Padma - Sri Padmavati Mahila Visvavidyalayam (Women's) University, India
Lecturer Gilda Diana Buzatu - Faculty of Horticulture, University of Craiova

ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Fatih İŞCAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER - Necmettin Erbakan University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa ERSÖZ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. M. Selçuk ALATAŞ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Bilal ACAR - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa ÖZMEN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ziya Erdem KOÇ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet KESİK - Istanbul Gedik University, Türkiye
Prof. Dr. Kenan PEKER - Munzur University, Türkiye
Prof. Dr. Yener TEKELİ - Adıyaman University, Türkiye
Prof. Dr. Cafer TEPELİ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Kemal KIRIKÇI - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa GARİP - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Tamer ÇAĞLAYAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa YORGANCILAR - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Süleyman SOYLU - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Nihat AKIN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Tahir BALEVİ - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Hakan Salim ÇAĞLAYAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Özer KARAKAYACI - Konya Teknik University, Türkiye
Prof. Dr. Yüksel KAN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Zafer BULUT - Dokuz Eylül University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Ömer Faruk YÜKSEL - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Caner ALADAĞ - Necmettin Erbakan University, Türkiye
Prof. Dr. Feridun ATA - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Murat ATEŞ -Necmettin Erbakan University, Türkiye
Prof. Dr. Dündar YENER – Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye
Prof. Dr. Erkan KALIPÇI - Giresun University, Türkiye
Prof. Dr. Zafer SAYIN - Dokuz Eylül University, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN - Selçuk University, Türkiye
Prof. Dr. Yusuf KÜÇÜKDAĞ - KTO Karatay University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet YILANCI - Ege University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Muharrem Hilmi AKSOY - Konya Technical University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ali Akgün - Selçuk University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Rabia Güler YILDIRIM - Gaziantep University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. V.Özlem Akgün - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Durmuş SERT - Necmettin Erbakan University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Talha DEMİRCİ - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nurhan USLU - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Hale İnci ÖZTÜRK - Yildiz Technical University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ali Samet BABAOĞLU - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Kübra ÜNAL - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sultan TONTUL - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fatmanur YORGANCILAR - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ülkü SOYDAL- - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fatih VAROL - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nihat ALTUNTEPE - Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Erhan SUMMAK - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Tolga GÖK - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Selman Selim AKYÜZ - Selçuk University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Bilgehan YABGU HORASAN - Selçuk University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Gökçenur SANİOĞLU GÖLEN – Aksaray University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Hümeyra BABAOĞLU - Selçuk University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Tamer KAYAR – Aksaray University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Sümeyra Sultan TİSKE İNAN - Karamanoğlu Mehmet Bey University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Emel Celep - Selçuk University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Kübra KOYUNCU - Karamanoğlu Mehmet Bey University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. İrfan ÖZER - Selçuk University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Ahmet TOPRAK - Selçuk University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Mithat DİREK - Selçuk University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Nezahat OLCAY - Selçuk University, Türkiye
Dr. Ferhat ÖZCAN - Selçuk University, Türkiye
Ceyhan YALÇIN - Ministry of Commerce, Türkiye
Murat DENİZ - Retired Teacher

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS

November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE

Karapınar Aydoğanlar Vocational School

SELCUK UNIVERSITY



CONGRESS PROGRAM

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824
Zoom Passcode: 060606
Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
(THE PROCEEDINGS BOOK)
https://www.iksadkongre.com/meke

PARTICIPANT COUNTRIES (17):

Türkiye, Algeria, Bangladesh, Bulgaria, Ethiopia, Georgia, India, Indonesia, Iran, México, Morocco, Nigeria, Pakistan, Poland, Sri Lanka, USA, Vietnam

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- *To be able to attend a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID "Meeting ID or Personal Link Name" and solidify the session.*
- *The Zoom application is free and no need to create an account.*
- *The Zoom application can be used without registration.*
- *The application works on tablets, phones and PCs.*
- *The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.*
- *All congress participants can connect live and listen to all sessions.*
- *Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.*

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- *Make sure your computer has a microphone and is working.*
- *You should be able to use screen sharing feature in Zoom.*
- *Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.*
- *Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.*

-OPENING CEREMONY

06.11.2025, THURSDAY

Karapınar Aydoğanlar Vocational School

ANKARA TIME: 09^{30} - 10^{00}

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Göktuğ KAYA
CONGRESS CO-CHAIR

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
Selçuk University Karapınar Aydoğanlar Vocational School, Director
CONGRESS CO-CHAIR

Prof. Dr. Şahlo BOTİROVA
Alfraganus University, Advisor to the Rector in charge of Scientific Research and International Projects

Dr. Mustafa Latif EMEK
President of the IKSAD INSTITUTE

Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ
Rector of the Selcuk University

İbrahim ÖNAL
Mayor of Karapinar

Şenol ÖZTÜRK
Karapinar District Governor

Dr. Yüksel AÇIKGÖZ
LONG EXPOSURE PHOTOGRAPHY AND THE EXAMPLE OF MEKE CRATER LAKE

-PANEL SESSION-

06.11.2025, THURSDAY

Karapınar Aydoğanlar Vocational School

ANKARA TIME: 10^{00} - 12^{00}

Prof. Dr. Nurettin GÜLŞEN
Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi

Durmuş ÜNER
Ziraat Odası Başkanı

Mehmet TARTAN
Süt Üreticeleri Birliği Başkanı

Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU
Selçuk Üniversitesi Rektör Yardımcısı

Prof. Dr. Halil AKMEŞE
N.E.Ü. Turizm Fakültesi

Nurten Elvan KÖKSOY
Mevka Uzmanı

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 14:00-16:00 Session-1, Hall-1	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School

Head of Session: Kadriye Alev AKMEŞE

Şenol ÖZTÜRK İsmail ŞİRİNER	*Batman University*	ECONOMIC IMPACT OF AGRICULTURAL SUPPORTS: CASE OF KARAPINAR DISTRICT OF KONYA PROVINCE
Kadriye Alev AKMEŞE Şevval Zeynep AYHAN	*Selçuk University*	AGRICULTURE AND GASTRONOMY SUITABLE FOR ARIDICULATED CLIMATES: ALTERNATIVE FOOD PRODUCTION IN KARAPINAR
Zeynep ÖĞÜT	*Mersin University*	THE ROLE OF THE LEADER APPROACH IN SUSTAINABILITY AND PARTICIPATION IN RURAL DEVELOPMENT IN TURKEY
Meltem DİKTAŞ	*Selçuk University*	A STUDY ON CULTURAL HERITAGE TOURISM IN THE CONTEXT OF DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY
Ahmet Mesut BÜYÜKSARIKULAK Seher SULUK	*Selçuk University* *Adıyaman University*	THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN KONYA PROVINCE: THE CASE OF KARAPINAR DISTRICT
Şerife SOĞANCIOĞLU V. Özlem AKGÜN	*Selçuk University*	REALITY OR PERCEPTION? AN EXAMINATION OF THE EFFECTS OF GREENWASHING ON GREEN BRAND EQUITY
Salih Soner GÜLER Ümit Güven AKÇAKAYA	*Youth Project and Innovation Institute* *Kocaeli University*	THE IMPACT OF HORIZON EUROPE CLUSTER 6 CALLS ON TURKISH AGRICULTURE: AN EVALUATION BASED ON 2024 PARTICIPATING ORGANIZATIONS
İrfan ÖZER Seydi Ahmet BAĞCI	*Selçuk University*	THE EFFECTS OF CROP ROTATION IN NO-TILL SYSTEM ON WHEAT YIELD AND QUALITY IN THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF KONYA PROVINCE, TÜRKİYE

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 14:00-16:00 Session-1, Hall-2	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School	
Head of Session: Ali KELEŞ		
Nurullah GÜLTEKİN Mithat ŞİMŞEK Serhat BİLGİN Ebubekir YAŞAR	*Tokat Gaziosmanpaşa University*	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CRUDE WALNUT OIL ADDITIVE ON MECHANICAL VIBRATION AND NOISE IN A SINGLE-CYLINDER COMPRESSION IGNITION ENGINE
Mithat ŞİMŞEK Nurullah GÜLTEKİN Ebubekir YAŞAR Serhat BİLGİN	*Tokat Gaziosmanpaşa University*	REDUCTION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF DIESEL ENGINES: INVESTIGATION OF THE ROLE OF WALNUT OIL BIODIESEL IN REDUCTION OF EXHAUST EMISSIONS
Ali KELEŞ	*Selçuk University*	THE EFFECT OF MOTOR SKILL ON PERCEPTUAL SPEED IN PRIVATE SECURITY AND PROTECTION TRAINEES
Arife AKTAŞ	*Konya Technical University*	KARAPINAR TULU
Celalettin BAKIR Ahmet YILANCI	*Selçuk University* *Ege University*	ENERGY ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC-ASSISTED MOBILE COLD STORAGE SYSTEM INTEGRATED WITH PHASE CHANGE MATERIALS

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 14:00-16:00 Session-1, Hall-3	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School

Head of Session: Nilgün ERTAŞ

Hilal ARSLAN BAYRAKCI	*Selçuk University*	BELUGA LENTIL FLOUR AS A FUNCTIONAL INGREDIENT IN CRACKERS: PHYSICAL, TEXTURAL, AND SENSORY ATTRIBUTES
Elif YAVER	*Konya Technical University*	INFLUENCE OF RESISTANT STARCH TYPE 4 AS A FAT REPLACER ON THE QUALITY OF CRACKERS ENRICHED WITH BLACK CUMIN SEED CAKE
Mine ASLAN Fatma Burcu KARAKOÇ Esma Nur BULUT YALÇIN Nilgün ERTAŞ	*Selçuk University* *Osmaniye Korkut Ata University* *Bingöl University* *Necmettin Erbakan University*	PHYSICAL CHARACTERIZATION OF TURKISH NOODLES INCORPORATING VARIOUS FORMS OF ABELMOSCHUS ESCULENTUS SEED FLOUR
Çiğdem KONAK GÖKTEPE	*Selçuk University*	CURRENT APPROACHES TO PRODUCTION, MICROBIAL DIVERSITY, AND FOOD SAFETY IN BURNT (SMOKED) YOGURT
Nezahat OLCAY	*Selçuk University*	UTILIZATION OF BLACK CHICKPEA FLOUR FOR ENHANCEMENT IN GLUTEN-FREE CHIP-TYPE SNACK FORMULATION: PHYSICAL, TEXTURAL, AND SENSORY QUALITY
Aysun ORAÇ	*Selçuk University*	POSTBIOTICS: A NEXT-GENERATION BIOTECHNOLOGICAL APPROACH FOR FOOD SAFETY AND SUSTAINABLE PRODUCTION

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 14:00-16:00 Session-1, Hall-4	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School

Head of Session: Halime ALP

Fatma ÖZDEMİR Gamze ÜÇOK	*Necmettin Erbakan University*	FERMENTATION OF ALMOND MILK: NUTRITIONAL AND SENSORY PROPERTIES AND TECHNOLOGICAL CHALLENGES
Hüseyin ALP Halime ALP	*KTO Karatay University* *Selçuk University*	ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN FOOD TECHNOLOGY
Merve AYDIN Robert Iwański	*Necmettin Erbakan University* *West Pomeranian University of Technology*	THE EFFECTS OF DIFFERENT MIXING SPEEDS ON TEXTURAL CHARACTERISTICS OF GLUTEN-FREE BUCKWHEAT (Fagopyrum esculentum) BREAD

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 16:00-18:00 Session-2, Hall-1	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School	
Head of Session: Ömer Barış İNCE		
Ömer Barış İNCE Özgür KANAT	*Necmettin Erbakan University*	INVESTIGATION OF BIOCHEMICAL PARAMETERS IN BOVINE VIRAL DIARRHEA VIRUS-INFECTED AND HEALTHY CATTLE
Gamze Nur ASKER Ali Özkan CÜREOĞLU Ayten AŞKIN KILINÇ Murat DOĞU Selda YEŞİLYURT	*Selçuk University Directorate of Poultry Research Institute*	HERBAL ALTERNATIVES TO ANTICOCIDIAL AGENTS
Hüseyin ERDEM Gülnihal BÜLÜÇ Ayşe UYAR	*Selçuk University*	THE EFFECT OF TWO DIFFERENT ESTRUS SYNCHRONIZATION METHODS ON PREGNANCY RATES IN LACTATING ASSAF EWES DURING THE TRANSITION TO ANOESTRUS
Hüseyin ERDEM Ayşe UYAR Gülnihal BÜLÜÇ	*Selçuk University*	THE EFFECT OF ESTRUS SYNCHRONIZATION APPLIED TO ASSAF EWES IN LACTATION AT THE END OF THE ANOESTRUS PERIOD ON OTHER EWES IN THE SAME ENVIRONMENT
Hüseyin ERDEM Hasan Ali ÇÖL Gülnihal BÜLÜÇ	*Selçuk University*	TWO CASES OF PROLAPSE IN A LACAUNE BREED DAIRY SHEEP FARM
Hüseyin ERDEM Fatma SATILMIŞ Sıdıka ŞAN	*Selçuk University*	EFFECT OF ESTRUS SYNCHRONIZATION APPLIED TO ASSAF BREED SHEEP WITH LOW MILK PRODUCTION DURING THE TRANSITION TO ANOESTRUCTURE ON OTHER SHEEP OF THE SAME BREED IN THE SAME ENVIRONMENT.
Selmin ENER RÜŞEN Aydın RÜŞEN	*Karamanoğlu Mehmetbey University*	NEW AND RENEWABLE ENERGY SOURCE: ENERGY EFFICIENCY
Aydın RÜŞEN Selmin ENER RÜŞEN	*Karamanoğlu Mehmetbey University*	EFECT OF ENERGY EFFICIENCY IN AGRICULTURAL IRRIGATION: KARAMAN CASE

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 16:00-18:00 Session-2, Hall-2	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School

Head of Session: Mustafa ZEYBEK

Mustafa ZEYBEK	*Selçuk University*	SLAM-LiDAR BASED POINT CLOUD ANALYSIS OF SINKHOLE GEOMETRIES
Ferhat ÖZCAN Şevval Zeynep AYHAN	*Selçuk University*	DETERMINATION OF ASSETS AND POTENTIAL FOR TOURISM TOWARDS THE GOAL OF SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY OF KARAPINAR
Yavuz ERDEN	*Ministry of Education*	HYDROPONIC FARMING PRACTICES AND THEIR SUSTAINABILITY IN THE KONYA REGION
Mehmet TEMİZ	*Karapınar Aydoğanlar MYO*	ANALYTICAL EVALUATION OF THE CARBON EMISSION REDUCTION POTENTIAL OF BIOGAS PRODUCTION IN THE KARAPINAR REGION
Cengiz AKKÖZ	*Selçuk University*	LAKE MEKE PAST TO PRESENT

Date: 06.11.2025 Ankara Time: 16:00-18:00 Session-2, Hall-3	IN PERSON PRESENTATIONS Karapınar Aydoğanlar Vocational School

Head of Session: Özcan Barış ÇİTİL

Özcan Barış ÇİTİL	*Selçuk University*	COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITIONS OF NEWLY REGISTERED MEKE WALNUT AND SOME WALNUT SPECIES GROWN IN TURKEY
Özcan Barış ÇİTİL	*Selçuk University*	RESEARCH ON THE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF THE EQUESTRIAN CENTER IN KARAPINAR
Tahir BALEVİ Özcan Barış ÇİTİL	*Selçuk University Karapınar Aydoğanlar Vocational School*	A PERSPECTIVE ON AGRICULTURE AND ANIMAL HUSBANDRY IN KARAPINAR
Ali AYGÜN Vahdettin SARIYEL	*Selçuk University*	EFFECT OF DIFFERENT EGG PRODUCTION SYSTEMS ON EGG QUALITY CHARACTERISTICS
Onur ERZURUM Gökçenur SANİOĞLU GÖLEN	*Selçuk University Aksaray University*	THE EFFECTS OF BACTERIAL INFECTIONS IN ANIMAL PRODUCTION ON YIELD LOSS AND ANIMAL WELFARE
Vahdettin SARIYEL Ali AYGÜN	*Selçuk University*	EFFECT OF EGG SHELL COLOR ON EGG QUALITY
Vahdettin SARIYEL Murat DOĞU Selda YEŞİLYURT Ayten AŞKIN KILINÇ Ali Özkan CÜREOĞLU	*Selçuk University Ministry of Agriculture and Forestry, Poultry Research Institute*	SPLIT-FEEDING FOR LAYING HENS : A SUSTAINABLE APPROACH NUTRITIONAL BALANCE AND ECONOMIC EFFICIENCY

Date: 06.11.2025 Session-1 / Hall-1 Ankara Time: 13:^{00}-15:^{00}		Head of Session: Uçkun Sait UÇAN
Uçkun Sait UÇAN	*Selçuk University*	PRELIMINARY INVESTIGATIONS ON THE USE OF LOCALLY PRODUCED N. SATIVA IN VETERINARY MEDICINE BY OUR LABORATORY
Aysun ALTIKAT	*Iğdır University*	THE IDEAL VILLAGE MODEL FROM A SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE: INTEGRATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION, LIVESTOCK AND SOCIO-CULTURAL LIFE
Aysun ALTIKAT	*Iğdır University*	THE ROLE OF GREEN INFRASTRUCTURE IN SUSTAINABLE URBAN PLANNING: VEGETATIVE AIR FILTER APPROACHES
Şerafettin KARTAL Duygu DURNA ÇORUM Orhan ÇORUM	*Hatay Mustafa Kemal University*	FLURALANER: MINI REIEW
Şerafettin KARTAL Orhan ÇORUM	*Hatay Mustafa Kemal University*	USE OF 5-HT3 RECEPTOR ANTAGONISTS IN VETERINARY MEDICINE
Zeynep ÇELİK KENAR Mehmet TUZCU	*Selçuk University*	ESTIMATION OF THE POSTMORTEM INTERVAL IN VETERINARY FORENSIC PATHOLOGY
Mehmet TUZCU Zeynep ÇELİK KENAR	*Selçuk University*	THE SCIENTIFIC AND FORENSIC SIGNIFICANCE OF CRIME SCENE INVESTIGATİON IN VETERIARY FORENSIC PATHOLOGY

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-1 / Hall-2 Ankara Time: 13:^{00}-15:^{00}		Head of Session: Mustafa Göktuğ KAYA
İlyas Sadık TEKKANAT	*Çankırı Karatekin University*	TREND ANALYSIS OF SOIL TEMPERATURES IN KARAPINAR (KONYA) USING ŞEN'S INNOVATIVE METHOD
Ayşe SAKLAN	*Selçuk University*	APPLICATION OF PLANT EXTRACTS IN THE MANAGEMENT OF AGRICULTURAL PESTS
Fatma IŞIK Nuh BOYRAZ	*Selçuk University*	ECO-FRIENDLY BIOLOGICAL CONTROL STRATEGIES FOR MANAGING POTATO DRY ROT CAUSED BY Fusarium sambucinum
Ece AKALIN Nuh BOYRAZ	*Selçuk University*	BIOLOGICAL APPROACHES TO THE CONTROL OF FUNGAL PATHOGENS IN STRAWBERRY CULTIVATION
Ayşe İPLİKÇİ Talha DEMİRCİ	*Selçuk University*	MONITORING OF LACTIC ACID BACTERIA IN SOURDOUGHS PRODUCED BY DIFFERENT BACKSLOPPING METHODS
Yiğit YILDIZ Mustafa Göktuğ KAYA Perihan Hazel KAYA	*Ministry of Treasury and Finance* *Selçuk University*	DOMESTIC MINIMUM CORPORATE TAX AND THE FISCAL FUNCTION OF TAXATION
Hakan DOYGUN İrem Naz ACAR	*Izmir Demokrasi University*	RECOUNSTRUCTING RURAL LANDSCAPES: TOWARDS A NATURE-BALANCED MODEL OF GOOD LIVING
Sıddıka Yusra ÖZKILIÇ Derya ARSLAN	*Necmettin Erbakan University*	EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON PHENOLIC COMPOSITION OF EXTRA VIRGIN OLIVE OIL: MECHANISMS, KINETICS, AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS
Sıddıka Yusra ÖZKILIÇ Derya ARSLAN	*Necmettin Erbakan University*	HIGH-PHENOLIC OLIVE OIL: TOWARDS CLEAR STANDARDS AND RELIABLE LABELING

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-1 / Hall-3 Ankara Time: 13:^{00}-15:^{00}		Head of Session: Rabea ZIRI
Sadik DANI Hassane ABD-DADA Aziz EZZINE Ahmed El Annaoui Atman ADIBA Abdelmajid HADDIOUI Said BOUDA	*Sultan Moulay Slimane University*	MORPHOLOGICAL TRAITS AND GENETIC RESOURCE ASSESSMENT OF WHITE MULBERRY (MORUS ALBA L.) IN MOROCCO
Fedwa BEGHDADI El-Hadj DRICHE	*Hassiba Benbouali University of Chlef*	ISOLATION OF SAHARAN ACTINOBACTERIA FOR BIOLOGICAL CONTROL AGAINST PHYTOPATHOGENS: TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE
AMROUCHE Zoheir FAUCONNIER Marie-Laure Laribi Habchi Hassiba	*University of Khemis Miliana* *University of Liege* *University of Blida 1*	THE PHENOLIC PROFILES CATECHIN Camellia sinensis EXTRACTS AND OXIDATIVE STABILITY PROPERTIES OF COLZA OIL
Fathalah ELWAHAB Sana EL MOTAOUAKİL Abdelkhalik SADİKİ Soukaina HAMMOUMI Najiba BRHADDA Rabea ZIRI	*University Ibn Toufail*	ECO-FRIENDLY VALORIZATION OF ROSEMARY WASTE: A NOVEL APPROACH TO ENHANCING VEGETABLE OIL ANTIOXIDANT PROPERTIES
Gedam, Tola Abaineh, Munshea Sissay, Menkir	*Bahir Dar University College of Natural and Computational Science*	KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICE OF FARMERS TOWARDS TICKS AND TBD IN SELECTED DISTRICTS OF WEST GOJAM ZONE, ANRS , ETHIOPIA
Huma Ikram Rumaisa Zakir Shehla Perveen Darakhshan Jabeen Haleem	*University of Karachi*	NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF CURCUMIN IN SCOPOLAMINE-INDUCED ANIMAL MODEL OF DEMENTIA

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-1 / Hall-4 Ankara Time: 13:^{00}-15:^{00}		Head of Session: Andino Maseleno
Amirul Islam	*University of Rajshahi*	ADDRESSING FOOD ADULTERATION IN BANGLADESH: CHALLENGES ANALYSIS FROM THE SHARIAH VIEWPOINT
Andin Maseleno	*Institut Bakti Nusantara*	PREDICTIVE MODELING OF MALNUTRITION RISKS IN RURAL POPULATIONS USING DEMOGRAPHIC AND HEALTH DATA
Andino Maseleno	*Institut Bakti Nusantara*	INTEGRATING WEATHER DATA AND MACHINE LEARNING MODELS TO SUPPORT CLIMATE-RESILIENT FARMING PRACTICES IN RURAL AREAS
Hossain, Md. Tamim Chakravorty, Abhishek Datta, Narayan Saha, Anik Chowdhury, Pranta Akhter, Tanjela Chowdhury, Bappy Ranjan Acharjee, Mahima Ahmad, Monsur	*Chattogram Veterinary and Animal Sciences University*	DEVELOPMENT AND EVALUATION OF FUNCTIONAL BISCUITS FORTIFIED WITH GRACILARIA SPP. POWDER: AN IN-DEPTH INVESTIGATION OF GLYCEMIC CONTROL, NUTRITIONAL IMPROVEMENT, ANTIOXIDANT PROPERTIES, MICROBIAL SAFETY, AND INCORPORATION OF ANTIDIABETIC COMPONENTS.
BOURD Youssef EL MOUZAHIM Mouad EDDARAI El Mehdi BELLAOUCHOU Abdelkbir BOUSSEN Ratiba	*Mohammed V University in Rabat University of Parma*	FORMULATION OF A NOVEL CHITOSAN FILM LOADED WITH AN ETHANOLIC EXTRACT FOR ANTIOXIDANT FOOD PACKAGING APPLICATIONS.
Datta, Narayan Das, Emon Saha, Anik Hossain, Md. Tamim Chowdhury, Bappy Ranjan Acharjee, Mahima Ahmad, Monsur	*Chattogram Veterinary and Animal Sciences University*	GREEN FORTIFICATION OF TRADITIONAL ROTI: A FUNCTIONAL APPROACH TO NUTRITIONAL ENHANCEMENT USING CABBAGE POWDER

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-1 / Hall-5 Ankara Time: 13:^{00}-15:^{00}		Head of Session: Preethy K R
Abdulsalami, H. Kosarachi H.O. Abdulsalam, S. Adams, F.O. Abdulsalam, R. Abdullahi, H	*Federal University of Technology* *Confluence University of Science and Technology Osara*	PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL EFFICACY OF HYPTIS SUAVEOLENS (L) POIT
Gado, A. A. Bello, I. M. Abdulsalam, H. Dagana M. C. Ibrahim, K.K	*Federal University of Technology*	EVALUATION OF GENETIC DIVERSITY OF MAIZE GERMPLASM IN NIGER STATE, NIGERIA
Mahamarakkalahage Nethmi Ayodya Perera	*University of Ruhuna*	A REVIEW ON THE ECOLOGICAL IMPACTS OF MIMOSA PIGRA L. ALLELOPATHY ON NATIVE PLANTS AND ECOSYSTEMS
Chennamma devi T Preethy K R	*Rajalakshmi Engineering College*	GREEN SYNTHESIS OF rGO–ZNO NANOCOMPOSITE FROM BIOWASTE FOR ENHANCED TOPICAL THERAPEUTIC APPLICATIONS
Nihal Mesmoudi Khawla Ammouch Noureddine Hammani Samir Ibenmoussa Abdellah Moustaghfir Naoual Oukkache	*Mohammed V University in Rabat* *Hassan II University*	BIOTECHNOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CERASTES CERASTES VENOM: IMPLICATIONS FOR DIAGNOSIS AND THERAPEUTIC MANAGEMENT
Fedwa BEGHDADI El-Hadj DRICHE	*Hassiba Benbouali University of Chlef*	BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTOPATHOGENS USING SAHARAN ACTINOBACTERIA: A STEP TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE
Fedwa BEGHDADI El-Hadj DRICHE	*Hassiba Benbouali University of Chlef*	EXPLORING ACTINOBACTERIA FROM ALGERIAN DESERT SOILS FOR THEIR ANTIMICROBIAL ACTIVITY AGAINST PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISMS

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-1 / Hall-6 Ankara Time: 13:^{00}-15:^{00}		Head of Session: Duong To Quoc Thai
Dinh Hong Khoa Duong To Quoc Thai	*Dong Thap University*	THE ECONOMIC TRANSFORMATION OF COCHINCHINA FROM THE LATE 19TH TO THE EARLY 20TH CENTURY UNDER FRENCH COLONIAL RULE
IBITOYE Opeyemi Stella	*Landmark University*	ENVIRONMENTAL COST MANAGEMENT AND RESOURCE EFFICIENCY AS DRIVERS OF AGRICULTURAL PRODUCTIVITY IN RURAL ONDO STATE.
Tuhina Sinha Grade	*Amity University*	OPERATIONALIZING PRO-DEVELOPMENT EXEMPTIONS: A CRITICAL LEGAL ANALYSIS OF THE "SPECIAL SAFEGUARD MECHANISM" (SSM) AND ITS ROLE IN PROTECTING RURAL MARKETS IN DEVELOPING COUNTRIES
Sana Riasat	*University of Agriculture*	EXPLORING THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENHANCING CROP YIELD AND RESOURCE MANAGEMENT IN AGRICULTURE SECTOR
Duong To Quoc Thai Dinh Hong Khoa	*Dong Thap University*	THE OPERATIONS OF THE BANK OF INDOCHINA (BANQUE DE L'INDOCHINE) IN THE FIELD OF AGRICULTURAL CREDIT IN COCHINCHINA DURING THE FRENCH COLONIAL PERIOD (1875-1945)
Ananda Majumdar	*Harvard University*	ASSESSING TURKEY'S RURAL DEVELOPMENT STRATEGY: TACKLING POVERTY AND UNEMPLOYMENT
Ebenezer Akinniyi AKINYEMI	*Ladoke Akintola University of Technology*	THE ROLES OF INFORMAL SOCIAL GROUPS IN RURAL DEVELOPMENT IN OBOKUN LOCAL GOVERNMENT AREA OF OSUN STATE, NIGERIA.
SALAKO Samuel Seun ADESOLA Kanyinsola Gloria	*Olabisi Onabanjo University*	SUSTAINABLE AGRICULTURE AND RURAL PLANNING: STRATEGIES FOR RESILIENT RURAL COMMUNITIES IN YEWA NORTH LOCAL GOVERNMENT OF OGUN STATE
Mohammad H. Holle Rahmawati Rosita Tehuayo	*Universitas Islam Negeri AM. Sangadji* *Universtas Islam Negeri Sultanah*	FINANCIAL INCLUSION PROGRAM INNOVATION FOR FISHERMEN FACING CLIMATE CHANGE ON THE LEIHITU COAST OF AMBON ISLAND

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-2 / Hall-1 Ankara Time: 15:^{30}-17:^{30}		Head of Session: Sunil Kumar Srivastav
Ram Prataap Yadav Sunil Kumar Srivastav	*DDU Gorakhpur University*	AMELIORATIVE EFFECT OF JAMUN (SYZYGIUM CUMINI) SEED AND ORANGE (CITRUS SINENSIS) PEEL EXTRACTS AGAINST LEAD INDUCED ALTERATION IN LIVER BIOMARKERS OF RATS
I. Sivaraj S. Bhuvaneswari D. Madhankumar N. Sripriya N.K. Udaya Prakash	*Bharathi Women's College* *University of Cincinnati*	A PRELIMINARY INVESTIGATION ON FUNGAL DIVERSITY OF DRY EVERGREEN FOREST OF TAMIL NADU, INDIA
Ayesha Batool Arif Gull Farkhanda Anjum Hafsa Naeem Rimsha Anwar Zainab Fatima	*Islamia University*	THE ROLE OF AI IN PROMOTING EQUITABLE ACCESS TO CLEAN WATER IN RURAL COMMUNITIES
Aabdousse Jamal. Boulli Abdelali Wahid Nadya. Oussif Ilis Salim Nora Ikram Elbezyouy	*Sulatn Moulay Slimane University*	DOMESTICATION EFFECTS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THYMUS ESSENTIAL OILS IN MOROCCO.
Musfiqur Rahman Abdul Baree Bhowmik Shimu Akhi Khatun	*University of Rajshahi*	EFFECT OF PLANTING TIME AND NITROGEN DOSE ON GROWTH AND YIELD OF CABBAGE.
Yalpi Karthik Kalpana Nanjareddy Pavithra Narendran Manojkumar Arthikala	*University of Trans-Disciplinary Health Sciences and Technology*	COMPARATIVE DOCKING AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF SULTR3–NLP INTERACTIONS REVEAL HYDROPHOBIC DOMINANCE IN SULFUR–NITRATE CROSSTALK REGULATION
Momoh Shuaıbu	------	DETERMINATION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUES IN SOME AVAILABLE FRUITS SOLD IN KAURA NAMODA ZAMFARA STATE
Anika Haque Biswas Nazmul Hasan	*University of Rajshahi*	COMMUNITY-BASED WATER MANAGEMENT: A STUDY ON SANTAL COMMUNITY IN RAJSHAHI DISTRICT

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-2 / Hall-2 Ankara Time: 15:^{30}-17:^{30}		Head of Session: Lali sreseli
Jibrin, S Ahmed, I. I Umaru, A Kolawole. N. T Egamana, M. N EZE, C. P	-------	INFLUENCE OF EXTENSION AND FORMAL EDUCATION ON INCOME OF RICE PROCESSORS IN BOSSO AND CHANCHAGA LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE, NIGERIA.
Mohit Kumar Kajal Antil	-----	COST-BENEFIT ANALYSIS OF DIETARY SUPPLEMENT USE IN PREVENTIVE HEALTHCARE ACROSS DEVELOPED AND EMERGING ECONOMIES
RIFAT UDDIN Mizanur Rahman Most. Mokarroma	*University of Rajshahi*	ECONOMIC AND AGRONOMIC DIVERS OF ONION (Allium cepa) PRODUCTIVITY IN BANGLADESH
Andrey POPATANASOV Wendy De SHONG-NEUHALFEN	------	ON THE MALAWIAN ECONOMY AND THE INCREASING OCCURRENCE OF NATURAL HAZARDS – IS THERE EXIT FROM THE CHRONIC HUMANITARIAN CRISIS
Sadiq, Mohammed Sanusi Singh, Invinder Paul Ahmad, Muhammad Makarfi Sani, Bashir Sanyinna	-------	THE BUHARINOMICS LEGACY ON THE HOOF: RISING GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM NIGERIA'S LIVESTOCK SECTOR AND THE PATH TO MITIGATION
Mamun Ur Rashid Hadiul Kabir Nayeem Islam	*University of Rajshahi*	COST, PROFITABILITY, AND RISK ANALYSIS OF RICE PRODUCTION IN THE BORO SEASON IN THAKURGAON DISTRICT
Lali sreseli	*Gori State University*	FARMERS ACCESS TO FINANCE AND ITS IMPACT ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF AGRICULTURE
Dèkandé Sylvestre Tchagnonhou	*University Djibo Hamani*	THE ROLE OF LANGUAGE TEACHERS IN RURAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY WITH SOME TEACHERS OF TAHOUA REGION IN NIGER.

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-2 / Hall-3 Ankara Time: 15:^{30}-17:^{30}		Head of Session: Muhammad Shahid
Arooj Anwar Muhammad Shahid Fozia Anjum	*Govt. College University* *University of Agriculture*	NUTRACEUTICAL PROFILING OF WHEAT SEEDLING AFTER SEEDS PRIMING TREATMENT OF NANO FERTILIZER BIO RECOVERED FROM ORE TAILING
Muhammad Shahid Fozia Anjum Arooj Anwer	*Govt. College University*	ANTIMICROBIAL SILVER NANOPARTICLES FOR WOUND DRESSING DERIVED FROM AVOCADO PEEL POLYPHENOLICS AND DATE PALM MUCILAGE AS NATURAL MACROMOLECULES
David.G Deepak.S Palanisamy.A Ravi.C N Jayaramakani Dr.R.Srinivasan	*Bharath Institute of Higher Education and Research*	PHARMACOVIGILANCE IN VETERINARY MEDICINE: ENSURING DRUG SAFETY IN ANIMALS
G. David R. Swathi	*Bharath Institute of Higher Education and Research*	NANOTECHNOLOGY IN VETERINARY DRUG DELIVERY SYSTEM
R. Swathi G. David E. Praveena S. Rubin thara S. Meenatchi	--------	HERBAL VETERINARY MEDICINE:AN ALTERNATIVE APPROACH TO ANIMAL HEALTHCARE
David.G Deepak.S Palanisamy.A Ravi.C N Jayaramakani Dr.R.Srinivasan	*Bharath Institute of Higher Education and Research*	PHARMACOVIGILANCE IN VETERINARY MEDICINE: ENSURING DRUG SAFETY IN ANIMALS
Waffa ABDELMOUMENE Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU Zineb KAID Larbi BELYAGOUBI	*University Abou-Bekr Belkaïd* *University of Mostaganem*	EVALUATION OF PHYTOCHEMICAL PROFILE AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF HYDRO-METHANOLIC EXTRACTS OF ATRIPLEX HALIMUS L.

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-2 / Hall-4 Ankara Time: 15:^{30}-17:^{30}		Head of Session: Mariam Koberidze
Elza Bitsadze Lia janadze	*Akaki Tsereteli State University*	CLOUD-BASED MONITORING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AGRICULTURAL INFRASTRUCTURE SECURITY
Elza Bitsadze Lia janadze	*Akaki Tsereteli State University*	SMART FARMING AND PRIVATE SECURITY: THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL RISK MITIGATION
Tinatin Mshvidobadze	*Gori State University*	USING INNOVATIVE NANOTECHNOLOGIES TO SUPPORT SUSTAINABLE AGRICULTURE
M. O. Sosanidze	*Gori State University*	MANAGEMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY RISKS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED AGRICULTURAL ENTERPRISES
Mariam Koberidze	*Gori State University*	WHEAT CULTURE IN GEORGIA
Soukaina Aithaddou Houda Elyacoubi Abelghani Aboukhalaf Yousra Elhassani Jamila Riyahi Atmane Rochdi	*Ibn Tofail University*	ANTIFUNGAL POTENTIAL OF AQUEOUS EXTRACTS FROM NEPETA SP. AND CEDRUS ATLANTICA AGAINST TOMATO PHYTOPATHOGENIC FUNGI

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-2 / Hall-5 Ankara Time: 15:^{30}-17:^{30}		Head of Session: Iwona JEDRZEJCZYK
Kacper SŁAWKOWSKI Monika REWERS Aleksander ŁUKANOWSKI Iwona JEDRZEJCZYK	*Bydgoszcz University of Science and Technology*	MOLECULAR AND BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR INCREASING THE RESISTANCE OF COMMON WHEAT TO SELECTED PATHOGENS
HENNAOUI Feriel BERREBBAH ALIOUA Amel	*University of Sciences and Technology USTO*	PLANT IRRIGATION USING WASTEWATER TREATED THROUGH ACTIVATED CLAY ADSORPTION
Mahdi Tajalian Mofrad Dr. Jafar Massah	*University of Tehran*	ELECTRICITY PRODUCTION FROM NATURE (ALOE VERA)
Oluwadamilola Peace AGOI Moses Adeolu AGOI Oluwanifemi Opeyemi AGOI	*Federal University of Agriculture Abeokuta* *Lagos State University of Education* *Obafemi Awolowo University*	ESTABLISHING XR-ENHANCED FARMER FIELD SCHOOLS TO DEMONSTRATE SUSTAINABLE SOIL, WATER, AND BIODIVERSITY CONSERVATION PRACTICES
ELABBARI Chaimaa Labjar Najoua EL Hajjaji souad	*Mohammed V University in Rabat*	SUSTAINABLE MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND AGRICULTURAL PRODUCTIVITY
Saira Malik Syed Mohsan Raza Shah Uniza Fatima bukhari Tasawar Fatima bukhari Iqra	*University of Education*	LEAF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODIFICATION OF Ipomoea carnea JACQ. AN INVASIVE PLANT SPECIES, UNDER DIVERSE SALINITY GRADIENT
Anas Hamdani Said Bouda Atman Adiba Jamal Charafi	*University of Sultan Moulay Slimane*	AGRO-MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ADAPTIVE ABILITY OF FOUR PLUM VARIETIES UNDER TWO CLIMATE ENVIRONMENTS
Aadil Gani Naina Tirki Ankit Patel Khela Ram Soren Kishor Tribhuvan	-------	OPTIMIZED IN VITRO MICROPROPAGATION PROTOCOL FOR 'WINTER DAWN' STRAWBERRY (FRAGARIA × ANANASSA): A COST-EFFECTIVE STRATEGY FOR SUSTAINABLE COMMERCIAL CULTIVATION
Anita Pandey	*Kirodimal Govt. Arts And Science College*	INVENTORIZATION OF ARANEAE IN THE VICINITY OF KINKARI DAM, SARANGARH-BILAIGARH DISTRICT, CHHATTISGARH, INDIA

Zoom Meeting ID: 844 6001 0824 / Zoom Passcode: 060606

Join Zoom Meeting: https://us02web.zoom.us/j/84460010824?pwd=ntYmjCeAJvwXAbzn8AX22fNREJdvNT.1

Date: 06.11.2025 Session-2 / Hall-6 Ankara Time: 15:30-17:30		Head of Session: Emmanuel U. ANASO
Sedat BEHREM Yunus ARZIK	*Aksaray University*	RECENT ADVANCES ON THE CALPASTATIN (CAST) GENE AS A MEAT-QUALITY MARKER IN FARM ANIMALS
Jaayefar Fatima-ezzahra et Dahmani Jamila	*Ibn Tofail University*	Pinus halepensis : CAPITALIZATION OF KNOWLEDGE ON THE THERAPEUTIC USES IN TRADITIONAL MEDICINE IN THE CENTRAL PLATEAU, MOROCCO
Jaayefar Fatima-ezzahra et Dahmani Jamila	*Ibn Tofail University*	Cistus salviifolius L.: CAPITALIZING ETHNOBOTANICAL, PHYTOCHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL DATA ON A PROMISING MEDICINAL RESOURCE FROM THE MOROCCAN CENTRAL PLATEAU.
O.A. Odebiyi J. K. Oladejo	*Ladoke Akintola University of Technology*	SENSITIVITY ANALYSIS OF BOVINE MASTITIS DISEASE: A MATHEMATICAL MODELLING APPROACH.
Essien, Kemfon Friday Agwu, Ani Ekwe Essien, Menyene Friday, Adeoye, Samson Olubode Babalola	*Bayero University Kano* *Federal University of Technology* *Federal University of Agriculture*	CTS OF STORAGE METHODS AND STORAGE DURATIONS ON MINERAL COMPOSITION OF BULKED MILK FROM WEST AFRICAN DWARF (WAD) GOATS
Arafatur Rahaman Ohi Mohammad Ammar	*Southeast University*	RURAL COMMUNITIES' FEAR OF SNAKES: HOW PERCEPTIONS SHAPE CONSERVATION OUTCOMES IN BANGLADESH
Emmanuel U. ANASO	*Federal University of Agriculture Mubi*	EFFECTS OF PILIOSTIGMA THONNINGII ESSENTIAL OIL ON MILK FATTY ACID COMPOSITION IN LACTATING SOKOTO RED GOATS
Mohua Bhattacharjee Mohammed Shahidul Alam Imranul Hoq	*University of Chittagong*	OPTIMIZING SHELF-LIFE AND PRESERVATION TECHNIQUES FOR OMPOK PABDA (PABDA CATFISH): A COMPREHENSIVE STUDY ON BIOCHEMICAL, MICROBIAL, AND SENSORY PARAMETERS
Nahidul Islam Rafiqul Islam Salim Mia Farha Talukdar Sirajum Monira Mohammad Lokman Ali	*Patuakhali Science and Technology University*	IMPACT OF SALINITY ON THE BIO-ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN GIANT FRESHWATER PRAWN (Macrobrachium rosenbergii)
Yunus ARZIK	*Aksaray University*	GENOMIC MAPPING OF RESISTANCE TO MONIEZIA EGG BURDEN IN SHEEP USING A MACHINE LEARNING-BASED GWAS FRAMEWORK

PHOTO GALLERY






KAYIT MASASI
ULUSLARARASI
MEKE KIRSAL KALKINMA
KONGRESİ
06 - 07 Kasım 2025
KARAPINAR-KONYA
KAYIT MASASI
11. ULUSLARARASI
ASYA MODERN
BİLİMLER
KONGRESİ
SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ


CODEGEN




ULUSLARARASI
MEKE KIRSAL KALKINMA
KONGRESİ
11. ULUSLARARASI
ASYA MODERN BİLİMLER
KONGRESİ


ULUSLARARASI
MEKE KIRSAL KALKINMA
KONGRESİ
11. ULUSLARARASI
ASYA MODERN BİLİMLER
KONGRESİ


ULUSLARARASI
MEKE KIRSAL KALKINMA
KONGRESİ
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
KARAPINAR AYDOĞANLAR
MESLEK YÜKSEKOKULU

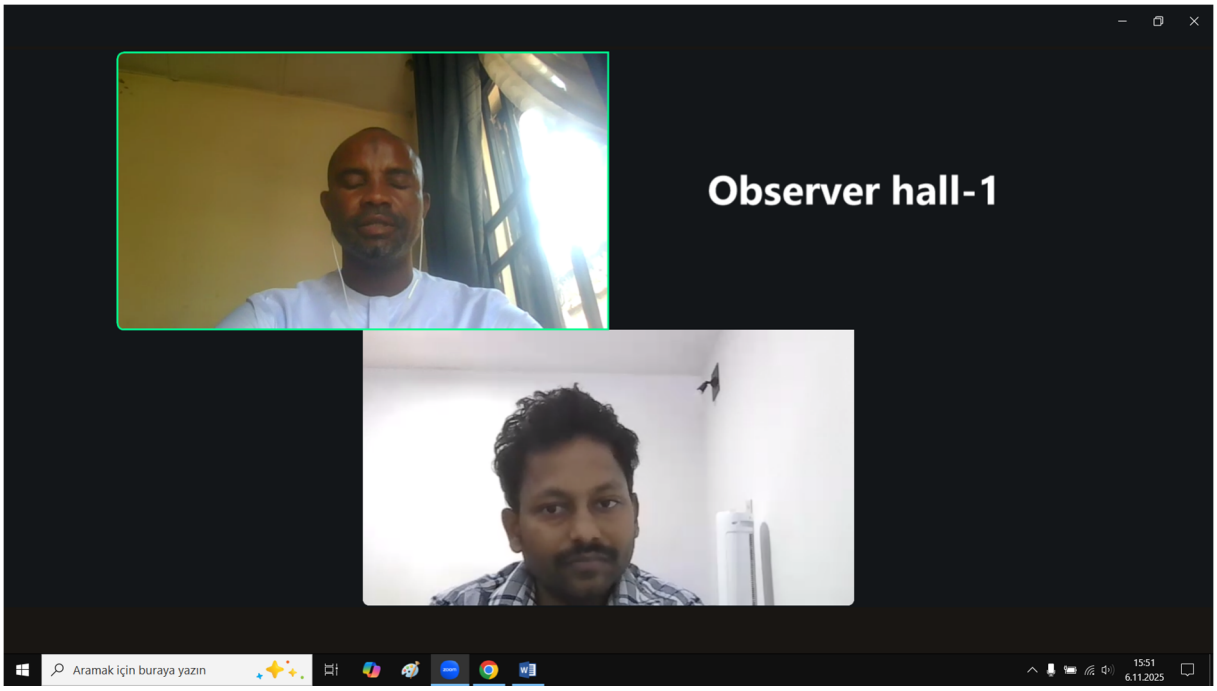

RAMADA

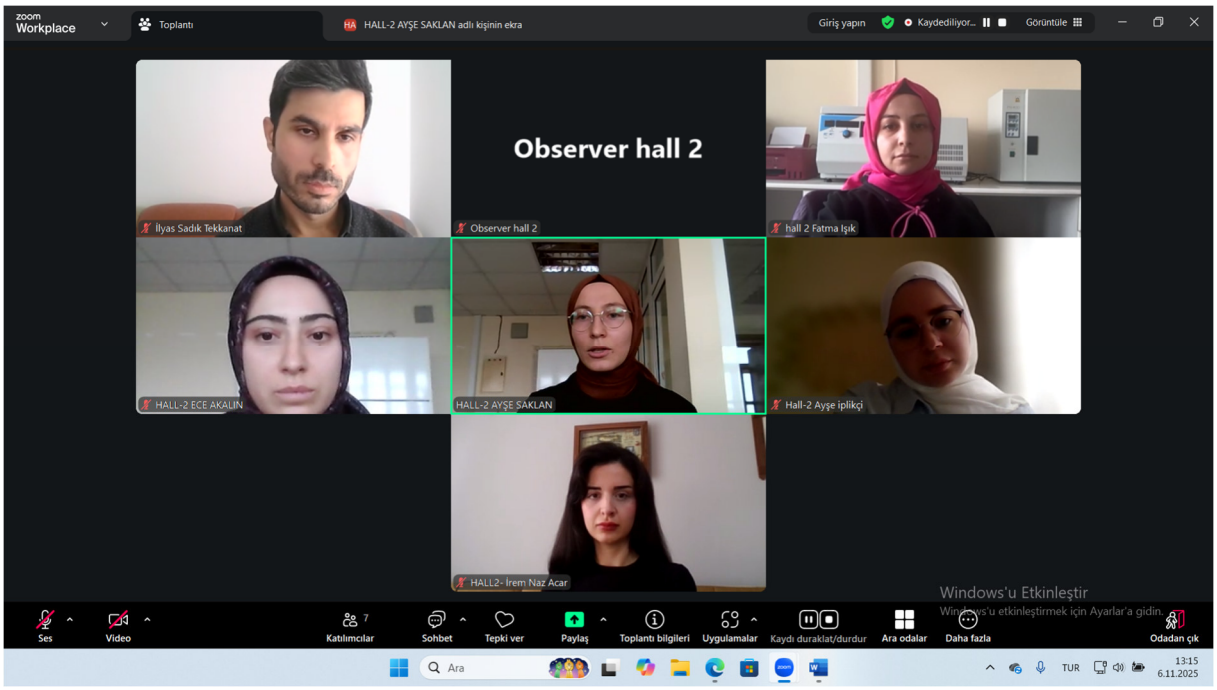


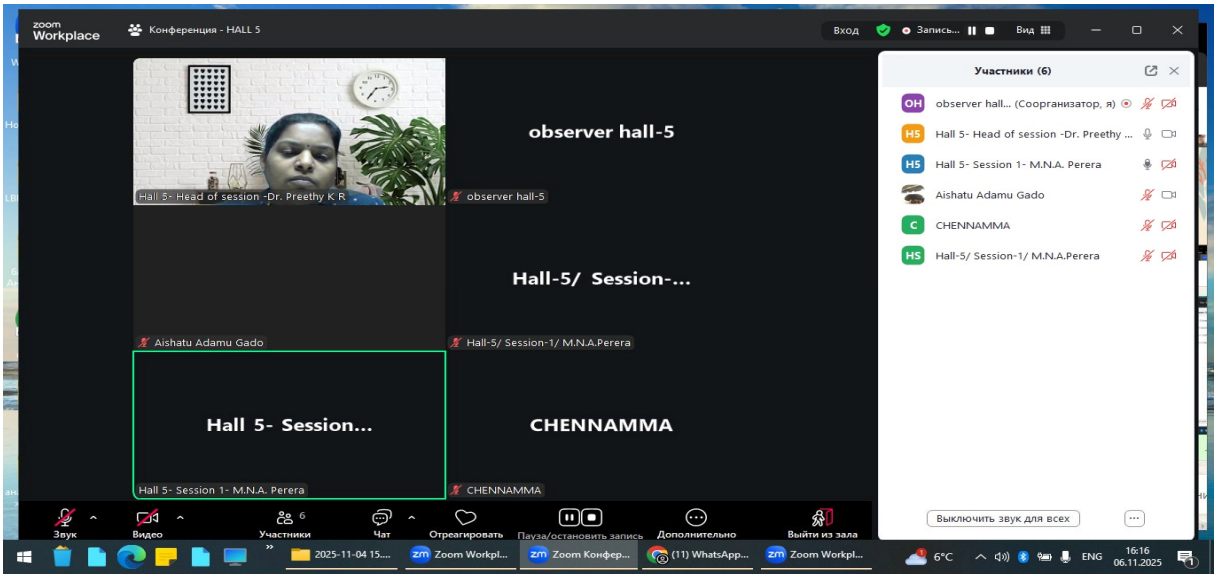



Observer hall-1
A
Aramak için buraya yazın
13:09
6.11.2025

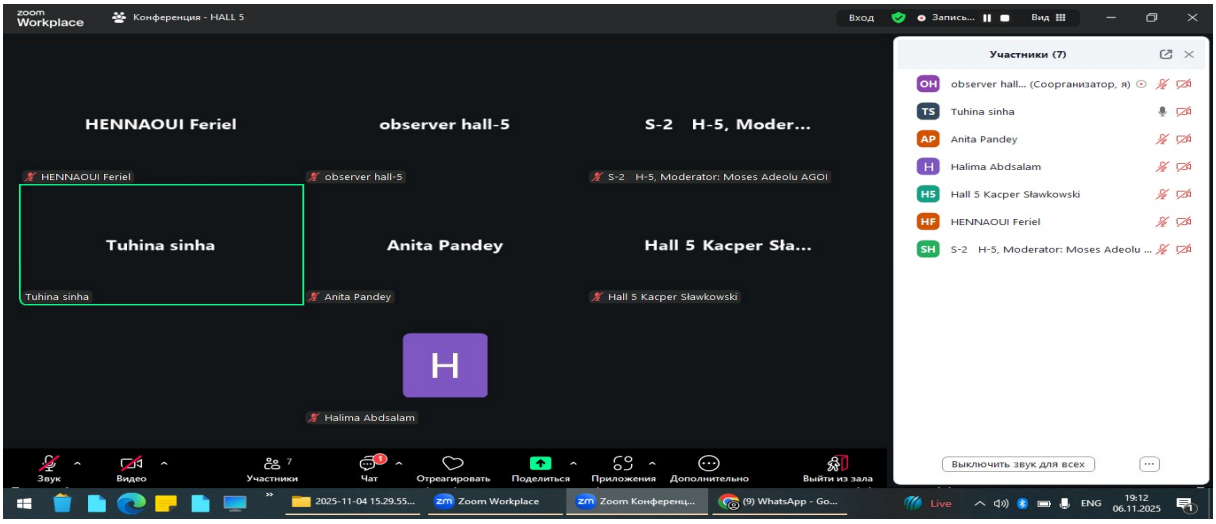

Observer hall-1
Aramak için buraya yazın
13:30
6.11.2025

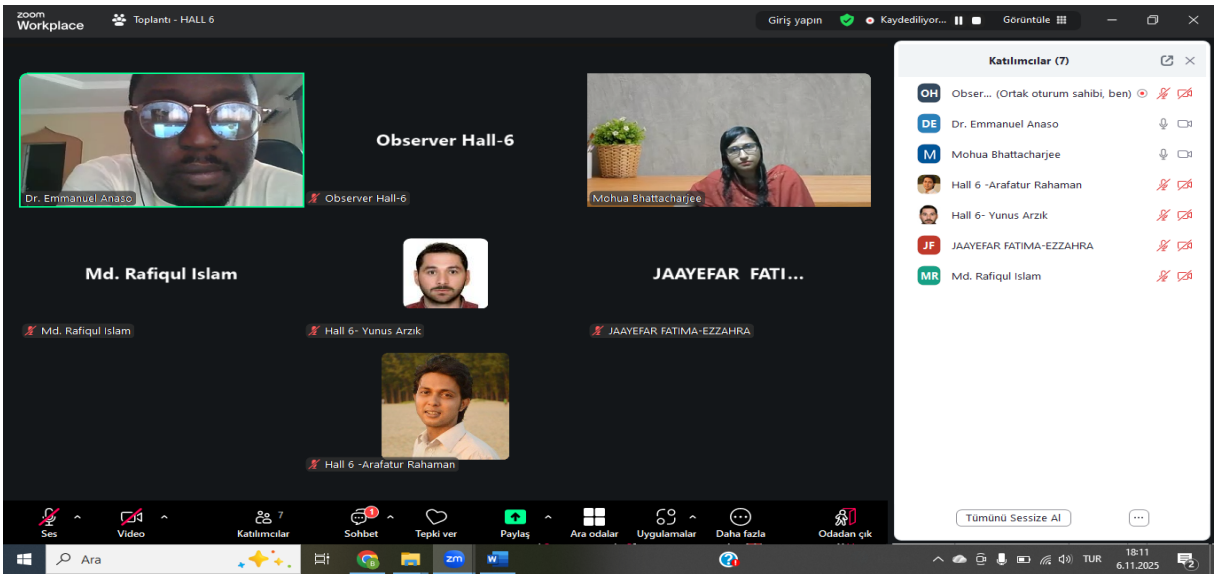

Observer hall-1
Aramak için buraya yazın
15:51
6.11.2025

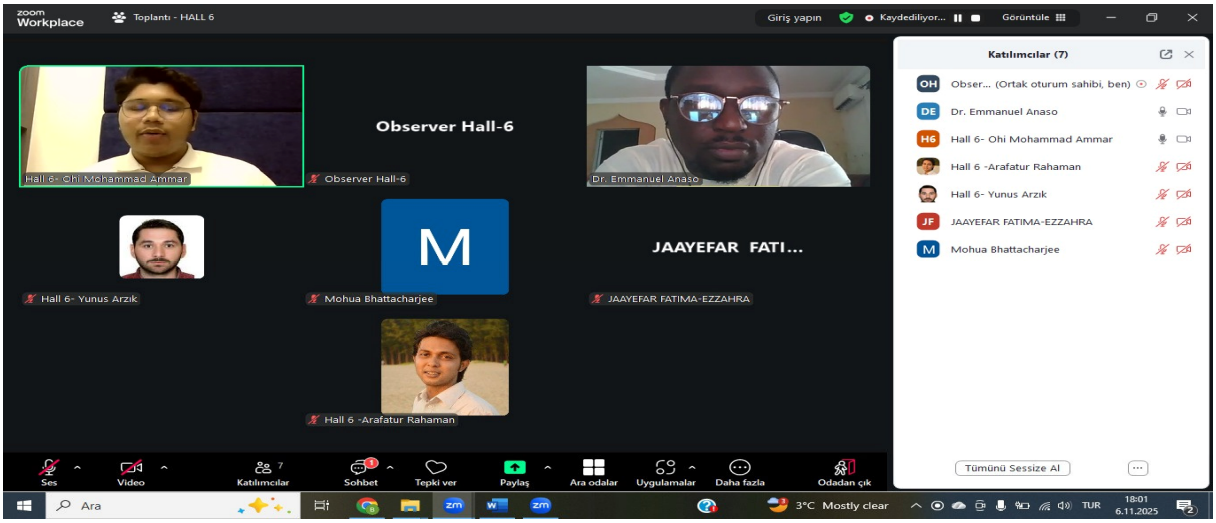

zoom Workplace
Toplantı
HALL-2 AYŞE SAKLAN adlı kişinin ekra
Giriş yapın
Kaydediliyor...
Görüntüle
Observer hall 2
İlyas Sadık Tekkanat
Observer hall 2
hall 2 Fatma Işık
HALL-2 ECE AKALIN
HALL-2 AYŞE SAKLAN
Hall-2 Ayşe iplikçi
HALL2- İrem Naz Acar
Windows'u Etkinleştir
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Toplantı bilgileri
Uygulamalar
Kaydı duraklat/durdur
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık
Ara
TUR
13:15
6.11.2025


zoom Workplace
Конференция - HALL 5
Вход
Запись...
Вид
Участники (6)
observer hall... (Соорганизатор, я)
Hall 5- Head of session -Dr. Preethy ...
Hall 5- Session 1- M.N.A. Perera
Aishatu Adamu Gado
CHENNAMMA
Hall-5/ Session-1/ M.N.A.Perera
observer hall-5
Hall-5/ Session-...
Aishatu Adamu Gado
Hall-5/ Session-1/ M.N.A.Perera
Hall 5- Session...
CHENNAMMA
Hall 5- Session 1- M.N.A. Perera
CHENNAMMA
Выключить звук для всех
Звук
Видео
Участники
Чат
Отреагировать
Пауза/остановить запись
Дополнительно
Выйти из зала
6°C
ENG
16:16
06.11.2025


zoom Workplace
Toplantı - HALL 6
Giriş yapın
Kaydediliyor...
Görüntüle
Katılımcılar (3)
Obser... (Ortak oturum sahibi, ben)
DUONG TO QUOC THAI
Hall-6, Ananda Majumdar
DUONG TO QU...
Observer Hall-6
DUONG TO QUOC THAI
Observer Hall-6
Hall-6, Ananda...
Hall-6, Ananda Majumdar
Tümünü Sessize Al
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Kaydı duraklat/durdur
Daha fazla
Odadan çık
Ara
6°C Mostly sunny
TUR
15:02
6.11.2025


Workplace
Конференция - HALL 5
Вход
Запись...
Вид
HENNAOUI Feriel
observer hall-5
S-2 H-5, Moder...
Tuhina sinha
Anita Pandey
Hall 5 Kacper Sła...
H
Halima Abdsalam
Участники (7)
observer hall... (Соорганизатор, я)
Tuhina sinha
Anita Pandey
Halima Abdsalam
Hall 5 Kacper Sławkowski
HENNAOUI Feriel
S-2 H-5, Moderator: Moses Adeolu ...
Звук
Видео
Участники
Чат
Отреагировать
Поделиться
Приложения
Дополнительно
Выйти из зала
Выключить звук для всех
Zoom Workplace
Zoom Конференц...
(9) WhatsApp - Go...
ENG
19:12
06.11.2025


Workplace
Toplantı - HALL 6
Giriş yapın
Kaydediliyor...
Görüntüle
Dr. Emmanuel Anaso
Observer Hall-6
Mohua Bhattacharjee
Md. Rafiqul Islam
Hall 6- Yunus Arzık
JAAYEFAR FATI...
Hall 6 -Arafatur Rahaman
Katılımcılar (7)
Obser... (Ortak oturum sahibi, ben)
Dr. Emmanuel Anaso
Mohua Bhattacharjee
Hall 6 -Arafatur Rahaman
Hall 6- Yunus Arzık
JAAYEFAR FATIMA-EZZAHRA
Md. Rafiqul Islam
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ara odalar
Uygulamalar
Daha fazla
Odadan çık
Tümünü Sessize Al
Ara
TUR
18:11
6.11.2025


zoom Workplace
Toplantı - HALL 6
Giriş yapın
Kaydediliyor...
Görüntüle
Observer Hall-6
Hall 6- Ohi Mohammad Ammar
Observer Hall-6
Dr. Emmanuel Anaso
Hall 6- Yunus Arzık
M
Mohua Bhattacharjee
JAAYEFAR FATI...
JAAYEFAR FATIMA-EZZAHRA
Hall 6 -Arafatur Rahaman
Katılımcılar (7)
Obser... (Ortak oturum sahibi, ben)
Dr. Emmanuel Anaso
Hall 6- Ohi Mohammad Ammar
Hall 6 -Arafatur Rahaman
Hall 6- Yunus Arzık
JAAYEFAR FATIMA-EZZAHRA
Mohua Bhattacharjee
Tümünü Sessize Al
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ara odalar
Uygulamalar
Daha fazla
Odadan çık
Ara
3°C Mostly clear
TUR
18:01
6.11.2025

CONTENTS

AUTHORS	PRESENTATION TITLE	NO
Yüksel AÇIKGÖZ	LONG EXPOSURE PHOTOGRAPHY AND THE EXAMPLE OF MEKE CRATER LAKE	I-II
Şenol ÖZTÜRK İsmail ŞİRİNER	ECONOMIC IMPACT OF AGRICULTURAL SUPPORTS: CASE OF KARAPINAR DISTRICT OF KONYA PROVINCE	1
Kadriye Alev AKMEŞE Şevval Zeynep AYHAN	AGRICULTURE AND GASTRONOMY SUITABLE FOR ARIDICULATED CLIMATES: ALTERNATIVE FOOD PRODUCTION IN KARAPINAR	2-3
Zeynep ÖĞÜT	THE ROLE OF THE LEADER APPROACH IN SUSTAINABILITY AND PARTICIPATION IN RURAL DEVELOPMENT IN TURKEY	4-5
Meltem DİKTAŞ	A STUDY ON CULTURAL HERITAGE TOURISM IN THE CONTEXT OF DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY	6-18
Ahmet Mesut BÜYÜKSARIKULAK Seher SULUK	THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN KONYA PROVINCE: THE CASE OF KARAPINAR DISTRICT	19-31
Şerife SOĞANCIOĞLU V. Özlem AKGÜN	REALITY OR PERCEPTION? AN EXAMINATION OF THE EFFECTS OF GREENWASHING ON GREEN BRAND EQUITY	32-55
Salih Soner GÜLER Ümit Güven AKÇAKAYA	THE IMPACT OF HORIZON EUROPE CLUSTER 6 CALLS ON TURKISH AGRICULTURE: AN EVALUATION BASED ON 2024 PARTICIPATING ORGANIZATIONS	56-57
İrfan ÖZER Seydi Ahmet BAĞCI	THE EFFECTS OF CROP ROTATION IN NO-TILL SYSTEM ON WHEAT YIELD AND QUALITY IN THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF KONYA PROVINCE, TÜRKİYE	58-68
Nurullah GÜLTEKİN Mithat ŞİMŞEK Serhat BİLGİN Ebubekir YAŞAR	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CRUDE WALNUT OIL ADDITIVE ON MECHANICAL VIBRATION AND NOISE IN A SINGLE-CYLINDER COMPRESSION IGNITION ENGINE	69-77

Mithat ŞİMŞEK Nurullah GÜLTEKİN Ebubekir YAŞAR Serhat BİLGİN	REDUCTION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF DIESEL ENGINES: INVESTIGATION OF THE ROLE OF WALNUT OIL BIODIESEL IN REDUCTION OF EXHAUST EMISSIONS	78-90
Ali KELEŞ	THE EFFECT OF MOTOR SKILL ON PERCEPTUAL SPEED IN PRIVATE SECURITY AND PROTECTION TRAINEES	91-92
Arife AKTAŞ	KARAPINAR TULU	93-94
Celalettin BAKIR Ahmet YILANCI	ENERGY ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC-ASSISTED MOBILE COLD STORAGE SYSTEM INTEGRATED WITH PHASE CHANGE MATERIALS	95-96
Hilal ARSLAN BAYRAKCI	BELUGA LENTIL FLOUR AS A FUNCTIONAL INGREDIENT IN CRACKERS: PHYSICAL, TEXTURAL, AND SENSORY ATTRIBUTES	97-102
Elif YAVER	INFLUENCE OF RESISTANT STARCH TYPE 4 AS A FAT REPLACER ON THE QUALITY OF CRACKERS ENRICHED WITH BLACK CUMIN SEED CAKE	103-108
Mine ASLAN Fatma Burcu KARAKOÇ Esma Nur BULUT YALÇIN Nilgün ERTAŞ	PHYSICAL CHARACTERIZATION OF TURKISH NOODLES INCORPORATING VARIOUS FORMS OF ABELMOSCHUS ESCULENTUS SEED FLOUR	109-118
Çiğdem KONAK GÖKTEPE	CURRENT APPROACHES TO PRODUCTION, MICROBIAL DIVERSITY, AND FOOD SAFETY IN BURNT (SMOKED) YOGURT	119-133
Nezahat OLCAY	UTILIZATION OF BLACK CHICKPEA FLOUR FOR ENHANCEMENT IN GLUTEN-FREE CHIP-TYPE SNACK FORMULATION: PHYSICAL, TEXTURAL, AND SENSORY QUALITY	134-141
Aysun ORAÇ	POSTBIOTICS: A NEXT-GENERATION BIOTECHNOLOGICAL APPROACH FOR FOOD SAFETY AND SUSTAINABLE PRODUCTION	142-154

Fatma ÖZDEMİR Gamze ÜÇOK	FERMENTATION OF ALMOND MILK: NUTRITIONAL AND SENSORY PROPERTIES AND TECHNOLOGICAL CHALLENGES	155-169
Hüseyin ALP Halime ALP	ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN FOOD TECHNOLOGY	170-181
Merve AYDIN Robert Iwański	THE EFFECTS OF DIFFERENT MIXING SPEEDS ON TEXTURAL CHARACTERISTICS OF GLUTEN-FREE BUCKWHEAT (Fagopyrum esculentum) BREAD	182-189
Ömer Barış İNCE Özgür KANAT	INVESTIGATION OF BIOCHEMICAL PARAMETERS IN BOVINE VIRAL DIARRHEA VIRUS-INFECTED AND HEALTHY CATTLE	190-195
Gamze Nur ASKER Ali Özkan CÜREOĞLU Ayten AŞKIN KILINÇ Murat DOĞU Selda YEŞİLYURT	HERBAL ALTERNATIVES TO ANTICOCIDIAL AGENTS	196-197
Hüseyin ERDEM Gülnihal BÜLÜÇ Ayşe UYAR	THE EFFECT OF TWO DIFFERENT ESTRUS SYNCHRONIZATION METHODS ON PREGNANCY RATES IN LACTATING ASSAF EWES DURING THE TRANSITION TO ANOESTRUS	198-199
Hüseyin ERDEM Ayşe UYAR Gülnihal BÜLÜÇ	THE EFFECT OF ESTRUS SYNCHRONIZATION APPLIED TO ASSAF EWES IN LACTATION AT THE END OF THE ANOESTRUS PERIOD ON OTHER EWES IN THE SAME ENVIRONMENT	200-201
Hüseyin ERDEM Hasan Ali ÇÖL Gülnihal BÜLÜÇ	TWO CASES OF PROLAPSE IN A LACAUNE BREED DAIRY SHEEP FARM	202-203
Hüseyin ERDEM Fatma SATILMIŞ Sıdıka ŞAN	EFFECT OF ESTRUS SYNCHRONIZATION APPLIED TO ASSAF BREED SHEEP WITH LOW MILK PRODUCTION DURING THE TRANSITION TO ANOESTRUCTURE ON OTHER SHEEP OF THE SAME BREED IN THE SAME ENVIRONMENT.	204-205
Selmin ENER RÜŞEN Aydın RÜŞEN	NEW AND RENEWABLE ENERGY SOURCE: ENERGY EFFICIENCY	206-212

Aydın RÜŞEN Selmin ENER RÜŞEN	EFECT OF ENERGY EFFICIENCY IN AGRICULTURAL IRRIGATION: KARAMAN CASE	213
Mustafa ZEYBEK	SLAM-LiDAR BASED POINT CLOUD ANALYSIS OF SINKHOLE GEOMETRIES	214-215
Ferhat ÖZCAN Şevval Zeynep AYHAN	DETERMINATION OF ASSETS AND POTENTIAL FOR TOURISM TOWARDS THE GOAL OF SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY OF KARAPINAR	216-217
Yavuz ERDEN	HYDROPONIC FARMING PRACTICES AND THEIR SUSTAINABILITY IN THE KONYA REGION	218-219
Mehmet TEMİZ	ANALYTICAL EVALUATION OF THE CARBON EMISSION REDUCTION POTENTIAL OF BIOGAS PRODUCTION IN THE KARAPINAR REGION	220-229
Cengiz AKKÖZ	LAKE MEKE PAST TO PRESENT	230-238
Özcan Barış ÇİTİL	COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITIONS OF NEWLY REGISTERED MEKE WALNUT AND SOME WALNUT SPECIES GROWN IN TURKEY	239-244
Özcan Barış ÇİTİL	RESEARCH ON THE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF THE EQUESTRIAN CENTER IN KARAPINAR	245-260
Tahir BALEVİ Özcan Barış ÇİTİL	A PERSPECTIVE ON AGRICULTURE AND ANIMAL HUSBANDRY IN KARAPINAR	261-266
Ali AYGÜN Vahdettin SARIYEL	EFFECT OF DIFFERENT EGG PRODUCTION SYSTEMS ON EGG QUALITY CHARACTERISTICS	267-272
Onur ERZURUM Gökçenur SANİOĞLU GÖLEN	THE EFFECTS OF BACTERIAL INFECTIONS IN ANIMAL PRODUCTION ON YIELD LOSS AND ANIMAL WELFARE	273-278

Vahdettin SARIYEL Ali AYGÜN	EFFECT OF EGG SHELL COLOR ON EGG QUALITY	279-283
Vahdettin SARIYEL Murat DOĞU Selda YEŞİLYURT Ayten AŞKIN KILINÇ Ali Özkan CÜREOĞLU	SPLIT-FEEDING FOR LAYING HENS : A SUSTAINABLE APPROACH NUTRITIONAL BALANCE AND ECONOMIC EFFICIENCY	284-285
Uçkun Sait UÇAN	PRELIMINARY INVESTIGATIONS ON THE USE OF LOCALLY PRODUCED N. SATIVA IN VETERINARY MEDICINE BY OUR LABORATORY	286-289
Aysun ALTIKAT	THE IDEAL VILLAGE MODEL FROM A SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE: INTEGRATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION, LIVESTOCK AND SOCIO-CULTURAL LIFE	290-298
Aysun ALTIKAT	THE ROLE OF GREEN INFRASTRUCTURE IN SUSTAINABLE URBAN PLANNING: VEGETATIVE AIR FILTER APPROACHES	299-310
Şerafettin KARTAL Duygu DURNA ÇORUM Orhan ÇORUM	FLURALANER: MINI REIEW	311-315
Şerafettin KARTAL Orhan ÇORUM	USE OF 5-HT3 RECEPTOR ANTAGONISTS IN VETERINARY MEDICINE	316-321
Zeynep ÇELİK KENAR Mehmet TUZCU	ESTIMATION OF THE POSTMORTEM INTERVAL IN VETERINARY FORENSIC PATHOLOGY	322-329
Mehmet TUZCU Zeynep ÇELİK KENAR	THE SCIENTIFIC AND FORENSIC SIGNIFICANCE OF CRIME SCENE INVESTIGATİON IN VETERIARY FORENSIC PATHOLOGY	330-336
İlyas Sadık TEKKANAT	TREND ANALYSIS OF SOIL TEMPERATURES IN KARAPINAR (KONYA) USING ŞEN'S INNOVATIVE METHOD	337-347
Ayşe SAKLAN	APPLICATION OF PLANT EXTRACTS IN THE MANAGEMENT OF AGRICULTURAL PESTS	348-357

Fatma IŞIK Nuh BOYRAZ	ECO-FRIENDLY BIOLOGICAL CONTROL STRATEGIES FOR MANAGING POTATO DRY ROT CAUSED BY Fusarium sambucinum	358-377
Ece AKALIN Nuh BOYRAZ	BIOLOGICAL APPROACHES TO THE CONTROL OF FUNGAL PATHOGENS IN STRAWBERRY CULTIVATION	378-389
Ayşe İPLİKÇİ Talha DEMİRCİ	MONITORING OF LACTIC ACID BACTERIA IN SOURDOUGHS PRODUCED BY DIFFERENT BACKSLOPPING METHODS	390-391
Yiğit YILDIZ Mustafa Göktuğ KAYA Perihan Hazel KAYA	DOMESTIC MINIMUM CORPORATE TAX AND THE FISCAL FUNCTION OF TAXATION	392-396
Hakan DOYGUN İrem Naz ACAR	RECOUNSTRUCTING RURAL LANDSCAPES: TOWARDS A NATURE-BALANCED MODEL OF GOOD LIVING	397-408
Sıddıka Yusra ÖZKILIÇ Derya ARSLAN	EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON PHENOLIC COMPOSITION OF EXTRA VIRGIN OLIVE OIL: MECHANISMS, KINETICS, AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS	409-415
Sıddıka Yusra ÖZKILIÇ Derya ARSLAN	HIGH-PHENOLIC OLIVE OIL: TOWARDS CLEAR STANDARDS AND RELIABLE LABELING	416-422
Sadik DANI Hassane ABD-DADA Aziz EZZINE Ahmed El Annaoui Atman ADIBA Abdelmajid HADDIOUI Said BOUDA	MORPHOLOGICAL TRAITS AND GENETIC RESOURCE ASSESSMENT OF WHITE MULBERRY (MORUS ALBA L.) IN MOROCCO	423-424
Fedwa BEGHDADI El-Hadj DRICHE	ISOLATION OF SAHARAN ACTINOBACTERIA FOR BIOLOGICAL CONTROL AGAINST PHYTOPATHOGENS: TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE	425
AMROUCHE Zoheir FAUCONNIER Marie-Laure Laribi Habchi Hassiba	THE PHENOLIC PROFILES CATECHIN Camellia sinensis EXTRACTS AND OXIDATIVE STABILITY PROPERTIES OF COLZA OIL	426

Fathalah ELWAHAB Sana EL MOTAOUAKİL Abdelkhalik SADİKİ Soukaina HAMMOUMI Najiba BRHADDA Rabea ZIRI	ECO-FRIENDLY VALORIZATION OF ROSEMARY WASTE: A NOVEL APPROACH TO ENHANCING VEGETABLE OIL ANTIOXIDANT PROPERTIES	427-428
Gedam, Tola Abaineh, Munshea Sissay, Menkir	KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICE OF FARMERS TOWARDS TICKS AND TBD IN SELECTED DISTRICTS OF WEST GOJAM ZONE, ANRS , ETHIOPIA	429-
Huma Ikram Rumaisa Zakir Shehla Perveen Darakhshan Jabeen Haleem	NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF CURCUMIN IN SCOPOLAMINE-INDUCED ANIMAL MODEL OF DEMENTIA	430
Amirul Islam	ADDRESSING FOOD ADULTERATION IN BANGLADESH: CHALLENGES ANALYSIS FROM THE SHARIAH VIEWPOINT	431
Andin Maseleno	PREDICTIVE MODELING OF MALNUTRITION RISKS IN RURAL POPULATIONS USING DEMOGRAPHIC AND HEALTH DATA	432
Andino Maseleno	INTEGRATING WEATHER DATA AND MACHINE LEARNING MODELS TO SUPPORT CLIMATE-RESILIENT FARMING PRACTICES IN RURAL AREAS	433
Hossain, Md. Tamim Chakravorty, Abhishek Datta, Narayan Saha, Anik Chowdhury, Pranta Akhter, Tanjela Chowdhury, Bappy Ranjan Acharjee, Mahima Ahmad, Monsur	DEVELOPMENT AND EVALUATION OF FUNCTIONAL BISCUITS FORTIFIED WITH GRACILARIA SPP. POWDER: AN IN-DEPTH INVESTIGATION OF GLYCEMIC CONTROL, NUTRITIONAL IMPROVEMENT, ANTIOXIDANT PROPERTIES, MICROBIAL SAFETY, AND INCORPORATION OF ANTIDIABETIC COMPONENTS.	434-435
BOURD Youssef EL MOUZAHIM Mouad EDDARAI El Mehdi BELLAOUCHOU Abdelkbir BOUSSEN Ratiba	FORMULATION OF A NOVEL CHITOSAN FILM LOADED WITH AN ETHANOLIC EXTRACT FOR ANTIOXIDANT FOOD PACKAGING APPLICATIONS.	436-437
Datta, Narayan Das, Emon Saha, Anik Hossain, Md. Tamim Chowdhury, Bappy Ranjan Acharjee, Mahima Ahmad, Monsur	GREEN FORTIFICATION OF TRADITIONAL ROTI: A FUNCTIONAL APPROACH TO NUTRITIONAL ENHANCEMENT USING CABBAGE POWDER	438-439

Abdulsalami, H. Kosarachi H.O. Abdulsalam, S. Adams, F.O. Abdulsalam, R. Abdullahi, H	PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL EFFICACY OF HYPTIS SUAVEOLENS (L) POIT	440-446
Gado, A. A. Bello, I. M. Abdulsalam, H. Dagana M. C. Ibrahim, K.K	EVALUATION OF GENETIC DIVERSITY OF MAIZE GERMPLASM IN NIGER STATE, NIGERIA	447-456
Mahamarakkalahage Nethmi Ayodya Perera	A REVIEW ON THE ECOLOGICAL IMPACTS OF MIMOSA PIGRA L. ALLELOPATHY ON NATIVE PLANTS AND ECOSYSTEMS	457
Chennamma devi T Preethy K R	GREEN SYNTHESIS OF rGO–ZNO NANOCOMPOSITE FROM BIOWASTE FOR ENHANCED TOPICAL THERAPEUTIC APPLICATIONS	458
Nihal Mesmoudi Khawla Ammouch Noureddine Hammani Samir Ibenmoussa Abdellah Moustaghfir Naoual Oukkache	BIOTECHNOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CERASTES CERASTES VENOM: IMPLICATIONS FOR DIAGNOSIS AND THERAPEUTIC MANAGEMENT	459-460
Fedwa BEGHDADI El-Hadj DRICHE	BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTOPATHOGENS USING SAHARAN ACTINOBACTERIA: A STEP TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE	461
Fedwa BEGHDADI El-Hadj DRICHE	EXPLORING ACTINOBACTERIA FROM ALGERIAN DESERT SOILS FOR THEIR ANTIMICROBIAL ACTIVITY AGAINST PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISMS	462
Dinh Hong Khoa Duong To Quoc Thai	THE ECONOMIC TRANSFORMATION OF COCHINCHINA FROM THE LATE 19TH TO THE EARLY 20TH CENTURY UNDER FRENCH COLONIAL RULE	463-476
IBITOYE Opeyemi Stella	ENVIRONMENTAL COST MANAGEMENT AND RESOURCE EFFICIENCY AS DRIVERS OF AGRICULTURAL PRODUCTIVITY IN RURAL ONDO STATE.	477

Tuhina Sinha Grade	OPERATIONALIZING PRO-DEVELOPMENT EXEMPTIONS: A CRITICAL LEGAL ANALYSIS OF THE "SPECIAL SAFEGUARD MECHANISM" (SSM) AND ITS ROLE IN PROTECTING RURAL MARKETS IN DEVELOPING COUNTRIES	478
Sana Riasat	EXPLORING THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENHANCING CROP YIELD AND RESOURCE MANAGEMENT IN AGRICULTURE SECTOR	479
Duong To Quoc Thai Dinh Hong Khoa	THE OPERATIONS OF THE BANK OF INDOCHINA (BANQUE DE L'INDOCHINE) IN THE FIELD OF AGRICULTURAL CREDIT IN COCHINCHINA DURING THE FRENCH COLONIAL PERIOD (1875-1945)	480-490
Ananda Majumdar	ASSESSING TURKEY'S RURAL DEVELOPMENT STRATEGY: TACKLING POVERTY AND UNEMPLOYMENT	491-498
Ebenezer Akinniyi AKINYEMI	THE ROLES OF INFORMAL SOCIAL GROUPS IN RURAL DEVELOPMENT IN OBOKUN LOCAL GOVERNMENT AREA OF OSUN STATE, NIGERIA.	499
SALAKO Samuel Seun ADESOLA Kanyinsola Gloria	SUSTAINABLE AGRICULTURE AND RURAL PLANNING: STRATEGIES FOR RESILIENT RURAL COMMUNITIES IN YEWA NORTH LOCAL GOVERNMENT OF OGUN STATE	500
Mohammad H. Holle Rahmawati Rosita Tehuayo	FINANCIAL INCLUSION PROGRAM INNOVATION FOR FISHERMEN FACING CLIMATE CHANGE ON THE LEIHITU COAST OF AMBON ISLAND	501-514
Ram Prataap Yadav Sunil Kumar Srivastav	AMELIORATIVE EFFECT OF JAMUN (SYZYGIUM CUMINI) SEED AND ORANGE (CITRUS SINENSIS) PEEL EXTRACTS AGAINST LEAD INDUCED ALTERATION IN LIVER BIOMARKERS OF RATS	515
I. Sivaraj S. Bhuvaneswari D. Madhankumar N. Sripriya N.K. Udaya Prakash	A PRELIMINARY INVESTIGATION ON FUNGAL DIVERSITY OF DRY EVERGREEN FOREST OF TAMIL NADU, INDIA	516-517

Ayesha Batool Arif Gull Farkhanda Anjum Hafsa Naeem Rimsha Anwar Zainab Fatima	THE ROLE OF AI IN PROMOTING EQUITABLE ACCESS TO CLEAN WATER IN RURAL COMMUNITIES	518
Aabdousse Jamal. Boulli Abdelali Wahid Nadya. Oussif Ilis Salim Nora Ikram Elbezyouy	DOMESTICATION EFFECTS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF THYMUS ESSENTIAL OILS IN MOROCCO.	519-520
Musfiqur Rahman Abdul Baree Bhowmik Shimu Akhi Khatun	EFFECT OF PLANTING TIME AND NITROGEN DOSE ON GROWTH AND YIELD OF CABBAGE.	521
Yalpi Karthik Kalpana Nanjareddy Pavithra Narendran Manojkumar Arthikala	COMPARATIVE DOCKING AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF SULTR3–NLP INTERACTIONS REVEAL HYDROPHOBIC DOMINANCE IN SULFUR–NITRATE CROSSTALK REGULATION	522
Momoh Shuaıbu	DETERMINATION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUES IN SOME AVAILABLE FRUITS SOLD IN KAURA NAMODA ZAMFARA STATE	523
Anika Haque Biswas Nazmul Hasan	COMMUNITY-BASED WATER MANAGEMENT: A STUDY ON SANTAL COMMUNITY IN RAJSHAHI DISTRICT	524
Jibrin, S Ahmed, I. I Umaru, A Kolawole. N. T Egamana, M. N EZE, C. P	INFLUENCE OF EXTENSION AND FORMAL EDUCATION ON INCOME OF RICE PROCESSORS IN BOSSO AND CHANCHAGA LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE, NIGERIA.	525
Mohit Kumar Kajal Antil	COST-BENEFIT ANALYSIS OF DIETARY SUPPLEMENT USE IN PREVENTIVE HEALTHCARE ACROSS DEVELOPED AND EMERGING ECONOMIES	526
RIFAT UDDIN Mizanur Rahman Most. Mokarroma	ECONOMIC AND AGRONOMIC DIVERS OF ONION (Allium cepa) PRODUCTIVITY IN BANGLADESH	527-528

Andrey POPATANASOV Wendy De SHONG-NEUHALFEN	ON THE MALAWIAN ECONOMY AND THE INCREASING OCCURRENCE OF NATURAL HAZARDS – IS THERE EXIT FROM THE CHRONIC HUMANITARIAN CRISIS	529
Sadiq, Mohammed Sanusi Singh, Invinder Paul Ahmad, Muhammad Makarfi Sani, Bashir Sanyinna	THE BUHARINOMICS LEGACY ON THE HOOF: RISING GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM NIGERIA'S LIVESTOCK SECTOR AND THE PATH TO MITIGATION	530-557
Mamun Ur Rashid Hadiul Kabir Nayeem Islam	COST, PROFITABILITY, AND RISK ANALYSIS OF RICE PRODUCTION IN THE BORO SEASON IN THAKURGAON DISTRICT	558-570
Lali sreseli	FARMERS ACCESS TO FINANCE AND ITS IMPACT ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF AGRICULTURE	571
Dèkandé Sylvestre Tchagnonhou	THE ROLE OF LANGUAGE TEACHERS IN RURAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY WITH SOME TEACHERS OF TAHOUA REGION IN NIGER.	572
Arooj Anwar Muhammad Shahid Fozia Anjum	NUTRACEUTICAL PROFILING OF WHEAT SEEDLING AFTER SEEDS PRIMING TREATMENT OF NANO FERTILIZER BIO RECOVERED FROM ORE TAILING	573
Muhammad Shahid Fozia Anjum Arooj Anwer	ANTIMICROBIAL SILVER NANOPARTICLES FOR WOUND DRESSING DERIVED FROM AVOCADO PEEL POLYPHENOLICS AND DATE PALM MUCILAGE AS NATURAL MACROMOLECULES	574
David.G Deepak.S Palanisamy.A Ravi.C N Jayaramakani Dr.R.Srinivasan	PHARMACOVIGILANCE IN VETERINARY MEDICINE: ENSURING DRUG SAFETY IN ANIMALS	575
G. David R. Swathi	NANOTECHNOLOGY IN VETERINARY DRUG DELIVERY SYSTEM	576
R. Swathi G. David E. Praveena S. Rubin thara S. Meenatchi	HERBAL VETERINARY MEDICINE:AN ALTERNATIVE APPROACH TO ANIMAL HEALTHCARE	577

David.G Deepak.S Palanisamy.A Ravi.C N Jayaramakani Dr.R.Srinivasan	PHARMACOVIGILANCE IN VETERINARY MEDICINE: ENSURING DRUG SAFETY IN ANIMALS	578
Waffa ABDELMOUMENE Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU Zineb KAID Larbi BELYAGOUBI	EVALUATION OF PHYTOCHEMICAL PROFILE AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF HYDRO-METHANOLIC EXTRACTS OF ATRIPLEX HALIMUS L.	579
Elza Bitsadze Lia janadze	CLOUD-BASED MONITORING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AGRICULTURAL INFRASTRUCTURE SECURITY	580
Elza Bitsadze Lia janadze	SMART FARMING AND PRIVATE SECURITY: THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL RISK MITIGATION	581
Tinatin Mshvidobadze	USING INNOVATIVE NANOTECHNOLOGIES TO SUPPORT SUSTAINABLE AGRICULTURE	582
M. O. Sosanidze	MANAGEMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY RISKS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED AGRICULTURAL ENTERPRISES	583
Mariam Koberidze	WHEAT CULTURE IN GEORGIA	584
Soukaina Aithaddou Houda Elyacoubi Abelghani Aboukhalaf Yousra Elhassani Jamila Riyahi Atmane Rochdi	ANTIFUNGAL POTENTIAL OF AQUEOUS EXTRACTS FROM NEPETA SP. AND CEDRUS ATLANTICA AGAINST TOMATO PHYTOPATHOGENIC FUNGI	585
Kacper SŁAWKOWSKI Monika REWERS Aleksander ŁUKANOWSKI Iwona JEDRZEJCZYK	MOLECULAR AND BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR INCREASING THE RESISTANCE OF COMMON WHEAT TO SELECTED PATHOGENS	586-587
HENNAOUI Feriel BERREBBAH ALIOUA Amel	PLANT IRRIGATION USING WASTEWATER TREATED THROUGH ACTIVATED CLAY ADSORPTION	588
Mahdi Tajalian Mofrad Dr. Jafar Massah	ELECTRICITY PRODUCTION FROM NATURE (ALOE VERA)	589-592

Oluwadamilola Peace AGOI Moses Adeolu AGOI Oluwanifemi Opeyemi AGOI	ESTABLISHING XR-ENHANCED FARMER FIELD SCHOOLS TO DEMONSTRATE SUSTAINABLE SOIL, WATER, AND BIODIVERSITY CONSERVATION PRACTICES	593-602
ELABBARI Chaimaa Labjar Najoua EL Hajjaji souad	SUSTAINABLE MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND AGRICULTURAL PRODUCTIVITY	603
Saira Malik Syed Mohsan Raza Shah Uniza Fatima bukhari Tasawar Fatima bukhari Iqra	LEAF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODIFICATION OF Ipomoea carnea JACQ. AN INVASIVE PLANT SPECIES, UNDER DIVERSE SALINITY GRADIENT	604
Anas Hamdani Said Bouda Atman Adiba Jamal Charafi	AGRO-MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ADAPTIVE ABILITY OF FOUR PLUM VARIETIES UNDER TWO CLIMATE ENVIRONMENTS	605
Aadil Gani Naina Tirki Ankit Patel Khela Ram Soren Kishor Tribhuvan	OPTIMIZED IN VITRO MICROPROPAGATION PROTOCOL FOR ‘WINTER DAWN’ STRAWBERRY (FRAGARIA × ANANASSA): A COST-EFFECTIVE STRATEGY FOR SUSTAINABLE COMMERCIAL CULTIVATION	606
Anita Pandey	INVENTORIZATION OF ARANEAE IN THE VICINITY OF KINKARI DAM, SARANGARH-BILAIGARH DISTRICT, CHHATTISGARH, INDIA	607
Sedat BEHREM Yunus ARZIK	RECENT ADVANCES ON THE CALPASTATIN (CAST) GENE AS A MEAT-QUALITY MARKER IN FARM ANIMALS	608-615
Jaayefar Fatima-ezzahra et Dahmani Jamila	Pinus halepensis : CAPITALIZATION OF KNOWLEDGE ON THE THERAPEUTIC USES IN TRADITIONAL MEDICINE IN THE CENTRAL PLATEAU, MOROCCO	616
Jaayefar Fatima-ezzahra et Dahmani Jamila	Cistus salviifolius L.: CAPITALIZING ETHNOBOTANICAL, PHYTOCHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL DATA ON A PROMISING MEDICINAL RESOURCE FROM THE MOROCCAN CENTRAL PLATEAU.	617

O.A. Odebiyi J. K. Oladejo	SENSITIVITY ANALYSIS OF BOVINE MASTITIS DISEASE: A MATHEMATICAL MODELLING APPROACH.	618
Essien, Kemfon Friday Agwu, Ani Ekwe Essien, Menyene Friday, Adeoye, Samson Olubode Babalola	CTS OF STORAGE METHODS AND STORAGE DURATIONS ON MINERAL COMPOSITION OF BULKED MILK FROM WEST AFRICAN DWARF (WAD) GOATS	619-624
Arafatur Rahaman Ohi Mohammad Ammar	RURAL COMMUNITIES' FEAR OF SNAKES: HOW PERCEPTIONS SHAPE CONSERVATION OUTCOMES IN BANGLADESH	625-636
Emmanuel U. ANASO	EFFECTS OF PILIOSTIGMA THONNINGII ESSENTIAL OIL ON MILK FATTY ACID COMPOSITION IN LACTATING SOKOTO RED GOATS	637-643
Mohua Bhattacharjee Mohammed Shahidul Alam Imranul Hoq	OPTIMIZING SHELF-LIFE AND PRESERVATION TECHNIQUES FOR OMPOK PABDA (PABDA CATFISH): A COMPREHENSIVE STUDY ON BIOCHEMICAL, MICROBIAL, AND SENSORY PARAMETERS	644
Nahidul Islam Rafiqul Islam Salim Mia Farha Talukdar Sirajum Monira Mohammad Lokman Ali	IMPACT OF SALINITY ON THE BIO-ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN GIANT FRESHWATER PRAWN (Macrobrachium rosenbergii)	645
Yunus ARZIK	GENOMIC MAPPING OF RESISTANCE TO MONIEZIA EGG BURDEN IN SHEEP USING A MACHINE LEARNING-BASED GWAS FRAMEWORK	646-658

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

UZUN POZLAMA FOTOĞRAFÇILIĞI VE MEKE KRATER GÖLÜ ÖRNEĞİ

Yuksel ACIKGOZ
ORCID: 0000-0002-5712-6806

ÖZET

Dijital fotoğraf makinelerinin hızlı gelişimi ile birlikte uzun pozlama ile oluşturulmuş kadrajlar günümüzde etkin bir şekilde dijital içerik üretiminde ve görsel alanda kullanılmaktadır. Çoğunlukla gece fotoğrafçılığında kullanılan uzun pozlama tekniği aynı zamanda gündüz gün ışığından faydalanılarak çekilen fotoğraflarda da yerini almaktadır. Gece çekilen uzun pozlama fotoğrafların renk paleti genelde daha koyu, mor ve siyah tonlarda olmakla birlikte gündüz çekilen uzun pozlama fotoğrafları çok daha fazla renk paleti içermektedir. Gündüz çekilen uzun pozlama fotoğraflarında ND filtrelerden faydalanılmaktadır. Gece çekilen uzun pozlama fotoğraflarında ise düşük ışık koşullarından dolayı genelde ekstra filtrelere ihtiyaç duyulmamaktadır. Uzun pozlama fotoğrafı için en önemli aksesuar tripod başta olmak üzere tam çerçeve bir fotoğraf makinesi ve düşük diyafram değerlere sahip kaliteli lenstir. Görüntünün sabit kalması ve doğa şartlarından etkilenmemesi için tripodun kaliteli ve sağlam olması gereklidir. Günümüzde kullanılan ekstra yazılımlar ve aplikasyonlar sayesinde uzun pozlama ile oluşturulan kareler çok daha yaratıcı sonuçlar vermektedir. Dijital fotoğraf makinesi ile çekilen kareler daha sonra bilgisayar yazılımları sayesinde amaca uygun bir şekilde son şeklini bulmaktadır. Uzun pozlama tekniği aynı zamanda güçlü bir kompozisyon bilgisi ile deneyime ihtiyaç duymaktadır. Yaratıcılık bu alanda çok önemli bir yer teşkil etmekle birlikte teknik bilgi ve deneyimle birleşince daha özgün kadrajların ortaya çıkmasında güçlü bir etkiye sahiptir. Uzun pozlamanın çağdaş sanat pratiklerindeki yeri gün geçtikçe değer kazanmaktadır. Uzun pozlama, deklanşörün bilinçli bir şekilde standart çekim sürelerinin üzerinde açık tutulmasıyla zamanın fiziksel bir katman olarak fotoğrafa dahil edilmesidir. Hareketin bulanıklaştırılması, ışığın çizgileştirilmesi, su ve bulutların ipeksi akışkan görünümü, yıldız izleri ve gece şehir fotoğrafçılığında ortaya çıkan özel estetik, uzun pozlamayı hem belgesel hem de deneysel görsel sanatlarda vazgeçilmez bir seçenek haline getirmiştir.

Konya'nın Karapınar ilçesinde yer alan, dünyanın nazar boncuğu olarak nitelendirilen Meke Krater Gölü sönmüş olan bir volkan kraterlerinin gaz patlaması sonucunda su ile dolmasıyla oluşmuştur. Uzun pozlama açısından Meke Krater Gölü ve çevresi özellikle son zamanlarda popüler bir mekân haline gelmiştir. Kraterin grafiği ve ışık kirliliğinden uzak olması, gece fotoğrafçıları tarafından tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasındadır. Samanyolu, ay, meteorlar, yıldızlar ve gökyüzü fotoğrafları için uygun olan bu alan aynı zamanda Karapınar ilçe merkezine yakındır. Bu çalışmada uzun pozlama tekniğine uygun olduğu için Meke Krater Gölü özellikle örnek olarak seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotoğraf, Uzun Pozlama, Meke Krater Gölü

LONG EXPOSURE PHOTOGRAPHY AND THE EXAMPLE OF MEKE CRATER LAKE

ABSTRACT

With the rapid development of digital cameras, frames created with long exposure are now actively used in digital content production and the visual field. The long exposure technique, mostly used in night photography, also has its place in photographs taken during the day using daylight.

The color palette of long exposure photos taken at night is generally darker, with purple and black tones, while long exposure photos taken during the day contain a much wider color palette. ND filters are used in long exposure photos taken during the day. In long exposure photos taken at night, extra filters are generally not needed due to low light conditions. The most important accessories for long exposure photography are a tripod, a full-frame camera, and a high-quality lens with low aperture values. To ensure that the image remains stable and is not affected by natural conditions, the tripod must be high-quality and sturdy. Thanks to the extra software and applications used today, frames created with long exposure yield much more creative results. Frames taken with a digital camera are then given their final form using computer software to suit the purpose. The long exposure technique also requires strong compositional knowledge and experience. Creativity plays a very important role in this field, and when combined with technical knowledge and experience, it has a powerful effect on the emergence of more original frames. The place of long exposure in contemporary art practices is gaining value day by day. Long exposure is the inclusion of time as a physical layer in the photograph by consciously keeping the shutter open beyond standard shooting times. The blurring of motion, the streaking of light, the silky fluid appearance of water and clouds, star trails, and the unique aesthetic that emerges in night city photography have made long exposure an indispensable option in both documentary and experimental visual arts.

Located in the Karapınar district of Konya, Meke Crater Lake, described as the world's evil eye bead, was formed when a volcanic crater filled with water as a result of a gas explosion. In terms of long exposure photography, Meke Crater Lake and its surroundings have recently become a particularly popular location. The crater's shape and its distance from light pollution are among the main reasons it is preferred by night photographers. This area, which is suitable for photographing the Milky Way, the moon, meteors, stars, and the sky, is also close to the center of Karapınar district. In this study, Meke Crater Lake was specifically chosen as an example because it is suitable for long exposure photography.

Keywords: Photography, Long Exposure, Meke Crater Lake

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

TARIMSAL DESTEKLEMELERİN EKONOMİK ETKİSİ: KONYA İLİ KARAPINAR İLÇESİ ÖRNEĞİ

Şenol ÖZTÜRK
Batman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
ORCID: 0009-0005-7496-0893

Prof. Dr. İsmail ŞİRİNER
Batman Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4647-2252

ÖZET
Bu çalışma, Karapınar ilçesinin 2014-2023 yılları arasındaki tarımsal üretim dinamiklerini analiz ederek, tarım teşvikleri, ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarının tarımsal üretim üzerindeki etkilerini incelemektedir. Veriler, Tarım ve Orman Bakanlığı, TÜİK ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü gibi güvenilir kaynaklardan temin edilmiştir. Regresyon analizleri, tarım teşviklerinin (LNSP) üretim üzerinde pozitif ve anlamlı bir etki gösterdiğini ortaya koyarken, sıcaklık (LNT) ve yağış (LNR) değişkenlerinin etkilerinin düşük düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermiştir. Araştırma sonuçları, tarım teşviklerinin bölgedeki üretim artışında önemli bir role sahip olduğunu, ancak iklimsel değişkenlerin sınırlı bir etkisi bulunduğunu göstermektedir. Çalışma bulguları, tarım politikalarının bölgeye özgü ihtiyaçlar doğrultusunda yeniden yapılandırılmasını, modern tarım tekniklerinin teşvik edilmesini ve çiftçilere yönelik eğitim programlarının güçlendirilmesini önermektedir. Bölgesel kalkınma stratejilerinin oluşturulması ve çevresel sürdürülebilirlik uygulamalarının hayata geçirilmesi, Karapınar ilçesindeki tarımsal üretim potansiyelinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, bölgeye özgü tarımsal politikaların belirlenmesi ve uygulanmasında önemli bir rehber niteliği taşımaktadır.
Anahtar Kelimeler: Tarım, Tarım teşvikleri, Regresyon, Sıcaklık, Yağış.

ECONOMIC IMPACT OF AGRICULTURAL SUPPORTS: CASE OF KARAPINAR DISTRICT OF KONYA PROVINCE

ABSTRACT
This study analyzes the agricultural production dynamics of Karapınar district between 2014-2023 and examines the effects of agricultural incentives, average temperature and total precipitation on agricultural production. Data were obtained from reliable sources such as the Ministry of Agriculture and Forestry, TÜİK and the General Directorate of Meteorology. Regression analyses revealed that agricultural incentives (LNSP) had a positive and significant effect on production, while the effects of temperature (LNT) and precipitation (LNR) variables were low-level and statistically insignificant. The research results show that agricultural incentives have an important role in the increase in production in the region, but climatic variables have a limited effect. The study findings suggest that agricultural policies should be restructured in line with the needs of the region, modern agricultural techniques should be encouraged and training programs for farmers should be strengthened. The establishment of regional development strategies and the implementation of environmental sustainability practices are of critical importance in terms of increasing the agricultural production potential in Karapınar district. This study serves as an important guide in determining and implementing agricultural policies specific to the region.
Keywords: Agriculture, Agriculture incentives, Regression, Temperature, Rainfall

KURAK İKLİME UYGUN TARIM VE GASTRONOMİ: KARAPINAR'DA ALTERNATİF GIDA ÜRETİMİ

Doç. Dr. Kadriye Alev AKMEŞE
Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü
ORCID: 0000-0002-3826-9684

Şevval Zeynep AYHAN
Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü
ORCID: 0009-0002-7024-8856

ÖZET
Gastronomi, bir yiyecek ve içeceğe özgü üretim öncesi ve sonrası tüm detayları ele alan sanat ve bilim dalıdır. Gastronomik öğeler, bir bölgenin gastronomi turizmi potansiyelini belirleyen temel unsurlar olarak nitelendirilebilir. Bir bölgede yetişen ürünler, bu ürünler ile üretilen yemekler, yemeklerin üretim süreçlerinde dikkat edilen detaylar, ritüeller, yemeklerin hikayeleri ve tüketim sonrası bireyde bıraktığı duyusal tatmin düzeyi, o yemeğin özgünlüğünü oluşturan önemli detaylardır.
Kurak iklim yapısında zirai üretimde bazı kısıtlamalar söz konusu olabilmektedir. Yağış azlığı, pek çok ürünün üretimini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliğinin de etkisi ile kurak iklime uygun üretim alternatiflerinin belirlenmesi ve çeşitlendirilmesi önem arz etmektedir. Karapınar, Türkiye'de İç Anadolu Bölgesi'nde zirai üretim için önemli bir coğrafyada yer alan, kurak iklim özelliklerini taşıyan bir ilçedir. Tarım için önemli olan Karapınar'da üretilecek ürünlerin çeşitliliği, gıda sürdürülebilirliği, iklim değişikliği ile mücadele gibi konular başta olmak üzere pek çok açıdan önem taşımaktadır. Gastronomik değerlerin sürdürülebilirliği de bu önemli unsurlar arasında yer almaktadır.
Bu çalışma ile Karapınar'da mevcut tarım ve üretim durumu incelenmiş, Dünya üzerinde benzer iklime sahip kurak bölgelerde yetiştirilen ürün çeşitleri araştırılmıştır. Bu sayede benzer iklim özelliği taşıyan bölgelerin ürünlerinin Karapınar'da yetiştirilerek üretime kazandırılması alternatifleri tartışmaya sunulmuştur. Çalışma kapsamında ikincil verilerin analizinden yararlanılmış, konu ile ilgili yazılı kaynaklar ve üretim oranları için resmi kurum verileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda alternatif ve benzer ürün örnekleri sıralanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Gastronomi, kurak iklim ürünleri, beslenme, kuraklık, sürdürülebilir gastronomi

AGRICULTURE AND GASTRONOMY SUITABLE FOR ARIDICULATED CLIMATES: ALTERNATIVE FOOD PRODUCTION IN KARAPINAR

ABSTRACT
Gastronomy is the art and science that addresses all the details of a food and beverage before and after production. Gastronomic elements can be considered the fundamental elements that determine a region's gastronomic tourism potential. The products grown in a region, the dishes produced with these products, the details taken into account in the production process, the rituals, the stories behind the dishes, and the level of sensory satisfaction left in the individual after consumption are important details that make a dish unique.

Arid climates can impose certain restrictions on agricultural production. Low rainfall complicates the production of many products. Therefore, with the impact of climate change, identifying and diversifying production alternatives suitable for arid climates is crucial. Karapınar is a district in Türkiye's Central Anatolia Region, located in a key geographical location for agricultural production and exhibiting arid climate characteristics. The diversity of products produced in Karapınar, which is important for agriculture, is important for many reasons, including food sustainability and combating climate change. Sustainability of gastronomic values is also among these principal factors.

This study examines the current agricultural and production situation in Karapınar and explores the variety of products cultivated in arid regions with similar climates around the world. This study presents a discussion on alternatives for cultivating and incorporating products from regions with similar climates into Karapınar's production. The study utilized secondary data analysis, examining relevant written sources and data from official institutions for production rates. The study resulted in a list of alternative and similar product examples.

Keywords: Gastronomy, arid climate products, nutrition, drought, sustainable gastronomy

TÜRKİYE'DE KIRSAL KALKINMADA LEADER YAKLAŞIMININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE KATILIMCILIK ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Öğretim Görevlisi Zeynep ÖĞÜT
Mersin Üniversitesi, Silifke MYO, Yönetim ve Organizasyon Bölümü
ORCID: 0000-0001-8131-8931

ÖZET
Kırsal kalkınma, yalnızca ekonomik büyümeyi hedefleyen bir süreç olmanın ötesine geçerek, sosyal bütünleşme, çevresel sürdürülebilirlik, yerel katılım ve kültürel değerlerin korunmasını da içeren çok boyutlu bir dönüşüm süreci haline gelmiştir. Günümüzde kırsal bölgelerin karşı karşıya kaldığı birçok yapısal sorun bulunmaktadır. Göç, tarımsal gelirde düşüş, genç nüfusun azalması, altyapı ve kamusal hizmetlere erişimdeki yetersizlikler bu yapısal sorunlardan bazılarıdır. Tüm bunlar ise kırsal kalkınmanın geleneksel yaklaşımlar yerine daha bütüncül, katılımcı ve sürdürülebilir modellerle ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.
Bu bağlamda, Avrupa Birliği'nin Ortak Tarım Politikası kapsamında geliştirilen LEADER yaklaşımı, yerel düzeyde katılımcılığı ve çok aktörlü yönetişimi esas alan yenilikçi bir kırsal kalkınma modeli olarak öne çıkmaktadır. LEADER, kırsal kalkınma sürecini merkeziyetçi politikaların dışına çıkararak, yerel toplulukların ihtiyaçlarına duyarlı, esnek ve özgün çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir.
LEADER, yerel aktörlerin karar alma süreçlerine aktif katılımını teşvik eden, yerelin özgün ihtiyaç ve potansiyellerine göre şekillenen, tabandan yukarıya bir yönetişim modeli önermektedir. Model kapsamında oluşturulan Yerel Eylem Grupları (YEG'ler), kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasında iş birliğini güçlendirerek yerel kalkınma stratejilerinin hazırlanmasını ve uygulanmasını mümkün kılmaktadır.
Türkiye'de uygulamaya alınan LEADER programları ile kırsal bölgelerde ekonomik çeşitliliği artırmaya, sosyal sermayeyi güçlendirmeye ve yerel toplulukların karar alma süreçlerine dahil edilmesine katkı sağlanmıştır. Bununla birlikte, uygulamada karşılaşılan bazı zorluklar da bulunmaktadır. Örneğin kurumsal kapasite eksikliği, bürokratik engeller ve yerel düzeyde farkındalık yetersizliği, modelin yaygınlaşmasını ve etkinliğini sınırlayabilmektedir.
Bu çalışma, Türkiye'deki LEADER uygulamalarını kırsal kalkınma ve sürdürülebilirlik ekseninde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, yerel kalkınma süreçlerinde katılımcı yaklaşımların önemi vurgulanmakta; LEADER modelinin güçlü yönleri ile geliştirilmesi gereken alanlarına dair bütüncül bir analiz sunulmaktadır. Sonuç olarak, LEADER gibi yerel odaklı, katılımcı kalkınma modellerinin Türkiye'de kırsal bölgelerin dirençli, kapsayıcı ve sürdürülebilir hale gelmesinde stratejik bir rol üstlenmesi gerektiği ifade edilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Kırsal Kalkınma, LEADER Yaklaşımı, Katılımcı Yönetişim, Yerel Eylem Grupları, Sürdürülebilirlik

THE ROLE OF THE LEADER APPROACH IN SUSTAINABILITY AND PARTICIPATION IN RURAL DEVELOPMENT IN TURKEY

ABSTRACT
Rural development has evolved beyond being a process solely aimed at economic growth to become a multidimensional transformation that includes social integration, environmental sustainability, local participation, and the preservation of cultural values. Nowadays, rural areas face numerous structural problems such as migration, decline in agricultural income, decreasing young population, and inadequate access to infrastructure and public services.

These issues highlight the need to address rural development with more holistic, participatory, and sustainable models instead of traditional approaches.

In this context, the LEADER approach, developed under the European Union's Common Agricultural Policy, emerges as an innovative rural development model that emphasizes local participation and multi-actor governance. LEADER aims to move rural development away from centralized policies by developing flexible and tailored solutions that are sensitive to the needs of local communities.

LEADER promotes active participation of local actors in decision-making processes and proposes a bottom-up governance model shaped according to the unique needs and potentials of the localities. Local Action Groups (LAGs) established within the model strengthen cooperation among public institutions, the private sector, and civil society organizations, enabling the preparation and implementation of local development strategies.

The LEADER programs implemented in Turkey have contributed to increasing economic diversification, strengthening social capital, and involving local communities in decision-making processes in many rural areas. However, certain challenges exist in practice, such as lack of institutional capacity, bureaucratic obstacles, and insufficient local awareness, which limit the widespread adoption and effectiveness of the model.

This study aims to evaluate the LEADER applications in Turkey within the framework of rural development and sustainability. It emphasizes the importance of participatory approaches in local development processes and provides a comprehensive analysis of the strengths and areas for improvement of the LEADER model. As a result, it is argued that locally focused, participatory development models like LEADER play a strategic role in making rural areas in Turkey more resilient, inclusive, and sustainable.

Keywords: Rural Development, LEADER Approach, Participatory Governance, Local Action Groups, Sustainability

KALKINMA VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KÜLTÜREL MİRAS TURİZMİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Meltem DIKTAŞ
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü
ORCID: 0000-0003-2934-0183

Özet
Turizmin dünya çapında istihdam yaratan ve gelir sağlayan kalkınmada öncü ana sektörlerden biri haline geldiği bilinmektedir. Seyahat ve Turizm sektörü küresel anlamda değerlendirildiğinde, GSYİH ve istihdam açısından doğrudan yarattığı etkilerinin yanı sıra sektörün dolaylı kazanımları diğer sektörlerle olan tedarik zinciri ilişkileri bağlamında da önemlidir. Kültürel miras turizmi, toplumların değerlerini ve inançlarını yansıtan, tarihsel süreçleri hakkında bilgi edinme fırsatları sunan, bir bütün olarak nesiller boyunca aktarılan gelenekleri, uygulamaları, yerleri, nesneleri ve sanatsal ifadeleri kapsayan alternatif bir turizm türü olarak tanımlanmaktadır. Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimine katkıda bulunma, yerel ekonomileri doğrudan etkileme, kültürel kimliğin oluşumu ve güçlenmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olma özelliği ile öne çıkmaktadır. Doğal, tarihi ve kültürel özellikleri ile farklı değerleri olan kültürel miras özelliği taşıyan destinasyonlar gerek yerel halk gerekse turistlerce değişik deneyimlerde bulunma, hoş zaman geçirme, dinlenme, gezip görme ve eğlence niyetiyle ziyaret edilmektedir. Bu destinasyonlar bir turistik ürün olarak, turizm sektöründe rekabet ortamında öncü olmayı hedefleyen işletmeler, ulusal ve küresel bağlamda söz sahibi olmayı hedefleyen yerel yönetimler ve en önemlisi ülkeler için kalkınma planlarında bir fırsat olarak görülmektedir. Dolayısıyla turizm sektöründe ülkelerin, yerel yönetimlerin ve pazarlama profesyonellerinin ilgisini çeken, bir rekabet fırsatı olarak görülen kültürel miras turizmi faaliyetleri giderek önemli bir konu ve strateji haline gelmektedir. Bu araştırmada, kültürel miras turizminin kalkınma ve sürdürülebilir turizm açısından değerlendirilmesi üzerine kavramsal bir çerçevede bir bakış açısı oluşturmak, yerelde Meke Gölü için kültürel miras turizmi konusunun önemi, olası fırsatları ve katkılarının ortaya konulmasının yanı sıra geliştirilmesine yönelik olarak zayıf yönlerinin de ortaya çıkarılması, önerilerde bulunulması amaçlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, kalkınma, kültürel miras turizmi

A STUDY ON CULTURAL HERITAGE TOURISM IN THE CONTEXT OF DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY

Abstract
Tourism has become one of the leading sectors in global development, generating employment and income. When the Travel and Tourism sector is evaluated globally, its direct impacts on GDP and employment, as well as its indirect gains in the context of supply chain relationships with other sectors, are significant. Cultural heritage tourism is defined as an alternative form of tourism that reflects the values and beliefs of societies, offers opportunities to learn about their historical processes, and encompasses traditions, practices, places, objects, and artistic expressions passed down through generations. It stands out for its ability to contribute to the economic and social development of countries, directly impact local economies, and significantly influence the formation and strengthening of cultural identity.

Cultural heritage destinations, with their distinctive natural, historical, and cultural values, are visited by both locals and tourists for the purposes of experiencing different things, enjoying themselves, relaxing, sightseeing, and having fun. These destinations, as tourist products, are viewed as opportunities in the development plans of businesses seeking to become leaders in the competitive tourism sector, local governments seeking to have a voice nationally and globally, and, most importantly, countries. Consequently, cultural heritage tourism activities, viewed as a competitive opportunity and attracting the attention of countries, local governments, and marketing professionals in the tourism sector, are increasingly becoming a significant topic and strategy. This research aims to provide a conceptual perspective on the evaluation of cultural heritage tourism in terms of development and sustainable tourism. It aims to identify the importance, potential opportunities, and contributions of cultural heritage tourism at the local level for Meke Lake, as well as to identify weaknesses and offer recommendations for its development.
Keywords: Sustainability, development, cultural heritage tourism

GİRİŞ

Günümüzün modern turizm anlayışı yalnızca bir eğlence ve dinlenme alanı olarak görülmemekte; ekonomik büyüme, istihdam yaratma, gelir dağılımı ve bölgesel kalkınma için stratejik bir sektör olma özelliği ile ülkelerin gündeminde önemli bir yer tutmaktadır. Sosyal ve ekonomik açıdan kalkınmada önemli bir araç olarak turizm; kültürel, doğal ve tarihi unsurları kullanarak küresel alanda ihracat gelirleri payında önde gelen sektörlerden biri olmuştur (Uğur ve Akbıyık, 2020). Turizm, açık bir sistem olarak çevresiyle yoğun etkileşim içinde olduğundan; teknolojik, sosyo-kültürel, politik, ekonomik ve ekolojik unsurlardaki değişimler ve dönüşümlere karşı oldukça hassas bir yapı sergiler. Bu nedenle turizm sektörünün kalkınmadaki önemli rolüne rağmen sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik-sosyal boyutunun yanı sıra çevresel boyutunun da önemi küresel anlamda dikkatle incelenen konulardan biridir (Postma vd., 2017). Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu tarafından belirlenen 2030 Gündemi kapsamında yer alan sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada, söz konusu süreye kalan zaman ve konunun önemi nedeniyle uluslararası kuruluşların ve ülkelerin gösterdiği hassasiyet de artarak devam etmektedir (BM Türkiye, 2025). UNESCO, 2019 yılında kültürün Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi'ne katkısını ölçmek amacıyla, dört tema (çevre ve dayanıklılık; refah ve geçim kaynakları, bilgi ve beceriler; kapsayıcılık ve katılım) ve 22 göstergeden oluşan *Kültür 2030 Göstergeleri* çerçevesini geliştirmiştir. Bu çerçeve, kültürün sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkısını değerlendirmeyi ve izlemeyi amaçlamaktadır (UNESCO, 2025). Avrupa Turizm Gelecekleri Enstitüsü (ETFI) de turizm işletmeciliğinin sürdürülebilir gelişimini teşvik etmek için 2040 yılına dair uzun vadeli bir gelecek yönelimi çalışmalarında bulunmaktadır. Tüm bu çalışmalar, tartışmalar; modern dünyanın çevre sorununun üzerine hassasiyetle yaklaşmasına rağmen halen dünyada yoksulluk ve kapasite geliştirme sorunlarını yaşayan ülkelerin de olduğu bilinci çerçevesinde dünyanın hem sosyo ekonomik hem de çevresel olarak sürdürülemez olduğu endişesiyle daha da hız kazanmıştır (Postma vd., 2017). Turizm sektörü dünyada hem sosyo-ekonomik hem de çevresel anlamda sürdürülebilirliği doğrudan etkilediği ve bundan etkilenmesi sebebiyle küresel bir boyutta sürdürülebilirlik hedefli çabalar turizm sektörü açısından elzem görünmektedir.

Sürdürülebilirlik endişeleri göz önüne alındığında kültürel miras turizmi, turizm ve kalkınma ilişkisini hem ekonomik hem de sosyo-kültürel anlamda en görünür biçimde ortaya koyan alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır (WTO, 2001). Bu noktada temeli miras ve tarihi unsurlara dayanan kültürel turizm konusunun küresel bağlamda turizm gelişmesinde kritik bir öneme sahip olduğunu belirtmek gerekir (McKercher ve Du Cros, 2015).

Kültürel miras alanları, doğası gereği eşsiz ve kırılgan olması nedeniyle, turizm karar verici ve profosyonellerinin bu kültürel miras alanlarını uzun vadede koruyup muhafaza ederken en iyi şekilde nasıl geliştireceklerini araştırmaları esastır (WTO, 2001). Bu araştırmanın arkasındaki motivasyon da, yerel bağlamda kültürel miras ve turizm yönetimi arasındaki gelişen dinamikleri ele almak ve bu konunun yerel kalkınma ve sürdürülebilirlik üzerindeki rolünün değerlendirmesini içeren ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır. Bu noktada bu çalışmada, kültürel mirasın sürdürülebilirliği ve kalkınma kapsamında, bilimsel literatür taramasından yararlanarak konuya kavramsal çerçevede bir bakış açısı oluşturmak, yerelde bir kültürel miras değeri olma potansiyeli taşıyan Meke Gölü'nün SWOT analizi aracılığıyla öneminin ortaya konulması, turizm profesyonelleri için bu destinasyona yönelik farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

KÜLTÜREL MİRAS VE KÜLTÜREL MİRAS TURİZMİ

UNESCO'nun 1972 tarihli Dünya Kültürel ve Doğal Mirasın Korunmasına İlişkin Sözleşmesi'nde kültürel miras; tarihsel, estetik, arkeolojik, bilimsel, etnolojik ve antropolojik açıdan değer taşıyan anıtları, yapı topluluklarını ve sit alanlarını içeren bir miras kategorisi olarak tanımlanmakta ve bu mirasın 'olağanüstü evrensel değeri' özellikle vurgulanmaktadır (UNESCO, 2025). Kültürel miras, toplumların zaman içinde geliştirdiği ve bir bütün olarak kuşaktan kuşağa aktardığı gelenekleri, uygulamaları, mekânları, nesneleri ve sanatsal ifade biçimlerini kapsayan değerler bütünüdür (Cole, 2006). Kültürel miras; inşa yapımı çevreyi oluşturan *binalar, şehir dokuları ve arkeolojik alanlar*; doğal çevreyi temsil eden *kanyonlar, şelaleler, ormanlar ve plajlar*; ve eserler kapsamında *kitaplar, belgeler, nesneler ve resimler* olarak üç ana kategoriye ayrılmaktadır (Joshi, 2012).

Turizm, toplumsal bütünlüğe katkı sunmasıyla önem kazanmaktadır; turizm faaliyetleri, diğer kültürlerle ilişkilerin kurulmasını, yerlerin ve geleneklerin kavranmasını, kültürel değişimin yürütülmesini de sağlamaktadır (Streimikiene vd., 2021). Kültürel miras turizmi; doğal, kültürel, sanatsal ya da mimari bir unsurun ortaya çıkışını, tarihsel süreç içindeki dönüşümünü, yerel ve evrensel ölçekte taşıdığı anlamı ve geçmişteki kullanım ya da tüketim biçimlerini görme, öğrenme ve deneyimleme isteğiyle gerçekleştirilen geçici yer değiştirmeler sonucunda oluşan bütüncül ve karşılıklı ilişki ağını ifade eder (Diker, 2024). Bir başka bakış açısına göre kültürel miras turizmi toplumların değerlerini ve inançlarını yansıtan, onların tarihsel süreçleri hakkında bilgi edinme olanağı sunan alternatif bir turizm türü olarak tanımlanmaktadır (Bonet, 2013). Bu turizm türü, ekonomik ve sosyal gelişime katkıda bulunması, kültürel kimliğin oluşumunu ve güçlenmesini desteklemesi, toplumlar arasında karşılıklı anlayışı artırması gibi özellikleri nedeniyle bireyler, bölgeler ve ülkeler için büyük önem taşımaktadır (Weng vd., 2019).

Kültürel miras, yapısı gereği geçmişten günümüze aktarılan somut ve somut olmayan değerlerin güncel kullanımını, yorumlanmasını ve değerlendirilmesini kapsar. Bu nedenle pek çok destinasyonda kültürel miras turistik çekicilik olarak görülmekte ve turizm pazarlama stratejilerinin odağında yer almaktadır (Adie, 2024). Kültürel miras, yalnızca geçmişten kalan fiziki unsurlarla değil, bu unsurları ortaya çıkaran yaşam biçimleri, inançlar ve düşünsel süreçlerle birlikte anlam kazanmaktadır (Richards, 2001). Bu nedenle kültürel miras turizmi, ziyaret edilen yerlerdeki yaşam tarzlarının deneyimlenmesini ve kültürel unsurların bütüncül biçimde tüketilmesini içeren bir yapıya sahiptir. Bu yönü, kültürel miras turizmini diğer turizm türlerinden ayrıştıran temel noktadır (Diker, 2024).

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK, KALKINMA VE KÜLTÜREL MİRAS TURİZMİ İLİŞKİSİ

Sosyo-ekonomik açıdan turizm, küresel ölçekte sürdürülebilir insani kalkınmanın temel araçlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde turizm sektörü, dünya hizmet ticaretinin yaklaşık %28'ini, küresel mal ve hizmet ihracatının %7'sini ve dünya genelindeki her on istihdamdan birini oluşturmaktadır (Brooks vd., 2023).

Sürdürülebilirlik, kaynakların dengeli ve akıllı biçimde kullanımı olarak ifade edilmekte olup, bireyler ve paydaşlar tarafından farklı şekillerde yorumlanıp uygulanmaktadır. Kavram dört temel prensibe dayanmaktadır. Bunlar; bütüncül planlama, ekolojik süreçlerin korunması, doğal ve kültürel miras ile biyoçeşitliliğin muhafazası ve gelecek nesiller için uzun vadeli sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır. Sürdürülebilir kalkınma kavramı ise, Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun (Brundtland Komisyonu) "Ortak Geleceğimiz" raporunda ortaya konmuştur. Bu tanıma göre sürdürülebilir kalkınma, bugünün ihtiyaçlarını karşılarken gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme hakkını ve kapasitesini tehlikeye atmayan kalkınma yaklaşımıdır (Brundtland, 1987).

Turizmin kalkınmadaki rolünün etkisiyle hızla gelişmesi, çevresel ve kültürel sorunları da beraberinde getirmektedir. Ayrıca turizm kaynak kullanımının yoğun olduğu bir sektör olduğundan, çevresel ve kültürel sorunların üstesinden gelmede sürdürülebilirlik açısından hem yerel hem de küresel ölçekte hesap verebilir olması önemlidir. Bu nedenle sürdürülebilir turizm, çevresel açıdan sorumlu turizm gelişimi tartışmalarının merkezinde yer almaktadır (Lu ve Nepal, 2009). Dünya Turizm Örgütü (UNWTO)'nun 1988'de ileri sürdüğü sürdürülebilir turizm anlayışı, ekonomik, toplumsal ve estetik gereksinimlerin karşılanmasını amaçlarken; kültürel dokunun, ekolojik süreçlerin, biyolojik çeşitliliğin ve yaşamı destekleyen doğal sistemlerin korunmasını güvence altına alan bir kaynak yönetimi yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Liu, 2003). Birleşmiş Milletler Turizm Örgütü (UN Tourism) de küresel sürdürülebilir gelişmeye katkı sunan turizm anlayışının ekonomik büyüme ile birlikte biyolojik çeşitliliğin korunması, toplumsal refahın artırılması ve yerel kültürlerin desteklenmesini birlikte gözetmesi gerektiğinin altını çizmektedir. Birleşmiş Milletler Turizm Örgütü'nün vurguladığı sürdürülebilir turizm konusu turizm gelişiminin çevresel, ekonomik ve sosyo-kültürel boyutlarının dengeli bir şekilde uygulanmasını gerektirmektedir (UN Tourism, 2025). Türkiye açısından Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin tamamının, özellikle de "*Yoksulluğun Ortadan Kaldırılması"* olan Hedef 1, "*İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme*" olan Hedef 8, *"Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar"* olan Hedef 11, "*Sorumlu Tüketim ve Üretim"* olan Hedef 12, "*İklim Eylemi"* olan Hedef 13 ve "*Su Altında Yaşam"* olan Hedef 14' ün turizm sektörü özelinde sürdürülebilirliği sağlamada en güçlü hedefler olduğu öngörülmektedir.

Sürdürülebilir hedeflerin zorunluluğu altında yönetilen turizm sektörü; ekolojik sistemleri, kültürel bütünlüğü ve biyoçeşitliliği korumanın yanı sıra yerel halkın uzun vadeli yaşam kalitesine katkı sağlamakta aynı zamanda turist deneyimlerinin kalitesini de garanti etmektedir (Băndoi vd., 2020). Birçok destinasyonda tanık olunan eski medeniyetlerin izlerini taşıyan kalıntılar, eserler, tarihi yerler, müzeler, sanat evleri ve kültürel sergiler dahil olmak üzere hatta doğal oluşumlar da her yıl turistlere çokça ziyaret deneyimi sunmaktadır. Ülke ekonomilerinde turizm gelirlerinin payı düşünüldüğünde 20. yüzyılın sonlarına doğru araştırmalar için alternatif turizm, kültürel miras ve sürdürülebilir gelişme konularına yönelik ilgi artmaktadır (Baytok vd., 2016). Alternatif bir turizm türü olan kültürel miras turizmi; kitlesel turizmin yarattığı çevresel tehditler, sıradanlık, kontrolsüz tüketim gibi olumsuzluklara karşılık turizm açısından sürdürülebilirliğin öneminin anlaşılmaya başlaması ile turizm araştırmalarında giderek daha da önemsenmektedir.

Bu endişeler doğrultusunda, miras, turizm ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki bütüncül ilişkiyi vurgulayan UNESCO, 2012 yılında Dünya Mirası Komitesi tarafından onaylanan Dünya Mirası ve Sürdürülebilir Turizm Programı'nı hayata geçirmiştir. Sürdürülebilir turizm yönetiminde kültürel mirasın rolü, salt korumanın ötesine geçmekte; kültürel zenginliği turizm deneyimine aktif olarak entegre etmeyi içeren dinamik bir süreç yürütülmesini gerektirmektedir (Ye vd., 2024). Miras turizmi bağlamında sürdürülebilirlik; çevresel ve ekonomik unsurların ötesinde, kültürel ve toplumsal boyutları da kapsayan çok yönlü bir kavram olarak değerlendirilmekte ve araştırmalara konu olmaktadır (Brooks vd., 2023).

Sürdürülebilir turizm ve ekonomik kalkınma arasındaki bağlantıyı araştırmada bazı önemli teorilerden yararlanılabilmektedir. Sürdürülebilir Turizm, turizm gelişiminde ekonomik, çevresel ve sosyo-kültürel dengenin önemini vurgular. Miras Turizmi, kültürel varlıkların korunmasıyla birlikte ziyaretçi deneyimlerinin iyileştirilmesini hedefler. Deneyim Ekonomisi, unutulmaz ve sürükleyici deneyimlerin ziyaretçi memnuniyetini artırmadaki rolünü açıklar. Destinasyon Rekabetçiliği, benzersiz kaynakların rekabet avantajı yaratmasını incelerken; Sosyal Değişim Teorisi, yerel halkın turizmin fayda ve maliyetlerini değerlendirme biçimlerinin turizme yönelik tutumlarını nasıl şekillendirdiğini ortaya koyar. Birlikte ele alındığında bu teoriler, sürdürülebilir turizm ile kültürel miras koruması arasındaki ilişkiyi incelemek için bütüncül bir çerçeve sunmaktadır (Ye vd., 2024).

Kalkınma ve turizmin paralel dönüşüm süreçleri geçirdiği görülmekle birlikte, iki kavram arasındaki ilişkinin çoğunlukla turizmin ekonomik etkileri çerçevesinde ele alındığı dikkat çekmektedir (Çiçek ve Yaşar, 2018). Bu noktada aşağıda literatürde sürdürülebilirlik, kalkınma, kültürel miras turizmi ile ilgili konuları ele alan bazı çalışmaların incelemesi sunulmaktadır.

Liu (2003) çalışmasında, sürdürülebilir turizm çalışmalarında ihmal edilen altı temel nokta olan turizm talebinin önemi, kaynakların niteliği, nesiller arası eşitlik, turizmin sosyokültürel gelişime katkısı, sürdürülebilirliğin ölçülmesi ve sürdürülebilir kalkınma biçimlerine dikkat çekerek alanın eksik yönlerini eleştirmekte ve araştırmaların gelişmesi için sistemsel ve disiplinlerarası bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır. Loulanski (2011), miras ve turizmin bütüncül entegrasyonunu değerlendirirken, ileri sürdükleri temel faktörlerin kültürel miras ve turizm alanlarında sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olabileceğinin altını çizmektedir. Benzer şekilde Pereira Roders ve Van Oers (2011), kültürel miras yönetiminin normatif temellerini inceleyerek kültürel mirasın kentlerin yenilenmesi ve sürdürülebilir kalkınma süreçleriyle güçlü bir bağa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Saner ve diğerleri (2015) çalışmasında az gelişmiş ülkelerin turizm potansiyelini değerlendirmek için bir çerçeve sunmakta ve bu bilgilerin yatırımcılar için de yol göstericiliğini öne sürmektedir. Băndoi ve diğerleri (2020)'nin çalışması turizmin gelişmesinin yaşam kalitesini artırdığını ve sürdürülebilirlik performansının turizm yoğunluğu ile olumlu ilişkili olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, bu ilişkilerin nedenlerini ve sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen kamu politikalarını gelecekte daha detaylı incelemek için bir temel sunmaktadır. Streimikiene ve diğerleri (2021) çalışmasında sürdürülebilir turizm gelişiminin temel zorlukları ele alınmakta, turizm destinasyonlarının sürdürülebilir gelişimi hakkında bazı fikirler verilmektedir.

Son dönemde miras turizminin ekonomik getirilerinin yanı sıra sosyal ve çevresel etkileri üzerine artan bir araştırma eğilimi de bulunmaktadır. Timothy (2014) kültürel mirasın hem sosyal hem de ekonomik kalkınma açısından stratejik bir unsur olduğunu ileri sürmektedir. Jelinčić (2021) çalışmasında miras turizmini değerlendirmeye yönelik sosyo-kültürel, çevresel ve ekonomik göstergeler önermekte; bu göstergeler arasında yerel halkın katılımı, mirasın korunması, ziyaretçi yoğunluğu, hizmet kalitesi ve çevresel etkiler gibi unsurlara dikkat çekmektedir.

Naheed ve Shooshtarian (2022), kültürel miras ile kentsel sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimi inceleyerek disiplinlerarası eğitimin kentsel sorunların çözümünde önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Brooks ve diğerleri (2023), yaptıkları sistematik incelemede miras turizminin sürdürülebilir topluluk gelişimi ile yerel halkın sağlık ve refahı üzerindeki etkilerini bütüncül biçimde değerlendirmiş, önerilerde bulunmuştur. Geçikli ve diğerleri (2024), özellikle kültürel miras ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiye odaklanarak, bu konuları genellikle ayrı ayrı ele alan mevcut literatürdeki bir boşluğu sistematik bir inceleme ile doldurmaktadır. Ottaviani ve diğerleri (2024)'nin çalışması yerel toplulukların kültürel turizm stratejileri aracılığıyla küresel sürdürülebilirlik hedeflerine anlamlı katkılar sunabileceğini, kültürel turizmin, mirasın korunmasına ve geliştirilmesine destek olurken istihdam yaratmak suretiyle ekonomik büyümeyi desteklediğini göstermektedir. Bir başka araştırma, kültürel mirasın turizm stratejilerine doğru şekilde entegre edildiğinde ziyaretçi deneyimlerini ve memnuniyetini artırdığını, kültürel kimliklerin korunmasını desteklediğini ve destinasyonlara belirgin ekonomik faydalar sağladığını göstermektedir. Bulgular, miras koruma ile sürdürülebilir turizm arasında güçlü ve karşılıklı bir ilişki bulunduğunu ortaya koyarak politika ve planlama süreçleri için yol gösterici bilgiler sunmaktadır (Ye vd., 2024).
Literatür incelemesi sonrasında kalkınma kuramları açısından sürdürülebilirlik ve turizm ilişkilerinin gelişimi aşağıdaki tablo aracılığıyla sunulmaktadır.

Tablo 1. Kalkınma Kuramları Bağlamında Sürdürülebilirlik ve Turizm

Kuram	**Kalkınma Anlayışı**	**Turizm Algısı**	**Sonuç**
Modernleşme	Batı modeline benzer, kitlesel tüketim teşvik edilir, sanayileşme takip edilir.	Kalkınmayı tetikleyen hızlandıran sektör	Hızlı büyüme, çevresel/sosyal sorunlar
Bağımlılık	Merkez–çevre eşitsizliği	Bağımlılığı derinleştiren sektör iç dinamikler önemlidir.	Sızıntı, eşitsizlik, kültürel tahribat
Neoliberal	Serbest piyasa, özelleştirme	Küresel Rekabet "görünmez ihracat"	Hızlı ama kontrolsüz büyüme
Alternatif Kalkınma	Sürdürülebilirlik, katılımcılık	Toplum temelli, çevre dostu, yerel katılım, kültürel değerler	Yerel fayda ve sürdürülebilirlik

Kaynak: Çiçek ve Yaşar (2018)'den derlenmiştir.

Tablo yorumlandığında tek başına ekonomik büyümeyi odak nokta kabul eden kuramlar (modernleşme, neoliberal) turizmde sürdürülebilir bir katkı ortaya koymamaktadır. Bağımlılık kuramı çözüm sunmakta sınırlı ve eleştirel kalmaktadır. Kültürel miras turizmi günümüzde, kültürel, tarihsel ve doğal değerlerin korunması ve tanıtılması açısından büyük önem taşıdığı için turizm endüstrisinin temel alanlarından biri haline gelmiştir. Bu turizm türü, kültürel bilgi ve geleneklerin kuşaktan kuşağa aktarılmasını desteklediği gibi, yerel ekonominin güçlenmesine ve istihdamın artmasına da önemli katkılar sağlamaktadır (Weng vd., 2019). Bu nedenle sürdürülebilir, kapsayıcı ve yerel odaklı turizm için alternatif kalkınma yaklaşımının güçlü bir çerçeve sunduğu söylenebilmektedir.
Miras alanlarının yönetimi konusu irdelendiğinde bazı dengesizliklerin olduğu göze çarpmaktadır; bazı destinasyonlar aşırı ziyaretçi baskısı yaşarken bazıları yeterli ilgi görmediği için sürdürülebilirliğini koruyamamaktadır. Bu nedenle mirasın korunması ve yorumlanmasını kapsayan bütüncül bir yönetim yaklaşımı gereklidir.

Kültürel ve yaratıcı stratejiler, mirasın yeniden anlamlandırılmasına ve ziyaretçi deneyimlerinin geliştirilmesine katkı sağlayarak sürdürülebilir deneyimsel turizmi desteklemektedir. Bu adımlar yerel gelişimi de etkilemektedir. Ancak bu sürecin başarılı olabilmesi için düzenli izleme mekanizmalarının kurulması, tutarlı kamu politikalarının oluşturulması, dijitalleşmeden yararlanılması önemlidir. Kültürel turizmin hem finansal sürdürülebilirliğe hem de bölgesel kalkınmaya katkısı, bu alanı miras yöneticileri için giderek daha önemli bir araç hâline getirmektedir (Jelinčić, 2021). Bu noktada kültürel miras alanlarında yaşanan güncel bazı dönüşümlerin Tablo 2' de ele alınması uygun görülmüştür.

Tablo 2. Kültürel Miras Alanında Güncel Dönüşümler

Dönüşüm Alanı	**Açıklama**	**Güncel Örnekler (2015+)**
Dijitalleşme ve Akıllı Teknolojiler	Dijital miras uygulamaları VR/AR, 3D tarama ve dijital arşivleme teknolojileri, Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Genişletilmiş Gerçeklik (XR) (Champion, 2016; Lei vd., 2025).	Louvre VR (2020), Göbeklitepe 3D Tur (2021), British Museum 3D
Sürdürülebilir Turizm Yaklaşımları	Sürdürülebilir turizm, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu taşıma kapasitesi, yerel halk katılımı ve çevresel duyarlılık (Islam vd., 2023).	Kapadokya balon kapasite sınırlaması (2022) İspanya, Benidorm Bangladeş, Boga Gölü
Topluluk Temelli Miras Yönetimi	Yerel halkın karar alma süreçlerine katılması (Islam vd., 2023; Wijesuriya, 2018; Dangi ve Jamal, 2016; Yaman, 2022).	Peru Kuelap yerel yönetim modeli (2018), Safranbolu'da Kültürel Belleğin Aktarımında Zanaatkârlar, Zanaatkârlık atölyeleri
Aşırı Turizm (Overtourism)	Turist yoğunluğunun artması, kültürel doku ve yerel yaşam üzerinde baskı oluşturmaktadır (Milano vd., 2019; Butler ve Dodds, 2022).	Venedik turist vergisi (2024), Machu Picchu günlük 800 kişi kotası, Amsterdam gemi kotası (2026)
İklim Değişikliği ve Risk Yönetimi	İklim değişikliği, kültürel miras ve kaynakların korunması ve muhafazası için ciddi tehditler oluşturmaktadır. (Fatorić ve Seekamp, 2017).	Meke Gölü kuraklık riski
Dijital Katılım ve Yeni Ziyaretçi Profilleri	Sosyal medya ve dijital kullanıcı içerikleri, destinasyon imajının oluşmasında belirleyici hâle gelmiştir (Gretzel, 2018; Femenia-Serra ve Gretzel, 2019).	Kapadokya #cappadocia 20M+ etiket
Hikâyeleştirme (Storytelling) ve Yeniden Yorumlama	Deneyim tasarımı ve hikâyeleştirme, mirasın algılanış biçimini değiştirmektedir (Doyle ve Kelliher, 2023; Campos vd., 2025)	Yaşanmışlık duygusu taşıyan Troya Müzesi tasarımı (2018), Çatalhöyük dijital hikâye projesi (2021)
Dijital Arkeoloji ve Veri Tabanlı Koruma	Yapay zekâ ve uzaktan algılama, kaçak kazıların tespiti ve risk analizi için kullanılmaktadır (Agapiou vd., 2020; Ozendi, 2022).	Pompeii dijital rekonstrüksiyon (2020) Göbeklitepe fotogrametri (2020–23)

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2'de, kültürel miras alanında 2015 sonrası ortaya çıkan güncel dönüşüm dinamikleri bütüncül bir çerçevede ele alınmaktadır. Dijitalleşmeden iklim riskine kadar dijital teknolojiler (VR/AR, 3B modelleme, yapay zekâ) ile sürdürülebilirlik, topluluk temelli yönetim ve aşırı turizm gibi sosyal-ekolojik konuların birlikte değerlendirilmesi, miras yönetiminin artık yalnızca koruma odaklı değil, kapsayıcı, veri odaklı ve deneyim temelli bir yapıya dönüştüğünü göstermektedir. Bu tablo, çağdaş miras çalışmalarının çok disiplinli, teknoloji destekli ve sürdürülebilirlik eksenli yeni dönüşümüne işaret etmektedir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR KÜLTÜREL MİRAS: MEKE GÖLÜ SWOT ANALİZİ

Kültürel mirasın giderek artan ekonomik potansiyeline kaynak teşkil eden destinasyonlar, hizmet ekonomilerinin önemli bir parçası olarak kültürel turizmi geliştirme ve desteklemede önemli bir role sahiptir. Türkiye'de bu bağlamda Meke Gölü hem doğal hem kültürel mirasın sembolü olarak, sürdürülebilir kalkınma politikaları açısından dikkate değer bir vakadır.

Karapınar (Konya) sınırları içerisinde yer alan Meke Gölü, yaklaşık 5 milyon yıl önce gerçekleşen volkanik patlamalar sonucunda oluşmuş maar tipi bir krater gölüdür. 1989 yılında 'doğal sit alanı' ve 1998 yılında 'tabiat anıtı' olarak tescillenen göl, 2005 yılında Ramsar Sözleşmesi kapsamında koruma altına alınmıştır. 2022 yılında ise 'kesin korunacak hassas alan ilan' olarak koruma altına alınmıştır. Halk kültüründe 'Dünyanın Nazar Boncuğu' olarak anılması, gölün hem koruyucu hem de bereket sembolü olarak görülmesinden kaynaklanmaktadır. Kuraklık ve iklim değişikliği nedeniyle büyük ölçüde kuruyan Meke Gölü'nü yeniden canlandırmak amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen Karapınar İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi Projesi önemli bir aşamaya ulaşmıştır. 2021'de yapımına başlanan tesisin ilk etabı tamamlanmış olup şehirden gelen atık sular arıtılmaya başlanmıştır. İkinci etap devreye girdiğinde ileri biyolojik arıtma uygulanacak ve elde edilen temiz su, inşası süren 8,5 km'lik iletim hattı aracılığıyla Meke Gölü'ne taşınacaktır. (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2025).

Adını efsaneleşen tarihsel hikâyesi ve bölgede yaşayan kuşlardan aldığı rivayet edilen Meke Gölü, sahip olduğu farklı miras boyutlarıyla kültürel ve doğal değerlerin bütüncül bir örneğini sunmaktadır (Akmeşe vd., 2023). Jeolojik bir miras açısından bakıldığında maar krateri, volkan konisi ve lav akıntısı yapılarıyla doğa tarihinin benzersiz örneklerinden biridir. Somut olmayan miras boyutunda ise bölgenin 'nazar boncuğu' anlatısı, yerel inanışlar ve halk anlatıları önemli kültürel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Göl aynı zamanda jeolojik estetik miras niteliği taşımakta; fotoğrafçılık, doğa ressamlığı ve belgesel çekimleri için eşsiz bir görsel alan sunmaktadır.

Meke Gölü, kültürel miras turizmi bağlamında sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle önemli ölçüde örtüşmektedir. Bu çalışma kapsamında, kavramsal ve kuramsal çerçevede yapılan araştırma sonucunda Meke Gölü SWOT analizi ile değerlendirilmiştir. Tablo 3'te görüleceği üzere gölün yeniden canlandırılması ve kültürel miras destinasyonu olarak sürdürülebilirliğinin sağlanması için analizin ilgililer için stratejik bir rehber niteliği taşıyabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3. Meke Gölü Swot Analizi

Güçlü yönler (strengths)	**Zayıf yönler (weaknesses)**	**Fırsatlar (opportunities)**	**Tehditler (threats)**
• Jeolojik ve doğal miras değeri yüksek. • 'Dünyanın Nazar Boncuğu' olarak güçlü kültürel kimlik. • Ramsar koruma statüsü ve sit alanı ilanı. •Can suyu projesi: Karapınar İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi • Fotoğraf ve doğa turizmine uygun estetik yapı. • Yerel halkta sahiplenme duygusu.	• Su kaybı ve ekolojik bozulma. • Turizm altyapısının yetersizliği. • Tanıtım eksikliği. • Ziyaretçi farkındalığının düşük olması.	• Sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu politik ortam. • Meke Gölü projesiyle ekolojik restorasyon fırsatı. • Jeoturizme meraklı olan insanları çekme potansiyeli •Kültürel miras turizmine artan ulusal ve uluslararası ilgi. • Yerel istihdam (rehberlik, konaklama, hediyelik eşya, gastronomi) ve kadın girişimciliği potansiyeli. • UNESCO'nun "Kültürel Peyzaj Alanı" olma potansiyeli • Sürdürülebilir turizm markası "Jeoturizm rotaları" ve "Miras Yolu (Heritage Trail)" konsepti yaratma potansiyeli • Üniversitelerle araştırma işbirliği olasılığı.	• İklim değişikliği ve uzun süreli kuraklık. • Yeraltı suyu kullanımının kontrolsüzlüğü. • Plansız turizm baskısı. • Finansal kaynak yetersizliği. • Kültürel erozyon ve otantiklik kaybı riski.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Meke Gölü'nün sürdürülebilir kalkınma bağlamındaki SWOT analizi incelendiğinde, güçlü bir yön olarak gölün doğal ve kültürel miras varlıkları çerçevesinde Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan Hedef 15 Kara Yaşamını Koruma ile doğrudan ilişkili bulunduğu görülmektedir. Buna karşılık, gölün son yıllara kadar canlandırılması konusunda altyapı eksiklikleri zayıf yönler arasında yer almakta olup, bu durum Hedef 11 Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar kapsamında ele alınması gereken temel bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Bölgenin fırsat alanları ise katılımcı kalkınma yaklaşımı ve ekoturizm potansiyeliyle ilişkilidir; bu unsurlar Hedef 8 İnsana Yaraşır İş ve Ekonomik Büyüme ile uyumludur. Öte yandan, iklim krizi ve su yönetimine ilişkin sorunlar bölgenin karşı karşıya olduğu temel tehditler olarak ortaya çıkmakta ve bunlar Hedef 13 İklim Eylemi kapsamında kritik önem taşımaktadır.

Turizm alanında, kültürel mirasın korunması, sürdürülebilir turizm yönetiminin temel bir bileşeni olarak öne çıkmıştır (Ye vd., 2024). Meke Gölü'nün kültürel miras turizmi bakış açısıyla zayıf yönlerinden doğal dengesinin yeniden canlandırılması önemli görünmektedir. Çoklu koruma stratejileri, gölün hem ekolojik hem de jeolojik önemini ortaya koymaktadır. Bu anlamda Karapınar İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi Projesinin tamamlanması, gölün ekosisteminin iyileştirilmesi ve bölgenin sürdürülebilir bir şekilde korunması açısından kritik öneme sahiptir.

Wijesuriya (2018)'e göre kültürel miras koruma, materyalin "orijinal" hâlini korumaya yönelik teknik bir uygulama değil, toplumsal değerler, yerel kimlik, kültürel öncelikler ve değişen koşullar tarafından şekillenen çok paydaşlı sürekli bir karar alma sürecidir. Bu anlayış, sürdürülebilir ve topluluk merkezli miras yönetimi için temel bir çerçeve sunmaktadır. Meke Gölü'ne can suyu olacak olan projeyle ekolojik restorasyon, yerel istihdam ve kadın girişimciliği, üniversitelerle araştırma işbirliği bu anlamda kültürel miras turizmi için önemli bir fırsat olarak görülmelidir. Karapınar potansiyel jeopark alanında yer alan jeolojik bir miras olarak nitelendirilen Meke Gölü'nün korunması ve tanıtılması sürecinde yerel halkın yanı sıra sivil toplum kuruluşları, yerel yönetimler, kamu kurumları ve üniversitelerin sürece aktif biçimde katkı sunması gerekmektedir. Jeoturizm potansiyeli taşıyan gölün dünya örneklerinde olduğu gibi sürdürülebilir biçimde devam edebilmesi ve ziyaretçi çekebilmesi amacıyla etkin bir yönetişim modeliyle yönetilmesi ve finansal kaynaklarının sağlam temellere dayandırılması büyük önem taşımaktadır (Öztürk ve Horasan, 2020).

Dünyanın değer verdiği olağanüstü miras değerlerinin (örneğin, muhteşem doğa manzaraları ve simgesel anıtlar) korunması, toplumun değerleri için bir katkı olarak kabul edilebilmektedir. Ancak miraslar, şimdiki ve gelecek nesiller için içsel değerinin yanı sıra, çeşitli boyutlarıyla sürdürülebilir kalkınmaya önemli bir katkı da sağlayabilir. 'Dünyanın Nazar Boncuğu' olarak güçlü kültürel kimliği olan Meke Gölü'nün bu anlamda kalkınmada bir rol üstlenmesi muhtemeldir.

Meke Gölü'nün sürdürülebilirliği, ekonomik, sosyal, çevresel, kültürel ve yönetsel boyutların bir arada ele alındığı bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir. Ekonomik açıdan, jeoturizm ve ekoturizm odaklı ürün geliştirme çalışmaları yerel istihdamı artırarak bölge ekonomisine doğrudan katkı sağlayabilir. Sosyal boyutta, yerel halkın karar süreçlerine aktif katılımının sağlanması; kadın kooperatifleri ve genç girişimcilik modelleri aracılığıyla toplumsal kapsayıcılığın güçlendirilmesi önem taşımaktadır.

Çevresel sürdürülebilirlik, gölün ekosisteminin "teknik müdahale" ile değil, ekosistem temelli bir yönetim anlayışıyla yeniden canlandırılmasını gerektirir. Atıksu geri kazanım projeleri ve can suyu uygulamalarının bilimsel izleme süreçleriyle desteklenmesi kritik bir gerekliliktir. Kültürel boyutta, Meke'nin tarihsel, estetik ve simgesel değerlerinin güçlendirilmesi; kültürel etkinlikler, eğitim programları ve olası bir UNESCO kültürel peyzaj tescili aracılığıyla bölgenin kimlik bileşenlerinin korunmasına katkı sunabilir.

Yönetsel açıdan, çok aktörlü bir yönetişim yapısının oluşturulması ve su yönetimi, turizm planlaması ve doğal miras koruma süreçlerinin kurumlar arası koordinasyonla yürütülmesi gerekmektedir. Meke Gölü'nün Kapadokya ve Tuz Gölü gibi bölgesel turizm çekim merkezleriyle bütünleştirileceği jeoturizm rotaları, sürdürülebilir turizm çeşitliliğini destekleyebilir. Eğitim ve farkındalık çalışmaları, yerel okullarda çevre-miras bilinci programları ve üniversiteler tarafından yürütülecek sürdürülebilirlik göstergeleri izlemleriyle güçlendirilmelidir. Son olarak, bölgeye ilişkin tüm koruma ve planlama kararlarının güncel veri, akademik araştırmalar ve izleme çıktılarıyla desteklenmesi, uzun vadeli sürdürülebilirliğin temel koşulu olarak görülmelidir.

KAYNAKÇA

Adie, B. A. (2024). Cultural Heritage Tourism: A Future for Sustainable Development?. *The Wiley Blackwell Companion to Tourism*, 417-427.

Akmeşe, K. A., Karaman, H., & Burak, Y. (2023). Meke Gölü ve turizm potansiyeli. *Türkiye'de Göl Turizmi Potansiyeli-Gezi Rehberi-I*, 51.

Agapiou, A., Lysandrou, V., & Hadjimitsis, D. G. (2020). Earth observation contribution to cultural heritage disaster risk management: Case study of Eastern Mediterranean open air archaeological monuments and sites. *Remote Sensing*, *12*(8), 1330.

Băndoi, A., Jianu, E., Enescu, M., Axinte, G., Tudor, S., & Firoiu, D. (2020). The relationship between development of tourism, quality of life and sustainable performance in EU countries. Sustainability, 12(4), 1628.

Baytok, A., Pelit, E., & Soybalı, H. H. (2017). Alternatif turizm mi turizmde çeşitlilik mi? Kavramsal bir değerlendirme. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1-14.

BM Türkiye (Kasım, 2025). https://turkiye.un.org/tr/sdgs adresinden alındı.

Bonet, L. (2013). Heritage tourism. In *Handbook on the economics of cultural heritage* (pp. 386-401). Edward Elgar Publishing.

Brooks, C., Waterton, E., Saul, H., & Renzaho, A. (2023). Exploring the relationships between heritage tourism, sustainable community development and host communities' health and wellbeing: A systematic review. *PloS one*, *18*(3), e0282319.

Brundtland, G. H. (1987). Our common future world commission on environment and developement.

Butler, R. W., & Dodds, R. (2022). Overcoming overtourism: a review of failure. *Tourism Review*, *77*(1), 35-53.

Campos, A. C., Guerreiro, M. M., & Beevor, M. C. (2025). Storytelling in heritage tourism: an exploration of co-creative experiences from a tourist perspective. *Museum Management and Curatorship*, *40*(2), 225-250.

Champion, E. (2016). *Critical gaming: Interactive history and virtual heritage*. Routledge.

Cole, S. (2006). Cultural tourism, community participation and empowerment. *Cultural tourism in a changing world: Politics, participation and (re) presentation*, *7*.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB, Kasım 2025). https://csb.gov.tr/bakan-kurum-nazar-boncugumuz-meke-golu-can-suyuna-kavusuyor-bakanlik-faaliyetleri-40520 adresinden alındı.

Çiçek, D., & Yaşar, S. (2018). Kalkınma Kuramları ve Turizmin Gelişimi (Development Theories and Tourism Development). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, *6*(4), 993-1015.

Dangi, T. B., & Jamal, T. (2016). An integrated approach to "sustainable community-based tourism". *Sustainability*, *8*(5), 475.

Diker, O. (2024). Kültürel miras ile kültürel miras turizmi kavramlari üzerine kavramsal bir çalişma. *The Journal of Academic Social Science*, *30*(30), 365-374.

Doyle, J., & Kelliher, F. (2023). Bringing the past to life: Co-creating tourism experiences in historic house tourist attractions. *Tourism Management*, *94*, 104656.

Fatorić, S., & Seekamp, E. (2017). Are cultural heritage and resources threatened by climate change? A systematic literature review. *Climatic change*, *142*(1), 227-254.

Femenia-Serra, F., & Gretzel, U. (2019). Influencer marketing for tourism destinations: Lessons from a mature destination. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2020: Proceedings of the International Conference in Surrey, United Kingdom, January 08–10, 2020* (pp. 65-78). Cham: Springer International Publishing.

Geçikli, R. M., Turan, O., Lachytová, L., Dağlı, E., Kasalak, M. A., Uğur, S. B., & Guven, Y. (2024). Cultural heritage tourism and sustainability: A bibliometric analysis. *Sustainability*, *16*(15), 6424.

Gretzel, U. (2019). The role of social media in creating and addressing overtourism. *De Gruyter studies in tourism*, *1*, 62-75.

Islam, M. S., Lovelock, B., & Coetzee, W. J. (2023). Liberating sustainability indicators: developing and implementing a community-operated tourism sustainability indicator system in Boga Lake, Bangladesh. *Journal of sustainable tourism*, *31*(7), 1651-1671.

Jelinčić, D. A. (2021). Indicators for Cultural and Creative Industries' Impact Assessment on Cultural Heritage and Tourism. *Sustainability*, *13*(14), 7732. https://doi.org/10.3390/su13147732

Joshi, M. P. V. (2012). Planning Cultural-Heritage Tourism for Sustainable Development.

Lei, Y., Bruno, N., & Roncella, R. (2025). A Data-driven Information Modelling Approach for Cultural Heritage. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *48*, 813-820.

León-Gómez, A., Ruiz-Palomo, D., Fernández-Gámez, M. A., & García-Revilla, M. R. (2021). Sustainable tourism development and economic growth: Bibliometric review and analysis. *Sustainability*, *13*(4), 2270.

Liu, Z. (2003). Sustainable tourism development: A critique. *Journal of sustainable tourism*, *11*(6), 459-475.

Loulanski, T., & Loulanski, V. (2011). The sustainable integration of cultural heritage and tourism: A meta-study. *Journal of sustainable tourism*, *19*(7), 837-862.

Lu, J., & Nepal, S. K. (2009). Sustainable tourism research: An analysis of papers published in the Journal of Sustainable Tourism. *Journal of sustainable Tourism*, *17*(1), 5-16.

McKercher, B., & Du Cros, H. (2002). *Cultural tourism: The partnership between tourism and cultural heritage management*. Routledge.

Milano, C., Novelli, M., & Cheer, J. M. (2019). Overtourism and degrowth: A social movements perspective. *Journal of sustainable tourism*, *27*(12), 1857-1875.

Naheed, S., & Shooshtarian, S. (2022). The role of cultural heritage in promoting urban sustainability: A brief review. *Land*, *11*(9), 1508.

Pereira Roders, A., & Van Oers, R. (2011). Bridging cultural heritage and sustainable development. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, *1*(1), 5-14.

Postma, A., Cavagnaro, E., & Spruyt, E. (2017). Sustainable tourism 2040. *Journal of Tourism Futures*, *3*(1), 13-22.

Richards, G. (2001). The market for cultural attractions. *Cultural attractions and European tourism*, 31-53.

Saner, R., Yiu, L., & Filadoro, M. (2015). Tourism development in least developed countries: Challenges and opportunities. *Handbook of research on global hospitality and tourism management*, 229-255.

Streimikiene, D., Svagzdiene, B., Jasinskas, E. ve Simanavicius, A. (2021). Sürdürülebilir turizm gelişimi ve rekabet gücü: Sistematik literatür taraması. *Sürdürülebilir kalkınma* , *29* (1), 259-271.

Ottaviani, D., De Luca, C., & Åberg, H. E. (2024). Achieving the SDGs through cultural tourism: evidence from practice in the TExTOUR project. *European Journal of Cultural Management and Policy*, *14*, 12238.

Ozendi M (2022). Kültür varlıklarının yersel lazer tarama yöntemi ile dijital dokümantasyonu: Zonguldak Uzun Mehmet Anıtı örneği. Geomatik, 7(2), 139-148.

Öztürk, A., & Horasan, B. Y. (2020). Dünyada karstik jeopark turizmi ve jeopark öneri alanı: Karapınar (Konya-Türkiye). *Konya Journal of Engineering Sciences*, *8*(4), 876-888.

Timothy, D. J. (2014). Contemporary cultural heritage and tourism: Development issues and emerging trends. *Public Archaeology*, *13*(1-3), 30-47.

Uğur, N. G., & Akbıyık, A. (2020). Impacts of COVID-19 on global tourism industry: A cross-regional comparison. *Tourism management perspectives*, *36*, 100744.

UN Tourism (Kasım, 2025). *Sustainable development.* https://www.untourism.int/sustainable-development. adresinden alındı.

UNESCO (Kasım, 2025). https://whc.unesco.org/en/culture2030indicators/ adresinden alındı.

UNESCO (Kasım, 2025). https://whc.unesco.org/en/conventiontext adresinden alındı.

Weng, L., He, B. J., Liu, L., Li, C., & Zhang, X. (2019). Sustainability assessment of cultural heritage tourism: Case study of pingyao ancient city in China. *Sustainability*, *11*(5), 1392.

Wijesuriya, G. (2018). Living heritage. *Sharing conservation decisions: Current issues and future strategies*, 43-56.

WTO (2001). *Cultural Heritage and Tourism Development (English version)* adresinden alındı.

Yaman, F. S. (2022). Kültürel belleğin aktarımında zanaatkârlar: Safranbolu örneği. *İçtimaiyat Sosyal Bilimler Dergisi,* 6(2), 538- 554.

Ye, J., Qin, Y., & Wu, H. (2024). Cultural heritage and sustainable tourism: unveiling the positive correlations and economic impacts. *Current Psychology*, *43*(47), 36393-36415.

KONYA İLİNDE TARIMIN MEVCUT DURUMU VE GELİŞİMİ: KARAPINAR İLÇESİ ÖRNEĞİ

Öğr. Gör. Dr. Ahmet Mesut BÜYÜKSARIKULAK
Selçuk Üniversitesi
ORCID: 0000-0001 8729-9612

Dr. Öğr. Üyesi Seher SULUK
Adıyaman Üniversitesi
ORCID: 0000-0002-3253-1098

ÖZET
Ekonomide var olan sektörlerden ilki ve en eskisi tarım sektörüdür. Zamanla tarımın ülke ekonomileri içinde ağırlığı azalsa da önemini hâlâ koruduğu açıktır. Bu önem özellikle pandemi, savaş, doğal afetler gibi özellikle tedarik zincirini etkileyen dönemlerde ve olaylarda daha da belirgin hale gelmektedir. Tarım sektörü gıda arzını kontrol etmede, sanayiye belirli ölçüde hammadde sağlamada, istihdam yaratmada ve ihracatı desteklemede ülke ekonomilerine önemli katkılar sağlamaktadır. Tarihsel süreç içerisinde tarımın ilk gerçekleştiği yerlerden biri olarak kabul edilen Konya ili, günümüzde de tarımın önemli bir merkezi konumundadır. Konya ilinin birçok bölgesinde çok sayıda ürün üretilebilmekte ve bu ürünlere zamanla yenileri eklenmektedir. Karapınar ilçesi de Konya ilinin önemli tarımsal bölgelerinden biridir ve Konya ilinin ve Türkiye'nin tarımsal üretimine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Konya ilinin Türkiye tarımındaki yerini tespit ederek; Karapınar'ın Konya tarımı içindeki payını ve önemini tablo ve grafikler yardımıyla incelemektir. Bu amaçla ikincil veri kaynaklardan yararlanarak güncel veriler kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yıllar itibarıyla dalgalı bir seyir gösterse de tarım Karapınar ilçesinde gelişmiştir. Karapınar'ın mevcut tarım alanlarının oldukça büyük bir kısmının tarla bitkilerinin üretimine ayrıldığı görülmektedir. Bu tarım alanlarında çoğunlukla şeker pancarı, yonca (yeşil ot), mısır (silaj) ve mısır (dane), buğday ve arpa üretilmektedir. Tarım ürünlerine ilaveten küçükbaş hayvan sayısında ve süt üretiminde Konya içinde hatırı sayılır bir paya sahip olup ilk sırada gelmektedir. Tarımın devamlılığı için gerekli olan tarımsal desteklerin de önemli miktarda gerçekleştiği Konya ve Karapınar ilçesi için en önemli sorunu olarak son yıllarda düşen yağış miktarlarındaki azalma ile artan sıcaklık sonucunda oluşan kuraklıktır. Bu sorunun çözümü için su yönetim stratejilerinin oluşturulması gerektiği düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Tarım Sektörü, Konya İli, Karapınar İlçesi.

THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN KONYA PROVINCE: THE CASE OF KARAPINAR DISTRICT

ABSTRACT
The agricultural sector is the first and oldest of the existing sectors in the economy. Although the weight of agriculture in national economies has decreased over time, it is clear that it still maintains its importance. This importance becomes even more evident during periods and events that particularly affect the supply chain, such as pandemics, wars, and natural disasters. The agricultural sector makes significant contributions to national economies by controlling the food supply, providing a certain amount of raw materials for industry, creating employment, and supporting exports.

Konya province, which is considered one of the places where agriculture first took place in the historical process, is still a significant center of agriculture today. Numerous products can be produced in many regions of Konya province and new products are added to these products over time. The Karapınar district is also one of the important agricultural regions of Konya province and contributes significantly to the agricultural production of Konya province and Turkey. The aim of this study is to determine the place of Konya province in Turkey's agriculture and to examine the share and importance of Karapınar in Konya's agriculture with the help of tables and graphs. For this purpose, up-to-date data were used by utilizing secondary data sources. According to the results obtained from the study, agriculture has developed in Karapınar district although it has shown a fluctuating course over the years. It is seen that a large part of Karapınar's existing agricultural lands are devoted to the production of field crops. In these agricultural areas, the main crops produced are sugar beet, alfalfa (green grass), silage corn, grain corn, wheat, and barley. In addition to agricultural products, it has a considerable share in the number of small cattle and milk production in Konya, ranking first. The most important problem for Konya and Karapınar district, where agricultural supports necessary for the continuity of agriculture are provided in significant amounts, is the drought that has occurred as a result of the decrease in rainfall and the increasing temperatures in recent years. It is thought that water management strategies should be established to solve this problem.
Keywords: Agricultural Sector, Konya Province, Karapınar District.

GİRİŞ

Temel ihtiyaçların karşılanması için üretimin yapıldığı tarım kısaca toprağın işlenmesi olarak tanımlanabilir (Merdan, 2024: 48; Aifa, 2024: 5463). Tarım, bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi, verimliliklerinin artırılması, yetiştirilmesi, değerlendirilmesi ve ticaretini kapsayan bir süreçtir (Öztürk, 2025: 2). Tarım, birçok ülkede sosyo-ekonomik kalkınmaya katkıda bulunmada önemli bir rol oynamaktadır. Kırsal kesimdeki insanların büyük bir kısmı için tarım temel istihdam, geçim kaynağı ve gıda güvenliği kaynağıdır (Nyamekye vd., 2021: 1297). Nitekim tarım sektörü sadece gıda üretimiyle sınırlı değildir; aynı zamanda istihdam, sanayiye hammadde ve dış ticaret dengesine katkı sağlama gibi pek çok alanda önemli bir rol oynamaktadır. Tarım sektörünün etkili olduğu alanlardan biri de ekonomik büyümedir. Tarım sektörünün ekonomik açıdan taşıdığı önem temel gıda ve istihdam ihtiyacını karşılamak ve sanayi ve hizmet gibi diğer sektörlere gıda ve hammadde sağlamaktadır. Ayrıca sanayi mallarının hammaddesini sağlayan tarım sektörü, ülkenin ihtiyaç duyduğu döviz girişine katkı sunmakta ve yatırımlardan tasarruf sağlayarak dış ticaret dengesini olumlu yönde etkilemektedir. Bu durum da tarım sektörü iş gücü, beslenme, sanayi, GSYH ve dış ticaret gibi birçok alanda ekonomiye katkılar sağlamaktadır (Elmalı, 2025: 22; Afriyanti, 2023: 168). Ayrıca insanlar yaşamlarını sürdürmek için gıdaya ve endüstrilerinde hammadde olarak tarım ürünlerine ihtiyaç duydukları sürece tarım sektörü kritik bir rol oynamaya devam edecektir (Mahyuddin vd., 2021: 1). Ancak tarımsal üretim büyük ölçüde doğal koşullara bağlı olduğundan çeşitli risk ve belirsizlikler barındırmaktadır. Tarımsal üretimin mevsimsel olması ve maliyetlerin doğal koşullara göre değişkenlik göstermesi, tarım sektöründe üretime dayalı sorunların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Merdan, 2024: 48). Tarım iklim değişikliği, biyoçeşitlilik kaybı, doğal risk ve afetler, sağlık güvenliği, yaşlanan çiftçiler, enerji arzı, altyapı güvenliği, sınırlı kaynaklar, artan nüfus sebebiyle artan gıda talebi gibi çeşitli tehdit ve risklerle de karşı karşıyadır (Yue vd., 2023: 80). Bununla birlikte küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan kuraklık tarım sektörü üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Özdemir ve Çakır, 2009: 127).

Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer alan Konya'nın yüz ölçümü, 38.873 km^2'dir ve 2024 yılı itibarıyla nüfusu 2.330.024'tür. 1989 yılında büyükşehir statüsüne sahip olmuştur (https://www.konyadayatirim.gov.tr; TÜİK, 2025a). Konya ilinin önde gelen sektörleri arasında makine imalatı, otomotiv yan sanayi, ana metal, tarım alet ve makineleri imalatı, gıda sanayi, ayakkabıcılık ve araç üstü ekipmanlardır (https://www.konyadayatirim.gov.tr). Konya ili Türkiye tarımında da önemli bir yere sahiptir. Nitekim Konya'nın ekonomisi tarıma ve özellikle buğday tarımına dayanmaktadır. Nüfusun önemli bir bölümü tarım, hayvancılık, balıkçılık, avcılık ve ormancılık gibi faaliyetlerle uğraşmaktadır. Topraklarının %46'sının tarıma elverişli olan Konya ilinin tarımda öne çıkan ürünleri buğday, arpa, şeker pancarı, ayçiçeği ve dane mısırdır (Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2024: 16). Konya ili içinde ise Karapınar ilçesi tarımsal faaliyetlerde öne çıkan bölgelerden biridir. M.Ö. 3000-200 yıllarında Proto Hititler tarafından yerleşme merkezi olarak seçilmiş olan Karapınar ilçesi, Konya ilinin 31 ilçesinden biridir. Karapınar'ın yüz ölçümü 2.747 km^2'dir ve Konya'yı doğuya bağlayan önemli, işlek bir kara yolunun üzerinde yer almaktadır. Karapınar ilçesi yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı şeklinde tipik bir kara iklimine sahiptir (https://www.karapinar.bel.tr; http://www.konya.gov.tr).

Bu çalışmanın temel amacı, ikincil veri kaynakları kullanarak Konya ilinde tarımın mevcut durumu ve gelişimini Karapınar ilçesi örneğinde tablo ve grafikler yardımıyla incelemektir. Konya'da tarım sektöründe öncü ilçelerinden biri olan Karapınar ilçesi için daha önce böyle bir araştırmanın yapılmamış olması, çalışmanın önemini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışma şu şekilde yapılandırılmıştır: Girişten sonraki bölümde literatür taraması yapılacaktır. Daha sonra Karapınar ilçesinde tarım sektörünün durumu değerlendirilecektir. Sonuç bölümüyle ise çalışma tamamlanacaktır.

LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde tarım sektörünü ele alan birçok çalışma mevcuttur. Daha önce konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; Doğan (2009) ekonomik gelişme sürecine tarım sektörünün yaptığı katkıları Türkiye için incelemiştir. Çalışma sonucunda, ekonomik gelişme sürecinde tarımsal üretim hacmi miktarı ve tarımdan elde edilen gelir artmasına rağmen, tarım gelirinin ulusal gelir içindeki nispi payı azalmaktadır. Türkiye'nin toplam ihracatı sürekli artarken, tarım ürünleri ihracatında dalgalı bir seyir izlediği belirtilmiştir.

Uzundumlu (2012) tarım sektörünün Türkiye ekonomisine katkısını TÜİK verilerinden yararlanarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, köyden kente artan göç hareketi nedeniyle istihdam üzerinde olumsuz etki ettiği belirtilmiştir. Ayrıca hem hayvansal hem de bitkisel üretimde istenen verimlilik düzeyine ulaşılmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte GSYH içindeki payı yıllar itibarıyla gittikçe azaldığı ve son yıllarda tarım sektörünün ihracat ve ithalat içindeki payında düşüş gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yılmaz ve Semerci (2012) Isparta ilinin tarımsal yapısını tablolar yardımıyla incelemişlerdir. Yağlık gül üretiminin yanı sıra elma ve kiraz yetiştiriciliği Isparta ilinin tarımsal gelirinde önemli katkısı bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ilin mevcut potansiyelinin istenilen seviyede değerlendirilemediği belirtilmiştir.

Azam ve Shafique (2017) Pakistan tarımını ve ekonomi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ayrıca tarımsal zorluklar ve olası çözümlerini de incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, Pakistan'ın sınırlı su, kötü yönetim ve doğal afetler gibi bazı tarımsal sorunlarının olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla bu sorunlar sebebiyle Pakistan'ın ekonomik büyümesinde dalgalanmalar olduğunu ve ekonomik büyümesinin yavaşlayacağı sonucuna varılmıştır.

Kılınç ve Şahbaz Kılınç (2021) tarımsal üretim ile kişi başına GSYH arasındaki ilişkiyi 2009-2017 dönemini baz alarak Düzey-2 bölgeleri için araştırmışlardır.

Analiz kapsamında havuzlanmış en küçük kareler, sabit etkiler ve rassal etkiler yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, tarımsal üretim değeri, elektrik tüketimi ve eğitim düzeyi arttıkça kişi başına GSYH de artmaktadır.

Mahyuddin vd. (2021) 2012-2016 yılları arasında konum katsayısı, değişim payı ve klassen tipolojisi yöntemlerini kullanarak Gowa Regency ve Güney Sulawesi eyaletinin bölgesel kalkınmasında tarım sektörünü incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörünün Gowa Regency'de temel sektörlerden biri olduğu ancak her yıl yavaşlayan büyüme oranı nedeniyle gelişmiş ancak durgun bir sektör olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Nyamekye vd. (2021) tarım sektörünün ekonomik büyüme üzerindeki etkisini regresyon ve Johansen eşbütünleşme yöntemlerini kullanarak ve 1984-2018 dönemini ele alarak Gana için incelemişlerdir. Elde edilen bulgulara göre, toplam GSYH ile tarımsal üretim arasında uzun vadeli bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, tarımsal üretim ülkenin genel GSYH büyümesi üzerinde önemli ölçüde pozitif bir etki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sanayi ve hizmet sektörü de genel GSYH büyümesine pozitif etkide bulunduğu belirtilmiştir.

Rajagukguk (2021) Endonezya'da tarım sektörü ile bölgesel ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. 2001-2008 yıllarını kapsayan çalışmada rastgele etkilere sahip genelleştirilmiş en küçük kareler çoklu regresyon kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Endonezya eyaletlerinin GSYH'sının her yıl arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Afriyanti vd. (2023) tarım sektörünün ekonomik büyüme üzerindeki rolünü Endonezya bağlamında inceledikleri çalışmalarında, tarım sektörünün bölgesel ekonomi de dâhil olmak üzere ulusal ekonominin gelişmesinde önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Chowhan vd. (2023) tarım sektörünün Bangladeş'in GSYH'ye etkisini incelemişlerdir. Buna göre, 2010-2021 dönemi arasında cari ve sabit fiyatlarla tarımın GSYH'ye katkısı azalan bir eğilim gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşın, sanayi sektörü yükseliş eğilimi gösterirken hizmetler sektörü ise istikrarlı bir eğilim gösterdiği belirtilmiştir.

Yaman (2024) TR61 bölgesinin tarımsal potansiyeli ve mevcut durumunu karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, bölgenin kalkınmasında tarımın önemli katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bölgenin, tahıl, sebze ve meyve üretimi, organik tarım uygulamaları, örtü altı tarımı, bitkisel ve hayvansal üretim gibi pek çok alanda öne çıktığı belirtilmiştir. Aynı zamanda bölge, tarım alet ve makineleri, tarımsal yatırımlar, sektörel ihracat ve gıda, kozmetik ve gül endüstrisi gibi pek çok öncü sektör açısından da dikkat çektiği sonucuna varılmıştır. Mevcut potansiyelin etkin bir şekilde değerlendirilmediği de belirtilmiştir.

Elmalı (2025) tarım sektörünün Türkiye ekonomisine olan katkısını mekânsal ekonometrik modeller yardımıyla incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre, kişi başı GSYH'nin tarım dışı istihdam, tarım içi istihdam ve üretim miktarıyla pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Tarım alanı değişkeni ile ekonomik büyüme arasında ise ters yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bununla birlikte bölge komşuluğunu temsil eden değişkenler ele alındığında kişi başı GSYH'nin sadece tarım dışı istihdam değişkeniyle ters yönde anlamlı bir ilişki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

KARAPINAR İLÇESİNDE TARIM SEKTÖRÜNÜN DURUMU

Bu bölümde Konya ilinin Türkiye tarımındaki konumu ve Karapınar ilçesinde tarım sektörünün durumu incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, tablo ve grafikler oluşturulmuş ve güncel ikincil verilere dayandırılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, her yıl yayımlanan Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ve Konya Ticaret Odası tarafından yayımlanan Konya Ekonomik Raporu'ndan elde edilmiştir.

Konya yüz ölçümü bakımından Türkiye'nin en büyük ilidir ve Türkiye'nin %5,24'ünü oluşturmaktadır. Bu doğrultuda tarımsal alan bakımından da ülkemizde birinci sırada yer alan Konya, Türkiye'deki toplam tarımsal alanın %7,84'üne ev sahipliği yapmaktadır. Konya'daki mevcut tarımsal alanın 2024 yılında %80,54 gibi büyük bir kısmı tarla ve diğer tarımsal bitkilerine ayrıldığı görülmektedir. Türkiye içinde tarla bitkileri ziraatının payı ise %9,03'tür. Konya ilinin tarım arazisi kullanım durumu ve Türkiye içindeki payı Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Tarım Arazilerinin Kullanım Durumu (ha), 2024

	Toplam Tarımsal Alanı	**Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler**	**Nadas**	**Sebze Bahçeleri**	**Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkileri**	**Süs Bitkileri**
Konya	1.882.592	1.516.395	280.431	40.713	45.006	48
Türkiye	24.002.092	16.799.093	2.655.434	740.686	3.800.980	5.889
Türkiye (%)	7,84	9,03	10,56	5,50	1,18	0,81
Konya (%)	100	80,54	14,89	2,16	2,39	0,003
Türkiye Sıralaması	1	1	1	2	28	15

Kaynak: Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Konya Tarımı, 2024.

Tarımın başkenti olarak ifade edilebilecek olan Konya ülkenin önemli tarımsal üretim, ticaret ve istihdam merkezlerinden biridir. Son yıllarda Türkiye'deki toplam tarımsal üretimin yaklaşık %6'sı Konya'da gerçekleştirilmektedir. 2022 yılı itibarıyla Türkiye'deki toplam tarımsal GSYH ve önde gelen illerin aldıkları pay Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Faaliyetleri Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla Miktarları (Bin TL), 2022

	Tarımsal GSYH
Türkiye	972.301.593
Konya	60.368.593
Antalya	42.893.942
İzmir	42.249.991
Şanlıurfa	40.524.003
Mersin	37.354.880
Konya/TR	6,21

Kaynak: Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Konya Tarımı İstatistikleri, 2023.

Türk tarımında oldukça önemli bir yer tutan Konya'da çok sayıda tarımsal ürün yetiştirildiği görülmektedir. Yetiştirilen ürünlerden bazıları, üretimdeki değişme ve üretim miktarının Türkiye içindeki payı Tablo 3'te gösterilmektedir. Önemli tarımsal ürünlerden şeker pancarı, buğday, arpa üretimi bir önceki yıla göre düşüş göstermiş olmasına rağmen Türkiye içinde önemli oranlarda üretim gerçekleştirilmiştir ve açık ara öndedir. Tahıllar üretiminde meydana gelen bu düşüşün temel sebebi yağış miktarının az olmasıdır (Konya Ticaret Odası, 2024). Üretimi önemli miktarda artan ürünler ise fasulye (kuru), ayçiçeği (çerezlik), yeşil mercimek ve patatestir. Sebzelere baktığımızda ise havuç ve şalgamın üretiminde bir önceki yıla göre ciddi artış yaşanmıştır ve bu iki üründe 2024 yılında Türkiye içinde önemli bir pay elde edilmiştir.

Konya'nın yüz ölçümünün oldukça büyük olması ve ekolojik olarak çeşitli alanlara sahip olması sebebiyle çok sayıda meyve üretiminin gerçekleşebilmesi mümkün olmaktadır (Konya Ticaret Odası, 2024). Meyveler ve süs bitkileri arasında lale üretiminin büyük bir kısmı Konya'da gerçekleşmiştir. Bunun dışında kiraz, çilek, böğürtlen ve anason üretimi artan ürünler iken; kurutmalık üzüm ve vişne üretimi azalış göstermesine rağmen Konya Türkiye içinde ilk sıralarda yer almaktadır.

Tablo 3. Konya'da Üretilen Bazı Tarımsal Ürünler, 2023-2024

Türü	Ürün Adı	Konya Üretim (Ton)		Üretimdeki Değişim (%)	Konya/Türkiye (%)		Ülke Sıralaması
		2023	2024	2023/2024	2023	2024	
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	Şeker Pancarı	7.659.563	6.971.829	-9,0	32,6	30,3	1
	Buğday	2.239.936	1.824.540	-18,5	10,2	8,8	1
	Mısır	2.043.903	2.011.729	-1,6	22,7	24,8	1
	Arpa	1.393.244	891.907	-36,0	15,1	11,0	1
	Macar Fiğ	342.056	251.068	-26,6	32,5	29,6	1
	Fasulye (Kuru)	31.743	55.545	75	13,2	19,9	1
	Ayçiçeği (Çerezlik)	49.697	76.297	53,5	20,9	22,4	1
	Yonca	1.658.391	1.400.258	-15,6	9,1	8,0	2
	Mısır (Silaj)	2.418.525	2.448.857	1,3	8,4	9,0	2
	Kanola	27.708	17.637	-36,3	23,1	17,4	2
	Yeşil Mercimek	11.829	22.059	86,5	23,7	31,0	2
	Patates	462.545	753.717	62,9	8,1	10,9	3
	Ayçiçeği (Yağlık)	165.285	191.936	16,1	8,4	10,3	3
	Nohut	46.757	50.571	8,2	8,1	8,7	3
Sebzeler	Havuç	522.410	638.800	22,3	67,2	71,6	1
	Şalgam	108	930	761,1	4,5	30,4	1
	Lahana	19.423	18.703	-3,7	8,3	9,2	2
	Nane	1.670	2.192	31,3	6,4	8,3	2
	Turp (Kırmızı)	4.405	4.520	2,6	2,7	2,7	3
	Kabak (Çerezlik)	5.559	7.544	35,7	9,4	10,6	3
Meyveler ve Süs Bitkileri	Lale (Adet)	4.015.000	4.015.000	0,0	89,5	93,0	1
	Kiraz	58.680	60.244	2,7	8,0	8,2	2
	Kurutmalık Üzüm	50.172	42.623	-15,0	15,6	13,4	2
	Vişne	30.870	28.090	-9,0	14,6	13,5	3
	Çilek	66.908	80.192	19,9	9,9	13,2	3
	Elma (Amasya)	6.294	6.255	0,6	2,6	2,6	3
	Böğürtlen	14	203	1.350,0	0,4	5,0	3
	Kimyon	2.990	3.129	4,6	26,0	18,3	3
	Anason	447	1.106	147,4	9,9	21,3	3

Kaynak: Konya Ticaret Odası, Konya Ekonomik Raporu, 2024.

Konya hayvansal üretim konusunda da oldukça ileridedir. Yüz ölçümünün geniş olması hayvancılığın yapılabilmesi için gerekli mera alanlarının varlığını sağlamaktadır. Ayrıca geniş tarım alanlarında gerçekleştirilen tarımsal üretimle hayvancılık için gerekli olan yem bitkilerinin üretimi gerçekleştirilmektedir. Konya büyükbaş hayvan sayısında birinci, küçükbaş hayvan sayısında ikinci ve yumurta tavuğu sayısında ise üçüncü sırada yer almaktadır. Tablo 4'te genel hayvan sayıları gösterilmektedir. Buna göre büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısında artış görülmektedir ve her iki hayvan türünde de Türkiye içindeki payı uzun yıllardır %5,1 ile %5,8 arasında değişkenlik göstermektedir. Yumurta tavuğu sayısında ise azalma görülmüş, Türkiye içindeki payı %9,36'dan %6,64'e düşmüştür. Bu azalmanın en büyük nedeni üretim maliyetinin önemli bir kısmını oluşturan yem giderlerinin döviz kurunda meydana gelen artış sebebiyle fiyatının önemli miktarda artmasıdır. Ayrıca ülke içinde yaşanmış olan kuraklık yerli yem üretimini de olumsuz etkilemiştir (Konya Ticaret Odası, 2024). Hayvansal üretimin önemli bir alt dalı olarak kabul edilen arıcılıkta ise Konya'nın çok fazla bir ağırlığı söz konusu olmayıp, Türkiye içinde bal üretiminde 27., kovan varlığı ve arıcılık yapan işletme sayısında 19. sırada yer almaktadır. 2024 yılında toplam kovan sayısında önemli bir değişiklik söz konusu değilken, işletme sayısı %12 artmış; ancak bal üretimi %27,2 azalış göstermiştir.

Tablo 4. Konya Hayvancılık İstatistikleri, 2023-2024

	Türkiye	**Konya**	**Türkiye**	**Konya**
	2023	**2023**	**2024**	**2024**
Büyükbaş	16.583.005	928.335	16.986.259	944.838
Küçükbaş	52.363.410	3.059.048	54.902.668	3.203.620
Yumurta Tavuğu	114.476.843	10.702.230	109.100.202	7.253.446
Arıcılık İşletme	100.3391	1.659	97.984	1.733
Toplam Kovan	9.224.881	136.504	8.900.000	129.021
Bal Üretimi (Ton)	114.886	963	95.432	884

Kaynak: Konya Ticaret Odası, Konya Ekonomik Raporu, 2024.

Tarımsal üretimin sürdürülebilir bir şekilde devamlılığının sağlanabilmesi için sulama imkânlarının gelişmiş olması gerekmektedir. Konya önemli büyüklükte tarımsal alana ve birçok tarım ürününde önemli miktarda üretime sahip olmasına rağmen sulama imkânlarının sınırlı olması gelecek üretimi önemli ölçüde tehdit etmektedir. Bu durumun sosyal ve ekonomik sonuçlarının da olması kaçınılmazdır. Konya'daki yağış miktarı ortalama olarak yıllık 338 mm (kg/m^2) olup Türkiye'nin en fakir bölgesidir. Özellikle 2024 tarım yılı yağışları uzun yıllar ortalamasının %16, bir önceki yıla göre ise %28 daha az gerçekleşmiştir. Ayrıca aralık ayında ortalama sıcaklık 6,1°C olarak gerçekleşerek uzun yıllar ortalamasının 1,3°C üzerinde seyretmesi mevcut su kaynaklarında sıkıntılar yaratmaktadır. Mevcut sulanan alanların yaklaşık %60'ı yer altı sularından karşılanmakta olup, bu durum yer altındaki suların ortalama her yıl 2-3 metre düşmesine sebep olmaktadır (Konya Ticaret Odası, 2024).

Bitkisel üretime Konya'nın ilçeleri bazında bakıldığında Çumra, Altınekin, Karapınar, Karatay, Meram, Ereğli, Akşehir, Kulu ve Cihanbeyli'nin ön plana çıktığı görülmektedir (Konya Ticaret Odası, 2024).

Karapınar Konya merkeze 102 km mesafede yer almakta olup nüfusu 51.166'dır. Tarımın önemli bir geçim kaynağı olduğu ilçe ile ilgili bazı veriler ve Konya ili içerisindeki payı Tablo 5'te sunulmaktadır. Buna göre Karapınar nüfus yönünde Konya'nın sadece %2,20'sini, Çiftçi Kayıt Sistemi'ne (ÇKS) kayıtlı çiftçi sayısı bakımından ise %6,52'sini bulundurmaktadır. İlin toplam yüz ölçümünün %6,42'sini oluşturan ilçede tarım alanlarının kapladığı büyüklük %7,27'dir.

Karapınar'ın kendi içinde toprak kullanımına baktığımızda toplam tarım alanının %89,71'inin tarla bitkilerine ayrıldığı görülmektedir. Nadas için %7,66, sebze için %2,33, meyveler için ise toplam tarım alanının sadece %0,29'u ayrılmaktadır.

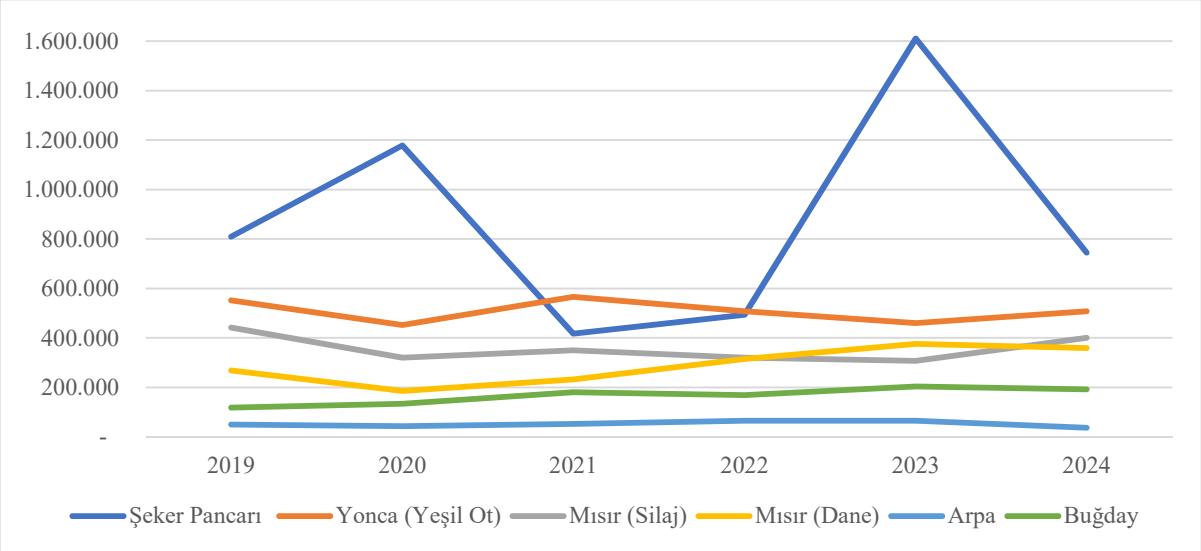
Tablo 5. Konya ve Karapınar'ın Nüfus, Çiftçi Sayısı ve Arazi Kullanım Durumu, 2023

	Karapınar	**Konya**	**Karapınar/Konya**
Nüfus	51.166	2.320.241	2,20
ÇKS Kayıtlı Çiftçi	5.956	91.240	6,52
Yüz Ölçümü (km^2)	2.623	40.838	6,42
Tarım Alanı (ha)	137.025,2	1.882.709	7,27
Çayır, Mera (ha)	114.936	841.165	13,66
Tarla Bitkileri (ha)	122.929,1	1.506.930	8,15
Nadas (ha)	10.500	297.603	3,52
Sebzeler (ha)	3.197	35.777	8,93
Meyveler (ha)	**399,1**	41.711	0,95

Kaynak: Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Konya Tarımı İstatistikleri, 2023.

Karapınar'da birçok tarım ürününün yetiştirilmesi mümkün olabilmektedir. Bu ürünler arasında buğday, arpa, şeker pancarı, mısır (dane), mısır (silaj), yonca (yeşil ot) ve havuç ön plana çıkmaktadır. Bu ürünlerin yıllara göre üretim miktarı Şekil 1'de gösterilmektedir. Buna göre ilçede en fazla yetiştirilen ürün genel olarak şeker pancarı olmakla beraber üründen elde edilen miktarın dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. İkinci sırada yonca (yeşil ot) bulunmaktadır. Diğer ürünlerin yıllara göre üretim miktarlarının istikrarlı olduğu görülmekle birlikte, zaman içinde üretimi önemli miktarda artan ürün mısır (dane)dir. Arpa her yılda en az üretilen üründür.

Şekil 1. Karapınar'da Üretilen Tarımsal Ürünler, 2019-2024



Karapınar'da üretilen tarım ürünlerin Konya ili üretimi içindeki paylarının yıllara göre değişimi Tablo 6'da gösterilmektedir. Karapınar'ın Konya içinde en fazla paya sahip olduğu ürün yonca (yeşil ot) ve mısır (dane)dir. Şeker pancarı ve mısır (silaj) oranlarının bazı yıllarda önemli ölçüde arttığı ve azımsanamayacak paylara ulaştığı görülmektedir. En az paya sahip olduğu ürün ise arpadır.

Karapınar ayrıca 2024 yılı üretim miktarları değerlendirildiğinde buğdayda ikinci, şeker pancarında üçüncü, mısır (dane) birinci, mısır (silaj) ikinci, yonca (yeşil ot) ise ikinci sırada yer almaktadır.

Tablo 6. Karapınar'da Üretilen Ürünlerin Konya İçindeki Payları, 2019-2024

	2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**
Şeker Pancarı	14,34	16,30	7,27	8,24	21,03	10,68
Yonca (Yeşil Ot)	31,04	25,49	26,92	27,85	27,69	36,21
Mısır (Silaj)	24,24	12,45	13,67	13,34	12,71	16,33
Mısır (Dane)	19,90	17,27	18,36	15,42	18,36	17,84
Arpa	4,27	3,34	6,10	5,16	4,65	4,03
Buğday	6,25	6,92	11,41	8,75	9,10	10,50

Kaynak: Yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Karapınar, hayvancılıkta da önemli bir yere sahiptir. Karapınar 2023 yılı verilerine göre büyükbaş hayvan sayısında Konya'da dördüncü, küçükbaşta birinci ve süt üretiminde ikinci sırada yer almaktadır. Genel olarak Konya'da mevcut bulunan büyükbaş hayvanların %9,24'ü, küçükbaş hayvanların %12,52'si Karapınar'da bulurken; süt üretiminin %9,53'ü ilçede gerçekleşmektedir. Karapınar'da hayvancılığa ilişkin veriler Tablo 7'de gösterilmektedir. Buna göre büyükbaş hayvan sayısında az bir düşüş meydana gelirken, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısının arttığı görülmektedir. Süt üretiminin çok fazla bir değişiklik göstermediği Karapınar'da kovan sayısı artmasına rağmen üretilen bal miktarında artış sağlanamamıştır.

Tablo 7. Karapınar'daki Hayvan Sayıları ve Hayvansal Üretim, 2019-2023

	2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Büyükbaş	86.102	87.823	85.740	80.234	85.790
Küçükbaş	354.561	369.667	353.334	385.708	383.183
Kanatlı	17.460	20.011	22.336	20.136	20.735
Kovan	700	1.097	1.216	1.053	1.200
Süt (Ton)	132.331	132.331	172.044	132.332	132.331
Bal (Ton)	7	4	5	5	6

Kaynak: Konya Ekonomik Raporlarından yararlanılarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Tarımsal üretimin gerçekleşmesi ve devamlılığının çoğunlukla iklim koşullarına bağlı olduğu düşünüldüğünde desteklenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır (Arslan ve Solak, 2019). Bunun yanında tüketicileri fiyat artışından koruma, üreticilerin gelirlerini artırma, üretim miktarlarını ve fiyatları yönetebilme, verimliliği ve kaliteyi artırma, üretim maliyetlerini düşürme, tarımsal rekabeti yüksek ürünler üretebilme gibi nedenlerden dolayı tarımın desteklenmesi gerekmektedir (Oğul, 2022).

Ülkemizde tarımsal destekler farklı ödeme türlerinden ve farklı kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunlardan biri Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan desteklerdir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2019-2024 yılları arasında Konya ve Karapınar'a yapılan bitkisel ve hayvansal destekler Tablo 8'de gösterilmektedir. Her iki destek türü de genel olarak artış göstermektedir. Karapınar'ın bitkisel destekten aldığı pay en yüksek %14,30 ile 2021 yılında gerçekleşirken en düşük destek %7,61 ile 2022 yılında; hayvancılıktan aldığı en yüksek pay ise %16,23 ile 2024 yılında en düşük pay 9,07 ile 2022 yılında gerçekleşmiştir.

Tablo 8. Bitkisel ve Hayvansal Destekler, 2019-2024

Yıllar	Bitkisel Destek Konya	Bitkisel Destek Karapınar	Bitkisel Destek KRP/KNY	Hayvansal Destek Konya	Hayvansal Destek Karapınar	Hayvansal Destek KRP/KNY
2019	648.948.906	63.833.568	9,83	386.623.478	46.328.891	11,98
2020	812.942.472	83.241.302	10,23	402.295.483	65.074.677	16,17
2021	894.053.799	127.938.606	14,30	551.838.242	72.112.454	13,06
2022	2.880.366.869	219.355.082	7,61	910.960.641	82.655.641	9,07
2023	2.554.693.112	249.756.825	9,77	956.601.541	155.302.642	16,23
2024	4.388.983.249			2.032.949.200		

Kaynak: Konya Ticaret Odası, Konya Ekonomik Raporu, 2024.

Ülkemizde tarım sektörünü destekleyen bir diğer kurum Tarım Kredi Kooperatifleridir. Konya'da Tarım Kredi Kooperatiflerinden 2024 yılında kredi kullanan ortak sayısı 13.002 olurken, kredi kullandırılan miktar 2.372.708.000 TL olarak gerçekleşmiştir. Bir önceki yıla göre kredi kullanan ortak sayısı %7,1 azalma gösterirken, kullandırılan kredi tutarı %26,5 artış göstermiştir. Karapınar ilçesi ortak bakımından ikinci sırada yer alırken, kullandırılan kredi bakımından 411.106.941 TL ile ilk sırada yer almaktadır (Konya Ekonomik Raporu, 2024). Yıllar itibarıyla kredi kullanan ortak sayısı ve kullandırılan kredi tutarı Tablo 9'da gösterilmektedir. Yıllara göre kredi kullanan ortak sayısı azalsa da kullandırılan kredi miktarı artış göstermektedir. Kullandırılan kredi oranına bakıldığında il içinde önemli bir ağırlığının olduğu görülmektedir.

Tablo 9. Tarım Kredi Kooperatiflerinden Kredi Kullan Ortak Sayısı ve Kredi Tutarı, 2022-2024

	Kredi Kullanan Ortak Sayısı			Kullandırılan Kredi Tutarı		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Karapınar	1253	1229	1193	309.690.631	401.667.815	411.106.941
Konya	14.581	14.006	13.002	1.503.345.469	1.874.210.541	2.372.708.179
KRP/KNY	8,59	8,77	9,17	20,60	21,43	17,32

Kaynak: Konya Ticaret Odası, Konya Ekonomik Raporu, 2024.

Tarımsal üretimi etkileyen en önemli ve kontrol edilemeyen unsurun iklim olduğu söylenebilir. İklimsel özelliklerden yağışlardaki azalmaya bağlı olarak ortaya çıkan kuraklık tarımsal üretimde en önemli konuların başında gelmekte ve en büyük engel olarak gözükmektedir (Kapluhan, 2013). Eylül 2025 standartlaştırılmış yağış indeksi (12) verilerine göre Konya'da %54,10 düzeyinde (https://kurakturkiye.iklimriskleri.com) orta kuraklık yaşanırken; aynı dönemde Karapınar ilçesinde %70,54 düzeyinde şiddetli kuraklık yaşanmaktadır. Bu düzeyler kuraklığın bölge için oldukça risk yarattığını göstermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan "2025 Su Yılı 12 Aylık Alansal Kümülatif Yağış Raporuna" göre Konya ve bölgesinde yağışlar 250 mm altında kalmıştır ve bu durum son 51 yılın en düşük seviyesidir (https://mgm.gov.tr). Bu veriler kuraklığın Konya ve Karapınar için ciddi bir tehdit olduğunu ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini göstermektedir.

SONUÇ

Ülke ekonomileri için tarım sektörü sosyo-ekonomik kalkınma açısından büyük önem taşımaktadır. Tarım; gıda arzını kontrol etmesi, sanayi sektörüne hammadde sağlaması, istihdam olanakları yaratması, ekonomik büyümeyi artırması ve ihracatı destekleyerek dış ticaret dengesine olumlu yönde etki etmesi gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu çerçevede, tarımsal üretimin desteklenmesi ve artırılması tarımsal bölgeler için olduğu kadar ülkeler için de oldukça önemlidir. Bu bağlamda, bu çalışmada Türkiye'nin önemli tarımsal merkezlerinden olan Konya iline bağlı olan Karapınar ilçesinin tarım sektörünün mevcut durumu tablo ve grafik kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tarım sektörünün Karapınar ilçesinde gelişmiş olduğu ve Konya ili içinde önemli bir konumda olduğu görülmüştür. İlçedeki mevcut tarım alanlarının büyük ölçüde tarla bitkileri üretimi amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Bu tarım alanlarında başlıca şeker pancarı, yonca (yeşil ot), mısır (silaj) ve mısır (dane), buğday ve arpa üretimi yapılmaktadır. Tarım ürünlerinin üretiminin yanı sıra Karapınar ilçesinin küçükbaş hayvan sayısında ve süt üretiminde Konya içinde önemli bir paya sahiptir. Bu durum, yerel ekonomiye önemli katkı sağlamaktadır. Karapınar ilçesine yapılan tarımsal destekler ise yıllar itibarıyla istikrarsızlık göstermektedir. Bunun yanında Konya ili içinde tarımsal kredi kullanımının önemli bir oranda olduğu görülmektedir. Ancak bölgede son yıllarda azalan yağış miktarı ve yükselen sıcaklık değerleri nedeniyle ortaya çıkan kuraklık en önemli çevresel sorunlardan biri haline gelmesinin yanında, tarımsal üretimi olumsuz etkilemekte ve tarımın en önemli sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla bu sorunun giderilebilmesi için etkili su yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve buna uygun politikaların hayata geçirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu alanda atılacak olan adımlar sürdürülebilirlik ve gıda arzının sorunsuz devamlılığı için de son derece önemlidir. Ayrıca ülke genelinde son yıllarda tarımsal üretim maliyetlerinin artış göstermesi üreticileri ve enflasyonla mücadeleyi zorlaştırmaktadır.

TÜİK tarafından açıklanan son verilere göre tarım ürünleri üretici fiyat endeksi Türkiye'de 2025 Ağustos ayında, bir önceki yılın aynı ayına göre %41,55 artış göstermiştir (TÜİK, 2025b). Bu bağlamda, tarımsal üretime verilecek desteklerin miktarı ve yeterliliği önemli hale gelmektedir. 2025 yılı için bütçeden 135 miyar TL olarak ayrılan kaynak miktarı, 2026 bütçesinde 168 milyar olarak ön görülmektedir. Burada nominal bir artış görünse de üretim maliyetlerindeki artışlarla birlikte göz önüne alındığında yeterliliği tartışmalı hale gelmekte; ileride daha detaylı olarak gerçekleştirilecek çalışmalarla sonuçların değerlendirilmesinin daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Afriyanti, G., Mariya, A., Natalia, C., Nispuana, S., Wijaya, M. F. ve Phalepi, M. Y. (2023). The role of agricultural sector on economic growth in Indonesia. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Sciences,* 2(1), 167-179.

Aifa, E. (2024). Theoretical and empirical overview of the importance of agriculture in the economic development of a developing country. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences,* 22(2), 5462-5468.

Arslan, E. ve Solak, A. (2019). Tarım politikası ve Türkiye'de 2002 yılı sonrası uygulanan tarımsal destekler. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal,* 5(19), 790-804.

Azam, A. ve Shafique, M. (2017). Agriculture in Pakistan and its impact on economy – a review. *International Journal of Advanced Science and Technology,* 103, 47-60. http://dx.doi.org/10.14257/ijast.2017.103.05

Chowhan, S., Rahman, M. M., Sultana, R., Rouf, M. A. ve Islam, M. (2023). Contribution of agriculture sector in the GDP growth of Bangladesh. *Food and Agri Economics Review,* 3(2), 51-54. http://doi.org/10.26480/faer.02.2023.51.54

Doğan, A. (2009). Ekonomik gelişme sürecine tarımın katkısı: Türkiye örneği. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi,* 9(17), 365-392.

Elmalı, K. (2025). Ekonomik kalkınmada tarım sektörünün etkisinin mekânsal ekonometrik analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi,* 31(1), 21-35. https://doi.org/10.24181/tarekoder.1567263

Kapluhan, E. (2013). Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 487-510.

Kılınç, E. C. ve Şahbaz Kılınç, N. (2021). Türkiye'de tarımsal üretim-gelir ilişkisi. Düzey-2 bölgeleri üzerine bir uygulama. *Verimlilik Dergisi,* 2, 177-192. https://doi.org/10.51551/verimlilik.665384

Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2023). Konya tarımı istatistikleri, 2023.

Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (2024). Konya tarımı – Haziran 2024.

Konya Ticaret Odası. (2024). Konya ekonomik raporu.

Mahyuddin, Arsyad, M., Darma, R., Fahmid, M., Fudjaja, L., Rukka, R. M. ve Miftahulmawaddah. (2021). Analysis of agriculture based sector in regional development of Gowa Regency. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 807, 032083. doi:10.1088/1755-1315/807/3/032083

Merdan, K. (2024). Türkiye'nin tarım sektörü: Tarımının dünü, bugünü ve yarını. *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 8(1), 47-70. 10.33399/biibfad.1337246

Nyamekye, A. P., Tian, Z. ve Cheng, F. (2021). Analysis on the contribution of agricultural sector on the economic development of Ghana. *Open Journal of Business and Management,* 9, 1297-1311. DOI: 10.4236/ojbm.2021.93070

Oğul, B. (2022). Tarımsal destekler ve tarımsal üretim ilişkisi: Türkiye ekonomisi üzerine ampirik bulgular. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi,* 8(1), 44-56.

Özdemir, A. ve Çakır, M. (2009). Cumhuriyet'ten günümüze tarım sektörünün Türkiye ekonomisi içerisindeki yeri ve önemi. Atatürk ve Cumhuriyet'e Armağan (içinde). Editörler: G. Güneş ve M. Başaran. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları No: 30.

Öztürk, Ş. (2025). Tarımsal desteklemelerin ekonomik etkisi: Konya ili Karapınar ilçesi örneği. *Journal of Current Debates in Social Sciences,* 8(1), 1-12. http://dx.doi.org/10.29228/cudes.81178

Rajagukguk, W. (2021). Agriculture and regional economic growth in Indonesia. E3S Web of Conferences 258, 06037. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125806037

TÜİK. (2025a). Yıllara göre il nüfusları, 2000-2024.

TÜİK. (2025b). Tarım ürünleri üretici fiyat endeksi, Ağustos 2025. Erişim adresi: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tarim-Urunleri-Uretici-Fiyat-Endeksi-Agustos-2025 (Erişim tarihi: 31.10.2025).

Uzundumlu, A. S. (2012). Tarım sektörünün ülke ekonomisindeki yeri ve önemi. *Alinteri Journal of Agriculture Science,* 22(1), 34-44.

Yaman, H. (2024). The role of agriculture in regional development: Determination and recommendations from the case of TR61 region in Türkiye. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences,* 14(2), 116-124. https://doi.org/10.53518/mjavl.1324433

Yue, W., Babos, T. ve Takacs-György, K. (2023). The importance of agriculture, in the light of global security changes and trends, 80-99.

Yılmaz, Y. ve Semerci, A. (2012). Isparta ilinde tarım sektörünün yeri ve önemi. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi,* 17(2), 1-12.

http://www.konya.gov.tr/karapinar (Erişim tarihi: 24.08.2025).
https://www.karapinar.bel.tr/karapinar-tarihi (Erişim tarihi: 24.08.2025).
https://www.konyadayatirim.gov.tr/konya/tarihce (Erişim tarihi: 26.08.2025).
https://kurakturkiye.iklimriskleri.com (Erişim tarihi: 13.10.2025).
https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k#sfB (Erişim tarihi 13.10.2025).

REALITY OR PERCEPTION? AN EXAMINATION OF THE EFFECTS OF GREENWASHING ON GREEN BRAND EQUITY

Şerife SOĞANCIOĞLU
Selçuk University, Institute of Social Sciences, Department of International Trade
ORCID: 0000-0002-7254-9321

Doç. Dr. V. Özlem AKGÜN
Selçuk University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of International Trade and Finance
ORCID: 0000-0002-0597-7318

ABSTRACT
In today's world, the rapid global increase in environmental problems, along with the growing public awareness and heightened ecological sensitivity, has led companies to develop environmentally responsible policies and adopt strategic approaches aligned with sustainability principles. At the core of these strategies lies the rising consumer demand for eco-friendly products and services, which has brought green marketing to the forefront as a fundamental necessity in corporate practices. Green marketing serves not only as a communication tool between companies and consumers but also as a holistic approach that aims to make a positive contribution to the environment and respond reliably to consumers' sustainability-oriented preferences through environmentally friendly production processes, recyclable and minimal-waste packaging, and high energy efficiency. One of the main outcomes of this strategy, green brand equity, is a critical indicator directly affecting market performance and arises from the combination of consumer perceptions of environmental sensitivity, trust, and sustainability-based satisfaction. Green brand equity is an essential part of corporate marketing and plays a key role in achieving competitive advantage. However, some companies, in an effort to enhance their green image, exaggerate or misrepresent their environmental initiatives, giving rise to the greenwashing phenomenon. Greenwashing refers to misleading or unverified environmental claims deliberately made to strengthen a company's environmental image. Although it may provide short-term financial benefits, it ultimately undermines consumer trust, damages brand reputation, and harms green brand equity. This theoretical study examines the concepts of greenwashing and green brand equity within the framework of the existing literature. It emphasizes that transparency, verifiability, and consistency in sustainability communication are essential for maintaining green brand equity. In conclusion, while greenwashing may create a short-term positive image, it weakens brand credibility in the long run, highlighting the need for genuine, measurable, and evidence-based environmental practices to ensure sustainable competitive advantage.
Keywords: Green Marketing, Green Brand Equity, Greenwashing

YEŞİL YIKAMA VE YEŞİL MARKA DEĞERİNE YÖNELİK KAVRAMSAL BİR ARAŞTIRMA

ÖZET
Günümüzde çevresel sorunların küresel boyutta hızla artması ve kamuoyunda çevre bilincinin güçlenmesi ve ekolojik hassasiyetin giderek artması şirketleri çevreye duyarlı politikalar geliştirmeye ve bu doğrultuda stratejik yaklaşımlar benimsemeye yöneltmiştir.

Bu stratejilerin merkezinde, tüketicilerin çevre dostu ürün ve hizmetlere yönelik artan ilgisi, şirketlerin pazarlama faaliyetlerinde çevresel değerleri ön plana çıkardığı yeşil pazarlama anlayışını temel bir gereklilik olarak gündeme getirmiştir. Yeşil pazarlama, şirketler ile tüketiciler arasında bir iletişim aracı olmasının yanında çevre dostu üretim süreçleri, geri dönüştürülebilir ve minimum atık ile ambalaj kullanımı, yüksek enerji verimliliği gibi somut operasyonel uygulamalarla hem çevreye pozitif katkı sunmayı hem de tüketicilerin sürdürülebilirlik odaklı tercihlerine güvenilir bir şekilde yanıt vermeyi amaçlayan bütüncül bir yaklaşımdır. Bu stratejinin temel çıktılarından biri olan yeşil marka değeri, şirketin çevreye duyarlılığına ilişkin tüketici algılarının, güvenin ve sürdürülebilirlik temelli memnuniyetin birleşiminden oluşan, piyasa performansını doğrudan etkileyen kritik bir değer göstergesidir. Yeşil marka değeri, kurumsal pazarlamanın ayrılmaz bir parçası olmakla beraber rekabet avantajı elde etmede de kilit bir rol oynamaktadır. Ancak, bazı şirketlerin yeşil imajlarını güçlendirme kaygısıyla çevre dostu uygulamaları gerçekte olduğundan daha fazla yansıtması veya çevresel sorumluluklarını abartılı biçimde pazarlama iletişiminde kullanması, yeşil yıkama olgusunu ortaya çıkarmıştır. Yeşil yıkama, şirketlerin çevreci kimliklerini kasıtlı olarak güçlendirme amacıyla yanıltıcı veya doğrulanmamış çevresel iddialarda bulunmalarını ifade etmektedir ve kısa vadeli finansal kazanç sağlamayı hedeflese de uzun vadede tüketici güvenini temelden sarsarak marka itibarına ve dolayısıyla yeşil marka değerine onarılamaz zararlar vermektedir. Bu bağlamda yapılan teorik çalışmada, yeşil yıkama ve yeşil marka değeri kavramları literatür çerçevesinde incelenmiştir. Şirketlerin sürdürülebilirlik iletişiminde şeffaflık, doğrulanabilirlik ve tutarlılık ilkelerine bağlı kalmalarının yeşil marka değerinin korunması açısından kritik öneme sahip olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak, yeşil yıkamanın kısa vadede olumlu bir çevreci imaj yaratabilse de uzun vadede marka güvenilirliğini zedelediği dolayısıyla sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmek isteyen şirketlerin gerçek, ölçülebilir ve kanıtlanabilir çevre dostu uygulamalara yönelmesinin gerekliliği teorik çerçeve kapsamında ortaya konulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Yeşil Pazarlama, Yeşil Marka Değeri, Yeşil Aklama

1. Introduction

With the growing severity of environmental problems and the increasing public awareness of environmental consciousness, numerous stakeholders and companies around the world have begun to place greater emphasis on environmental issues. The integration of social and environmental sensitivity into corporate activities is not only essential for achieving economic success but also for embracing the principles of sustainability and social responsibility. This approach to sustainable development requires a balanced consideration of economic, environmental, and social performance (Elkington, 1994). The concept of sustainable development aims to meet the needs of the present without depleting the resources of future generations. In line with this, the rising consumer demand for environmentally responsible practices encourages companies to develop green marketing strategies in order to project a positive image and demonstrate social responsibility (Netto, Sobral, Ribeiro, & Soares, 2020). In the manufacturing industry one of the leading sectors prioritizing green marketing the production and marketing of green technologies by multinational corporations, which are also among the largest contributors to environmental damage, has resulted in pollution control systems being concentrated in the hands of these same companies. This situation has led green technologies to become both a means for corporations to increase their profits and a reflection of the global ethical understanding of their utilization (Tellan, 2015, p. 81). Since the rise of environmental awareness, companies have been seizing the opportunity to enhance the environmental impact of their products as a means to strengthen their brand value (Y.-S. Chen, 2010, p. 307).

Today, many companies engage in greenwashing by misleading consumers about their environmental practices or the ecological benefits of their products and services. The increasing prevalence of greenwashing can seriously undermine the trust that consumers and investors place in environmentally friendly products (Delmas & Burbano, 2011). Greenwashing refers to marketing techniques used within environmental marketing strategies with the intent to mislead consumers or distort the truth (Tellan, 2015). Greenwashing poses a significant barrier to the development of green marketing strategies, as it can hinder environmental efforts by making people more skeptical toward sustainability initiatives (Y.-S. Chen & Chang, 2013, p. 492). Companies seeking success in green marketing must integrate their environmental approaches and values into all marketing activities and focus on building trust (Ng, Butt, Khong, & Ong, 2014, p. 497).

Across all sectors, there is increasing pressure to comply with sustainability principles and adopt circular economy models. This shift stems from the necessity to both reduce environmental impacts and respond to the changing expectations of consumers (Adamkiewicz, Kochańska, Adamkiewicz, & Łukasik, 2022). Although durability is an important factor in sustainable design, materials must also comply with the life cycle assessment methodology after being recycled. To overcome this challenge, some brands resort to deceptive practices known as greenwashing.

In this era of heightened environmental awareness and sensitivity, one of the major challenges companies face is increasing consumers' purchase intentions toward green products. To achieve this goal, it is crucial for companies to enhance perceived green value, strengthen green brand equity, reduce perceived green risk, and build green trust. For marketers, the first and most important step in this process is to develop strategies aimed at enhancing the perception of green value and establishing sufficient green trust to foster long-term relationships with potential customers (Y. S. Chen & Chang, 2012, p. 516).

This study aims to conceptually examine the concepts of greenwashing and green brand equity. Within the conceptual framework, potential inconsistencies between companies' sustainability claims and their actual practices are considered a significant context that may influence the meaning consumers attribute to brand value. In this regard, the study discusses the potential effects of greenwashing on brands' green brand equity, highlights its importance for consumer perception, and provides a foundational perspective on how this understanding is generally shaped.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK AND LITERATURE REVIEW

2.1. The Concept and Evolution of Green Marketing

In the present day, with growing environmental awareness, companies are constantly seeking novel ways to highlight their products, and green marketing has emerged as a potent tool for this objective (Y.-S. Chen & Chang, 2013, p. 489). The phenomenon of green marketing has followed an evolutionary process over time (Chitra, 2015, p. 35). It is possible to examine this evolution in three phases. The initial phase is defined as ecological green marketing, during which all marketing activities were aimed at supporting environmental issues and generating solutions for environmental problems. The second phase is environmental green marketing, and at this stage, the focal point is clean technology, which involves innovative product designs that address issues of pollution and waste. The third phase is sustainable green marketing, and this stage became prominent in the late 1990s and early 2000s (Peattie, 2001).

The foundation of the green marketing approach lies in companies developing high-value and environmentally conscious products. These products are intended to reach a broad consumer base through conventional distribution channels. The objectives in this regard are multifaceted.

Firstly, the aim is to educate consumers whose environmental awareness is not yet developed, thereby increasing the demand for green and environmentally friendly products. Secondly, the goal is to target consumers who are already environmentally conscious, encouraging them to prefer the brand's high-quality and eco-friendly products. Finally, the establishment of an effective distribution system is aimed at maximizing customer satisfaction and preventing customers from switching to different brands due to potential stock issues (Michael J. Polonsky & Mintu-Wimsatt, 1995; Aktaran,Uydacı, 2011, p. 125).

It is emphasized that, given the dynamic and global nature of green marketing, it must demonstrate a rapid capacity to adapt to environmental changes (Uydacı, 2011, p. 127). In order to minimize the environmental damage caused by their operations, businesses are required to fundamentally re-evaluate and undergo a radical transformation of all their processes in line with sustainability principles (Kahraman & Güven, 2019, p. 161). Consequently, there are five core reasons for companies to engage in green marketing. These are: complying with environmental regulations, establishing a competitive advantage over rivals, enhancing their corporate reputation, accessing new markets or seizing opportunities, and increasing the value of their products. Based on these rationales, it is argued that companies' green marketing activities can elevate their intangible brand value (Y.-S. Chen, 2010, p. 307).

The green marketing strategy aims to segment consumers based on their environmental attributes or purchasing behaviors, in contrast to conventional approaches in the segmentation and targeting stages. Positioning and differentiation in green marketing necessitate that companies both appear sustainable and develop more sustainable products (Dangelico & Vocalelli, 2017, pp. 1269, 1270). To support sustainable development, marketing operates with two fundamental approaches. Primarily, this involves shaping the needs and expectations of the consumer, and subsequently offering suitable and sustainable options to meet these needs. Similarly, marketing plays an active role in correcting inadequate strategies and consumption habits that lead to environmental degradation (Uydacı, 2011, p. 115). While demonstrating that psychographic and behavioral factors are more influential than demographic characteristics, consumers can also be separated into different segments based on their level of environmental sensitivity or their motivation for adopting green products. In targeting, it is suggested that instead of solely targeting environmentally conscious consumers with green products, companies should reach broader audiences by highlighting green elements as one of the product's features (Rex & Baumann, 2007, p. 572). The most effective positioning is evaluated as an approach where both functional and emotional benefits are presented concurrently (Hartmann, Apaolaza Ibáñez, & Forcada Sainz, 2005, p. 12).

The green marketing mix refers to the green product, which signifies products with improved environmental and social performance from production to consumption (J. Ottman & Books, 1998; J. A. Ottman, Stafford, & Hartman, 2006, p. 24). Green price is the pricing determined by taking into consideration the consumer's willingness to pay for environmental performance (Grove, Fisk, Pickett, & Kangun, 1996, p. 57). Green place encompasses managing the distribution strategies of green products from production to consumption (Davari & Strutton, 2014, p. 566) and the management tactics related to reverse logistics (Dangelico & Vocalelli, 2017). Green promotion is perceived as the marketing of products claimed to be environmentally beneficial to consumers, and it aims to persuade customers of the environmental advantages of being green (Davari & Strutton, 2014, p. 566; Kinoti, 2011, p. 269).

In conclusion, green marketing is a dynamic and evolving approach that offers companies the potential to both fulfill their environmental responsibilities and gain a competitive advantage. The implementation of green marketing strategies by companies, through the adoption of sustainability principles, will contribute to building a positive image among consumers, alongside increasing environmental awareness, and achieving long-term success. In this context, green marketing will continue to be one of the strategic priorities for companies in the future.

2.2. Green Brand Equity

Brand equity is defined as a distinctive name and/or sign, such as a logo, trademark, or package design, that identifies a brand's goods or services and differentiates them from competitors' similar products, regardless of whether the brand belongs to a single seller or a group of sellers (American Marketing Association (AMA), 2025). Through this, the brand indicates to the customer the origin of the product and protects both the buyer and the producer from competitors attempting to offer counterfeit goods

Farquhar (1989) identifies brand equity as the added benefit or superiority that a brand confers upon a product and that is perceived by various stakeholders (firm, trade, consumer), emphasizing that this concept forms the foundation for establishing strong and sustainable brand relationships, particularly in the eyes of the consumer, and for developing the business by capitalizing on brand capital. Brand equity is a set of brand assets and liabilities linked to a brand, its name, and its symbol that either add to or subtract from the value provided by a good or service to a firm and/or that firm's customers (Aaker, 1991). The reputation and value a brand acquires in the minds of consumers constitute brand equity. This value represents the brand's market recognition, image, and credibility. Solid brand equity reinforces customer loyalty and expands market share (American Marketing Association (AMA), 2025).

Brand equity is addressed from two distinct perspectives. Firstly, from a financial standpoint, the economic value that a brand holds for the company is emphasized (Simon & Sullivan, 1993). The inability to definitively determine and articulate the value a brand adds to companies creates significant challenges for managers, particularly during mergers and acquisitions. The lack of clear knowledge regarding the value generated by the brand leads to serious issues in strategic decision-making. Therefore, to accurately calculate brand equity, existing methods must be examined in detail, and the most suitable one for the company should be selected (Akgün & Akgün, 2014, p. 6). Secondly, with the consumer-centric approach, the value of a brand in the eyes of consumers is brought to the fore. According to Keller (1993, p. 8) it is the difference in consumers' responses to a brand's marketing activities, based on their knowledge about the brand.

As green marketing efforts intensify, companies face a dual challenge. They must both match the functional performance of eco-friendly products with that of conventional products and cultivate a positive perception toward environmentally friendly branding initiatives (Kalafatis, Pollard, East, & Tsogas, 1999). This situation is supported by research indicating that consumers are not willing to compromise on traditional brand attributes such as price, quality, and reliability, despite a brand's environmental qualities (Y. S. Chen & Chang, 2012). A consumer's overall positive attitude towards a brand can create a Halo Effect that also positively influences environmentally specific perceptions. The Halo Effect is the phenomenon where a general positive or negative impression formed about a person, object, or concept influences the evaluation of its other characteristics (Nisbett & Wilson, 1977; Oh & Ramaprasad, 2003, p. 318).

Within the context of Green Brand Equity, the Halo Effect manifests as consumers' perception of a brand as environmentally friendly positively influencing their evaluations of the brand's other attributes (such as quality, reliability, and performance).

While companies adopt green marketing for various reasons such as adapting to environmental trends, gaining a competitive advantage, strengthening their corporate image, capitalizing on green opportunities, and increasing product value, this strategy simultaneously elevates their intangible brand value in practice (Chang & Chen, 2014, p. 1754). Brand managers are critically important in enhancing green brand equity by developing and implementing communication strategies that improve perceived green quality, awareness, and risk (Chang & Chen, 2014, p. 1766). A green brand refers to brands that offer significant environmental benefits compared to their competitors and, as such, are the preference of those prioritizing environmentalism (Grant, 2008, p. 25). Green brands can differentiate themselves from competitors based on either functional (environmental production/usage benefits) or emotional (consumer feeling good, perceived status, ability to connect with nature) product attributes (Hartmann et al., 2005, p. 12).

Green brand equity encompasses all positive and negative elements associated with a brand's name and symbol that relate to its environmental responsibilities and sensitivities. These elements can either add to or subtract from the total value offered by a good or service (Y.-S. Chen, 2010, p. 313). There is a strong presumption that if consumers perceive a green product or brand as having a positive value, their willingness to purchase these goods or services may increase (Y. S. Chen & Chang, 2012, p. 503). Specifically, since environmentally friendly electronic goods are normally sold at a higher price than other electrical goods, companies should not deem it sufficient that their products merely possess green features. Simultaneously, the performance offered by these brands in terms of use must be at least on par with, or preferably better than, that of conventional goods of the same type, in order for a strong green brand equity to be established (Ng et al., 2014, p. 207).

Green brand equity is the sum of the positive or negative features linked to a brand’s name and symbol, pertaining to its environmental commitments and sensitivity. These features can either augment or diminish the value of the good or service offered by the brand (Y.-S. Chen, 2010). If customers trust a company's environmental practices, the green brand equity of that brand will increase. If customers distrust the company's environmental claims, this situation may hinder the growth of green brand equity. Therefore, deceptive environmental marketing (greenwashing) can have a detrimental effect on green brand equity (Qayyum, Jamil, & Sehar, 2023, p. 290).

To maximize green brand equity, brands must adopt an integrated approach that takes into account consumers' personal motivations and internal processes, in addition to their environmental communication activities (Butt et al., 2016). For this purpose, it is vital to successfully link personal values (environmental attitudes and concerns) with brand relationship and brand association models (M.-T. Ha, 2021).

2.3. Greenwashing: Definition and Types

With the increase in environmental problems, companies are striving to develop and introduce eco-friendly products to the market. However, some resort to making deceptive environmental claims to their stakeholders, a practice known as greenwashing (Netto et al., 2020, p. 6). The concept of greenwashing was first brought to the agenda in 1986 by activist Jay Westerveld, following hotels' requests for guests to reuse their towels. Although the hotels promoted this practice as a water-saving strategy, they had no serious actions in place to address environmental issues (Parguel, Benoit-Moreau, & Russell, 2015; Yang, Nguyen, Nguyen, Nguyen, & Cao, 2020, p. 1492).

When the nature of social reporting initiatives is examined, even the most optimistic interpretations suggest that such reporting in the US and Europe possesses a specious gloss (Owen & Swift, 2001). In parallel with this, an emerging body of literature describes various forms of disinformation organizations resort to in an effort to restore their public reputation and shape their image. These forms can generally be examined under the umbrella of whitewashing, which broadly means covering up the truth (Akturan, 2018, p. 810). Corporate deception forms such as bluewashing (Beder, 1997) , which refers to misleading communication regarding social responsibility issues, and greenwashing, which falsely highlights environmental claims, fall under this scope (Laufer, 2003).

In the late 1980s, business publications suggested that consumers were prepared to shift towards more environmentally friendly products (Carlson, Grove, & Kangun, 1993, p. 30). In response, advertisers increased their green communication. Twenty years later, green advertising expenditures had increased tenfold, and surveys continued to indicate sustained demand for green products (Sheehan & Atkinson, 2012, p. 5). In parallel, a negative form of marketing, termed greenwashing, has emerged as a consequence of these positive developments (Delmas & Burbano, 2011).

Greenwashing has become a significant problem in the modern economy, as it misleads consumers, harms the environment, and also has negative repercussions for the companies themselves (TerraChoice, 2010). Greenwashing is a form of marketing in which an organization deceptively uses green marketing to persuade the consumer that its products, goals, and policies are environmentally friendly (Tellan, 2015, p. 81). Greenwashing is defined by Markham, Khare, and Beckman (2014) as deceptive information disseminated by an institution with the aim of creating an environmentally conscious image. Greenwashing can also be employed as a strategic communication tool by a firm to camouflage the lack of effort in its actual environmental performance (Walker & Wan, 2012, p. 227).

Advertising Legislation, specifically the Regulation on Commercial Advertising and Unfair Commercial Practices, contains important provisions aimed at consumer protection. Within this scope, Article 61, paragraph 3, prohibits commercial advertisements that are deceptive, exploit consumers' lack of experience and knowledge, endanger life and property safety, encourage acts of violence and crime, impair public health, or exploit the sick, elderly, children, and people with disabilities. Similarly, unfair commercial practices, stipulated in Article 62, are defined as practices contrary to the requirements of professional diligence and those that significantly distort or are likely to distort the average consumer's economic behavior regarding the product or service. In particular, deceptive or aggressive practices, and those specified in the Annex to the regulation, are considered unfair commercial practices and are prohibited against the consumer. With these legal regulations, the goal is to ensure consumers are accurately informed and to protect their economic interests (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2013). According to the International Code of Advertising Practice, advertisements must not negatively affect legal regulations and self-regulatory principles concerning the environment, nor must they condone or encourage adverse forms of behavior. In advertisements, consumers' sensitivity or lack of knowledge regarding environmental matters should not be exploited (Uzun, 2007, p. 228).

Ramus and Montiel (2005) stated that the practice of greenwashing makes it difficult for consumers to grasp the true impacts of their purchasing decisions as they attempt to distinguish between credible and deceptive environmental claims. A discrepancy exists between consumers' environmentally conscious and socially expected attitudes and their actual purchasing preferences in real life. Green advertising is becoming more complex due to ethical concerns and the multitude of contradictory messages that can be misleading.

Specifically, the concern of greenwashing, where the environmental benefits of goods and services are exaggerated, is prominent in the advertising sector (Sheehan & Atkinson, 2012, p. 5).

Greenwashing actions are perceived as a form of creative reputation management intended to conceal companies' deviations from environmental standards (Akturan, 2018, p. 811). In this deception strategy, companies primarily employ three mechanisms (Beder, 1997; Laufer, 2003, p. 256).: Confusion, fronting, and posturing. Confusion: Companies create confusion by utilizing the complexity of their internal processes and structures. They actively manage this by restricting and controlling the flow of information to regulatory bodies and prosecutors. Fronting: This mechanism involves the deliberate misrepresentation of environmental performance. Publishing exaggerated claims, casting doubt on the seriousness of problems, and creating green association through image advertising are among its main tactics. Additionally, rebranding to evade a negative past is also included in this scope. Posturing: Companies engage in social and political manipulation to convince external stakeholders and internal customers about ethical conduct. This includes using front groups or coalitions to support or oppose legislation and redefining industry standards.

Greenwashing essentially refers to dirty business, where companies demonstrate a few green initiatives despite their unsustainable production; advertising deception, which focuses on exaggerated green claims in marketing communications compared to actual environmental actions; political manipulation, which involves covert lobbying activities against stricter environmental regulations; and companies presenting their environmental compliance with mere legal obligations as virtuous actions (Majláth, 2016, p. 112).

The phenomenon of greenwashing is addressed by Netto et al. (2020, p. 9) in two significant forms: Claim-based greenwashing and practice-based greenwashing. Claim-based greenwashing emerges when statements made about the environmental advantages of a product or practice are exaggerated, ambiguous, or not supported by sufficient evidence or documentation. This type of greenwashing is defined as 'unclear, misleading, or unsubstantiated (written or verbal) declarations about a company’s environmentally friendly practices or a product’s environmental benefits that create a perception of sustainability unsupported by factual evidence (Bernini, Giuliani, & La Rosa, 2023, pp. 3-4; Zervoudi, Moschos, & Christopoulos, 2025, p. 8). Practice-based greenwashing is expressed as an effort to create a green image by using visual cues such as colors, symbols, and nature imagery, rather than textual claims, despite a lack of genuine commitment to sustainability (Bernini et al., 2023, p. 1; Netto et al., 2020, p. 10; Zervoudi et al., 2025, p. 8). More broadly, this type of greenwashing is concerned with the use of visual and auditory elements evocative of nature in advertising communication. This method aims to create a misleading green perception in the consumer's mind by using natural colors such as blue and green, natural sounds like birdsong or ocean waves, and landscapes such as mountains or forests, even if the product lacks environmental benefits (Parguel et al., 2015).

In addition to the two known types of greenwashing, six types of greenwashing are defined with examples from academic studies, and it has been reported that this list is not yet fully comprehensive (Yang et al., 2020, p. 1493). The types of greenwashing include (a) selective disclosure, which is the most studied type in greenwashing research. It occurs when companies' manner of sharing information leads to conflicting results. Companies performing below expectations make more disclosures to conceal this.

For example, concealing reductions in the carbon footprint also falls into this category (Clarkson, Li, Richardson, & Vasvari, 2008; Kim & Lyon, 2015; Yang et al., 2020, p. 1493). (b) Decoupling is a strategy used to gain legitimacy, where companies claim to meet shareholder expectations without making genuine changes to their practices (Delmas & Burbano, 2011, p. 77). (c) Distraction consists of symbolic activities used to shift stakeholders' attention away from negative business actions and may include selective/false information or vague statements (Lyon & Maxwell, 2011, p. 7). (d) Deceptive manipulation is the deliberate use of misleading communication by the company to create the perception that its products or policies are environmentally friendly (Yang et al., 2020, p. 1494). (e) Dubious endorsements and labels mean that the company's own claims substitute for credible third-party certifications, presenting the issue that eco-labels can be prone to fraud (Nguyen, Yang, Nguyen, Johnson, & Cao, 2019, p. 4). Hamilton and Zilberman (2006) investigated in their consumer research how the proliferation of environmental labels on products affects consumers' perception of greenwashing. The studies showed that some labels, particularly those in supermarkets, could be perceived as greenwashing even on their own, and could diminish the value of credible environmental labels when used in conjunction with them. Similarly, Lozano, Blanco, and Rey-Maquieira (2010) suggest that news about greenwashing within an industry can jeopardize the future of successful and long-standing environmental labeling programs. (f) Ineffective public voluntary programs are companies' participation in voluntary programs funded by governments. Companies' participation alone does not guarantee environmental improvement (Delmas & Burbano, 2011, p. 80). The public and private sectors must act in concert (Hamann & Kapelus, 2004). Futerra Magazine highlighted 10 distinct points to identify deceptive environmental claims, termed greenwashing. These indicators include vague language, green product emphasis by a 'dirty' company, misleading visuals, exaggeration of irrelevant or minor environmental benefits, 'best in class' claims, attempts to 'green' a hazardous product, use of overly technical language that is difficult to understand, fake labels, unproven claims, and outright fabricated information. These indicators aim to raise consumer awareness, encourage companies to avoid such practices, and prevent greenwashing (Futerra Sustainability Communications, 2011).

Greenwashing can manifest in various ways. The indicators identified by Futerra Magazine for greenwashing have been exemplified in the literature. For instance, a product might be marketed as 'eco-friendly,' but this statement may lack a clear meaning. Sometimes, a green product, such as an energy-efficient light bulb produced by a factory that pollutes rivers, may be promoted by a company that is actually harmful to the environment. Misleading visuals can be used in advertisements to present a product as green even though it has no real environmental benefit. Companies might highlight only a minor feature of their product as eco-friendly or claim to be slightly greener than their competitors, but this does not imply that their other products are also eco-friendly. Promoting a hazardous product (e.g., cigarettes) as eco-friendly is another deceptive tactic. Some companies can mislead consumers by using technical terms and information only scientists can understand or by utilizing fake third-party approval labels. A claim might be true, but it is misleading as long as it is unproven. Finally, some companies may try to deceive consumers with completely fabricated claims or datan(Cesare, Rota, Simona, & Sharon, 2017, p. 67; Futerra Sustainability Communications, 2011; Yıldız & Kırmızıbiber, 2019, p. 569).

The use of Environmental Management System Certification merely as a symbolic action to project an eco-friendly image, rather than a commitment to genuine environmental improvements, is also seen as a type of greenwashing (Bernini et al., 2023, p. 4). This hybrid approach utilizes the certificate both as a declaration of compliance with legal regulations and as a visual testament to environmental sensitivity.

However, while these certifications create the impression that the company prioritizes environmental standards, they do not offer an assurance regarding the genuine effectiveness of its practices (Zervoudi et al., 2025, p. 8).

The increasing prevalence of greenwashing severely undermines consumers' and investors' confidence in eco-friendly products. Preventing this negative trend poses a great challenge, particularly in situations where regulations are inadequate and ambiguous (Delmas & Burbano, 2011, p. 67). The inadequacy and ambiguity of regulations are seen among the reasons that drive firms towards greenwashing. They opt for greenwashing if there is no penalty for doing so (Lyon & Montgomery, 2015, p. 234). Greenwashing can also occur due to external environmental pressure on an organization. Furthermore, its use as a political tool to advance infrastructure projects, energy, and tax policies is another significant reason leading to greenwashing (Lyon & Montgomery, 2015, p. 236).

Due to the contradictions between environmental protection and profit maximization, many companies resort to greenwashing to appear environmentally friendly (Yang et al., 2020, p. 1496). Greenwashing is currently on the rise worldwide due to open market opportunities, low competitive pressure, and limited regulations (Siano, Vollero, Conte, & Amabile, 2017, p. 27).Companies may want to capitalize on the increasing number of consumers demanding green products. Projecting an environmentally conscious image can provide a competitive advantage. Especially firms in sectors with problematic past environmental records may seek social approval from the public and regulators to continue their operations. Greenwashing can also arise from unintentional mistakes or supply chain inconsistencies, even if the firms believe in the accuracy of their data (Pizzetti, Gatti, & Seele, 2021).

2.3.1. Greenwashing and Consumer Perception

Consumers' purchasing actions in today's marketing environment have become a strong indicator of their environmental sensitivity, and this pressure for green purchasing obliges companies to change their marketing tactics (Y.-S. Chen & Chang, 2013, p. 489). Consumers are becoming susceptible to manipulation regarding being green due to the positive emotional associations created by green brands (Hartmann & Apaolaza Ibáñez, 2006). However, greenwashing severely and negatively affects these perceptions and consumer behavior. It results in consumers questioning the credibility of green claims, triggering uncertainty regarding the purchase decision, perceived risk, and green skepticism (Lin, Lobo, & Leckie, 2017; Mitchell, 1999). This process is rapidly creating a cynical consumer base in the market (Johnstone & Tan, 2015) and this cynicism, in turn, negatively impacts corporate credibility and company performance (Enviromental Defenders Office, 2023, p. 11; Nyilasy, Gangadharbatla, & Paladino, 2014).

Greenwashing can negatively affect investor confidence in companies that project an environmentally friendly image, potentially leading to a weakening of the socially responsible investment market. Alongside destroying corporate credibility, greenwashing can also harm the efforts of organizations genuinely striving to contribute to sustainability (Zervoudi et al., 2025, p. 2). Therefore, greenwashing practices are considered a risk factor that negatively affects not only individual companies but also the overall ecosystem of environmental and social responsibility-focused investment.

It is a significant challenge for businesses to convince consumers that their communications regarding climate change reflect a sincere approach to sustainability and are not merely greenwashing (Peattie, Peattie, & Ponting, 2009). Michael J Polonsky, Grau, and Garma (2010) It states that the risk of carbon offset claims turning into a meaningless greenwashing tool could lead to negative environmental outcomes by eroding the trust of environmentally conscious marketers and causing consumer ignorance.

Although companies' corporate social responsibility practices increase attractiveness among stakeholders and lead to positive consumer behaviors (Jamali & Karam, 2018), the greenwashing by multinational corporations, in particular, is negative for consumers and potential stakeholders. Although it may increase profits for existing stakeholders in the short term (Solomon & Rhianon Pel Edgley, 2008) it can generally be detrimental to society. Greenwashing hinders potential stakeholders who wish to invest in eco-friendly production, damages brand trust, and in the long term, reduces investment in green products, thereby encouraging harmful behaviors. This can negatively affect social welfare (Guo, Zhang, Wang, Li, & Tao, 2018).

There are differing views regarding the effect of greenwashing on a company's financial results. While some studies indicate that greenwashing has a negative impact on a company's financial performance (Walker & Wan, 2012, p. 231) other studies reveal that greenwashing has no significant effect on a firm's financial performance (Lee & Raschke, 2023). Greenwashing does not allow a company to evade legal environmental regulations and statutory rules set by the government, nor does it enable them to escape high-volume fines, sanctions, and waste disposal or cleanup costs. The damage in these relationships will ultimately lead to a decline in financial performance (Bansal & Clelland, 2004). Communication strategies termed greenwashing can negatively affect consumer trust in allegedly environmentally friendly products, thereby weakening, or even damaging, firms' market share and financial performance (Torelli, Balluchi, & Lazzini, 2020).

The effects of greenwashing lead to various negative consequences for consumers and society, companies, and stakeholders (Yang et al., 2020). Greenwashing leads to both economic and non-economic impacts for firms. Companies engaging in such deceptive practices may anticipate gaining short-term benefits. However, in the long run, many stakeholders and society as a whole can be negatively affected (Liu, Li, Wang, & Meng, 2023).

Consumers and Society: Greenwashing negatively affects consumers' trust in green products, leads to information confusion, and causes skeptical behaviors (Delmas & Burbano, 2011). It increases consumer cynicism and distrust (Pizzetti et al., 2021, p. 23). Furthermore, it causes confusion among consumers regarding the claims and intentions of firms (Akkan, 2022, p. 93). A brand's greenwashing can even negatively affect the purchase intention for green products of other brands within the sector. Consumers' knowledge about greenwashing significantly influences their brand attitudes, green brand equity, and purchase intentions (Özsaçmacı, 2018).

Companies and Stakeholders: The increasing awareness of environmental issues such as global warming, climate change, and the scarcity of energy resources has significantly boosted investors' interest in green funds investment vehicles that consider environmental criteria and adhere to social responsibility principles in their decisions (Silva & Cortez, 2016). While greenwashing can provide short-term benefits to companies, in the long run, it can lead to a loss of employee trust, a decline in reputation among consumers, investors, and non-governmental organizations, and a reduction in brand value (Guo et al., 2018). It can be said that greenwashing frequently occurs at the supply chain level (Pizzetti et al., 2021). Furthermore, it poses an obstacle to the expansion of green marketing approaches and is negatively associated with green brand image, satisfaction, and value (Özsaçmacı, 2018). Stakeholders can easily detect greenwashing practices because environmental performance data in ostensibly polluting sectors are generally objective and readily available (Walker & Wan, 2012, p. 231). Greenwashing is a tactic used with the aim of fulfilling promises made to stakeholders, but it can lead to the misleading of shareholders and can provide support despite low investment in corporate social actions (Akdoğan & Yılmaztürk, 2023).

Greenwashing undermines the trust of investors and the public, and also reduces the willingness of other companies to collaborate. It negatively affects financial performance by hindering the integration of environmental, social, and governance factors into investment decisions (Veral, 2022).

It is thought that greenwashing can be more easily noticed and penalized through social media, and it is stated that this situation may help in reducing greenwashing tendencies (Lyon & Montgomery, 2013, p. 750). The use of two-way communication tools, such as blogs and Twitter, in green marketing helps firms raise awareness about their eco-friendly practices and dispel uncertainties in the minds of consumers. In this way, companies can also be protected from the potential negative impacts of greenwashing accusations (Fernando, Suganthi, & Sivakumaran, 2014).

Deceptive advertisements involving greenwashing negatively affect the development of the green industry by misleading consumers and eroding trust in higher-priced green products. Therefore, legal regulations concerning misleading advertisements are of great importance in preventing advertisements containing greenwashing. Despite all self-regulation, legal regulations, and penalties, firms continue to publish deceptive advertisements. Consumer behavior is crucial in resolving this issue; conscious consumers ignoring such advertisements will influence firms (Güntay, 2020, p. 511).

Commercial marketers can utilize marketing communications such as collaboration and information exchange in climate change communication to avoid greenwashing, thereby helping to promote sustainable behaviors without misleading the target audience (Peattie et al., 2009). Thompson (2022), This highlights a significant scientific reaction aimed at preventing greenwashing by urging public relations and advertising agencies to cease working with fossil fuel companies and to stop the dissemination of climate disinformation.

Increasing corporate transparency and raising consumer awareness are also strategies for reducing greenwashing. These two crucial steps play a critical role in tackling the underlying causes of greenwashing (Zervoudi et al., 2025, pp. 5-6). Businesses sharing more information about their operations and consumers having the knowledge to evaluate environmental claims help prevent deceptive practices.

2.3.2. Examples of Greenwashing

Some companies attempting to capitalize on green marketing opportunities may make misleading or deceptive environmental claims. These deceptive claims are often not easily distinguishable from genuine and sincere claims. For example, phrases such as '100% natural,' 'recyclable,' 'biodegradable,' 'chemical-free,' 'organic,' 'carbon neutral,' 'energy-efficient,' or 'made from eco-friendly materials' are used in an exaggerated manner, and these claims can even be false representations used instead of attributes with real environmental significance (TerraChoice, 2010). The Sustainable Agency (2025), This demonstrates that greenwashing is a widespread problem across various methods and different sectors, and draws attention to the fact that companies' environmental responsibility claims can often be aimed at misleading the consumer.

United Nations Alliance for Sustainable Fashion (United Nations Alliance for Sustainable Fashion, 2025), The United Nations Alliance for Sustainable Fashion is a critical United Nations initiative aiming to strengthen the fashion sector's contribution to the Sustainable Development Goals. Fashion encompasses clothing made from textiles, leather, and footwear, and includes a broad chain from raw material production to waste. According to the Alliance, the sector contributes approximately $2.4 trillion to global production and employs 300 million people.

However, it has been held responsible for 2-8% of global greenhouse gas emissions, an annual consumption of 215 trillion liters of water, and 9% of microplastics in the oceans. The annual material loss due to underutilization has been reported as $100 billion. Despite efforts towards integrating circular economy principles into the sector, the fashion industry appears to be one of the most destructive/polluting sectors environmentally, set against a backdrop of human rights violations, low wage policies, and adverse working conditions (Zervoudi et al., 2025, p. 17).

A common greenwashing tactic in the ready-to-wear industry is eco-labeling or certification. While these can be potentially useful tools for building consumer trust, research on consumption theory has revealed a strong link between consumption values and green trust. Eco-labels or certifications can influence decision-making processes by symbolizing superior quality, higher value, and a specific lifestyle in consumer perception (Zaidi, Yifei, Bhutto, Ali, & Alam, 2019).

Three steps are proposed for the ready-to-wear sector to regain its authenticity and trust: The need for change, arising from customer pressure, aims to prevent greenwashing through environmental, social, and economic initiatives in the textile industry. As tools for change, the goal is to develop innovative and affordable recycling methods for the reuse of garments that do not harm human health or the environment. The implementation of change involves preventing deceptive marketing strategies by protecting brands that refrain from greenwashing with clear and reliable certifications. All these efforts will ensure the circularity of the fashion industry and contribute to a more sustainable consumption culture (Adamkiewicz et al., 2022).

Despite launching its 'Join Life' collection aimed at creating an eco-friendly image and promising to stop using harmful chemicals by 2020, Zara has faced criticism for using vague language regarding sustainability. This initiative by Zara did not significantly reduce its environmental impact because a large part of its production processes continued to be environmentally harmful (Zervoudi et al., 2025, p. 17).

H&M has frequently been accused of deceptiveness in its sustainability discourse. The 'Conscious' collection, launched in 2010 and claimed to be environmentally friendly, sparked major controversy due to the use of up to 72% synthetic fiber, which is considered highly harmful to nature. This percentage was found to be even higher than the 61% synthetic fiber usage in the company's regular collections. Consequently, its actual environmental benefits were questioned (Martin & Demren, 2024, p. 16).

Zara took an eco-friendly step in June 2022 by collaborating with LanzaTech for a special collection using carbon emissions; however, despite advancements in the technology for converting carbon emissions into fabric, it is argued that the environmental impacts of Zara's standard collections, which constitute its core sales, persist. This situation demonstrates the contradiction between the company's sustainability discourse and its overall production practice (Nahid-Ull-Islam, Hasan, Chowdhury, & Akter, 2025, p. 48).

Situations that undermine trust are also notable in the finance and investment sector. The multinational investment bank JP Morgan Chase constitutes one of the greenwashing cases. A report published by the Rainforest Action Network (RAN) in 2020 stated that despite the bank's claims of being a leader in sustainable finance, it was actually the world's largest financier of fossil fuels. The report revealed that JP Morgan Chase had provided over $268 billion in financing to fossil fuel companies since the signing of the 2016 Paris Agreement. This situation clearly contradicts the bank's public commitments towards sustainability and climate change mitigation (Dempere, Alamash, & Mattos, 2024, p. 2).

The misleading advertisements of HSBC and Lloyds, along with Active Super's misrepresented investment strategy, indicate that the green and ethical investment claims of financial institutions should be questioned (The Sustainable Agency, 2025).

In examples of greenwashing within the food sector, McDonald's non-recyclable paper straws and Coca-Cola's 'Life' product, presented with a green label despite not being healthy, demonstrate that companies can focus on appearing sustainable rather than genuinely solving problems (The Sustainable Agency, 2025). Similarly, Innocent's insincere advertisements (Horton, 2022), Quorn's unverified carbon footprint claims, and Danish Crown's misleading climate claim (Niranjan, 2024) and the creation of an environmentally conscious perception also reveal inconsistencies in this sector.

In the packaging sector, Unilever increased its production of plastic sachets—which even its top executives labeled as bad because they are non-recyclable—by 40% from 2010 to 2023, reaching 53 billion units. This massive increase clearly demonstrates the company's concrete actions lagging behind its environmental rhetoric, making the brand highly vulnerable to public accusations of greenwashing (Greenpeace, 2024), Although Windex gave the impression that ocean plastic was used in its bottle production, this plastic was actually collected from plastic banks in Haiti, the Philippines, and Indonesia (Toto, 2019). This situation indicates that Windex's misleading plastic packaging discourse reveals that companies can exhibit inconsistent behaviors regarding the environment. A study by Boncinelli, Gerini, Piracci, Bellia, and Casini (2023) found that the green color of packaging increases the perceived environmental benefits of food products and can boost these products' market share. However, it is argued that if such practices are perceived as greenwashing, they could damage brand credibility and prevent consumers from making informed choices.

In the energy sector, cases such as Shell's misleading public statements (Hulse, 2024) and TotalEnergies' deceptive social media competition (Michel, 2025), demonstrate the inconsistencies in large energy companies' efforts to appear green.

In the transportation and airline sectors, Ryanair's unrealistic low-emission claims, Delta's false carbon neutrality statements, and Luton Airport's deceptive expansion plans are other misleading greenwashing examples observed in these sectors (The Sustainable Agency, 2025).

In the furniture and home sector, cases such as Hefty's misrepresentation of its product and Ikea's documented illegal logging reveal that companies can act inconsistently on environmental issues (The Sustainable Agency, 2025).

In the HVAC sector, one firm deceptively marketed an air-source heat pump design as 'geothermal' by burying only a very short section of the refrigerant line in shallow soil, thereby qualifying for federal tax incentives. Although this design possessed a feature of a geothermal system, it failed to provide the necessary heat transfer capacity, thus missing the system's environmental objective. As a result of such deceptive practices, regulations for geothermal systems now mandate better documentation of underground heat transfer capacity (Egg, 2024).

2.4. Literature Review on the Impact of Greenwashing on Green Brand Equity

This section examines the effects of greenwashing on green brand equity in light of various academic studies. These studies, not limited to specific sectors, clearly demonstrate that misleading green claims across diverse fields such as retail, food, electronics, and fashion both damage corporate credibility and prevent consumers from making informed choices. Ultimately, this situation leads to the erosion of brand equity, one of the most significant intangible assets of a brand, thereby risking long-term competitive advantage.

According to the study by Michael J Polonsky et al. (2010) companies and marketers risk turning carbon offsetting claims into a meaningless greenwashing tool. The proliferation of this situation may lead to negative environmental consequences by reducing the trust of actors adopting environmentally conscious marketing strategies in these tools. Consequently, the provision of valid information necessary for consumers to make informed environmental purchasing decisions may be compromised. In this context, the primary challenge for marketers will be to communicate complex information in a manner that consumers can understand and interpret.

Baum (2012), aimed to investigate the prevalence of greenwashing, which arises with the proliferation of environmentally claimed advertisements, through a content analysis of print advertisements in the US and the UK. The analysis revealed that three-quarters (75%) of the advertisements analyzed contained elements of greenwashing. Furthermore, it was found that firms in the US made more deceptive claims than their counterparts in the UK. The findings support the conclusion that greenwashing will continue as a means of gaining corporate reputation unless regulatory oversight on environmental advertising is increased.

The study by Cesare et al. (2017) aims to help food companies develop effective green marketing strategies by avoiding the risk of greenwashing and to support food system stakeholders in critically analyzing companies' sustainability communication. A monitoring tool was created using indicators drawn from different organizations and authors, and the 2016 Sustainability Report of the Italian food company Barilla was tested. As a result, it was observed that greenwashing had a low share in Barilla's sustainability actions, and the monitoring tool was capable of comprehensively assessing companies' green marketing strategies.

Akturan (2018) found that greenwashing has a negative effect on green brand associations and brand credibility, which in turn indirectly reduces consumers' purchase intention by diminishing the brand's green brand equity. Furthermore, the study found that green brand associations and brand credibility directly and positively strengthen green brand equity.

Braga, Martínez, Correa, Moura-Leite, and Da Silva (2019), aimed to analyze the role of consumers' perception of greenwashing, as well as their attitudes and beliefs, in purchasing decisions for green goods in the retail sector. The research found that when consumers detect greenwashing in a good, that good loses attributes such as loyalty, satisfaction, and utility, leading to consumption confusion. Conversely, it was observed that consumers' general attitudes and beliefs focus on positive aspects such as perceived loyalty, satisfaction, and utility, but almost entirely disregard the perceived risk factor.

The study by Yang et al. (2020) aims to analyze the greenwashing behavior of multinational corporations in developing markets by reviewing peer-reviewed journal articles published during the 2000-2020 period. The research found that multinational corporations resort to such practices due to inadequate regulations and market conditions in host countries. Consequently, it was emphasized that greenwashing harms consumers and society, and thus, authorities should implement regulations before companies withdraw from the market.

The study by Pizzetti et al. (2021) presents a new classification based on the stage of the supply chain where inconsistencies between companies' greenwashing claims and their actual practices occur, and examines how this situation affects the ethical evaluations and investment decisions of stakeholders. In experiments using attribution theory, if the inconsistency is under the company's direct control and intentional, stakeholders hold the company more accountable and reduce their willingness to invest. Consequently, this research more clearly reveals the impact of greenwashing on stakeholders and emphasizes that companies must manage their supply chains carefully.

In their study M. T. Ha, Ngan, and Nguyen (2022) investigate the impact of greenwashing on green brand equity, specifically examining the mediating roles of green brand image, green satisfaction, and green trust, as well as the moderating effect of consumer knowledge level among electronic goods consumers in Vietnam. The findings indicate that, although greenwashing does not have a significant direct relationship with green brand equity, it indirectly and positively affects green brand equity by negatively influencing green brand image, satisfaction, and trust. Furthermore, the consumer knowledge level plays a moderating role that strengthens the negative relationship between greenwashing and green brand equity.

The study by Adamkiewicz et al. (2022) aims to create awareness regarding how greenwashing practices in the fashion industry hinder the transition to a sustainable circular economy. The study addressed the risks of greenwashing for fashion brands and the benefits of sustainable practices. Furthermore, it emphasized the need to prevent misleading and dishonest marketing strategies through transparent and reliable certification so that consumers can make informed choices.

The study by Qayyum et al. (2023) aimed to investigate the negative impacts of excessive product packaging, greenwashing, and green confusion on green brand equity. Furthermore, the moderating role of brand credibility in mitigating the negative effects of green marketing was also explored. The results of the study indicated that excessive product packaging positively influences greenwashing and green confusion. Moreover, greenwashing was found to have a negative effect on green brand equity. In addition, brand credibility was determined to moderate the negative relationship between greenwashing and green brand equity, thereby reducing the negative impact of greenwashing.

Bladt, van Capelleveen, and Yazan (2024), classified greenwashing into six distinct categories based on two main dimensions: claim type (false, vague, or hidden information) and application level (product or firm). The study revealed that consumers exhibit statistically significant different reactions in terms of brand attitude towards these various greenwashing scenarios. This finding supported the scientific necessity that for the effects of greenwashing to be fully understood, the practice must be examined by differentiating it based on its content and scope (at the product or firm-wide level).

The study by Akdoğan and Yılmaztürk (2023) aims to examine consumer perception of the green product concept, which emerges as a result of overproduction destroying natural resources and disrupting the ecological balance. It sought to determine the effect of consumers' perception of greenwashing and misleading green claims on green brand equity, and the mediating role of perceived risk and confusion in this effect. The research found that consumers perceive greenwashing as increasing both perceived risk and confusion, and that this confusion plays a mediating role in the negative effect of greenwashing on green brand equity.

Amer and El (2023) aimed to structurally analyze the potential effects of the greenwashing practice on critical brand perceptions such as brand reputation, brand credibility, and green brand equity. The study demonstrated that greenwashing has a significant and direct negative effect on all examined brand perceptions (green brand equity, brand reputation, and brand credibility). It revealed that green brand equity plays a mediating role in the negative effect of greenwashing on brand reputation.

Tu, Cui, Liu, and Yang (2024), aimed to investigate the effect of brands' green marketing strategies on consumers' perception of greenwashing and green brand image. The study found that green marketing strategies (communication, relationship, and commitment dimensions) significantly reduced the perception of greenwashing. The results scientifically prove that, to strengthen the green image, brands must ensure the authenticity of environmental information and avoid deceptive communication.

3. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

3.1. Conclusion

This conceptual study evaluates how green marketing efforts, which have become a strategic tool with the rise of environmental consciousness, are undermined by companies' greenwashing practices, and how this erodes green brand equity, a vital asset for corporate success. The literature indicates that greenwashing is defined as the inconsistency between companies' environmental actions and their rhetoric (Walker & Wan, 2012) and that this inconsistency directly targets the value attributed to the brand. As Akturan (2018) also emphasizes, greenwashing has a direct negative effect on both green brand associations and brand credibility, and this situation, through a chain reaction, diminishes green brand equity. This negative relationship systematically erodes the element of trust, which plays a critical role in the construction of brand value (Amer & El, 2023; Qayyum et al., 2023). Greenwashing, which triggers information confusion, perceived risk, and green skepticism (cynicism) in consumers (Lin et al., 2017; Mitchell, 1999), fundamentally undermines corporate credibility by creating a cynical consumer base (Johnstone & Tan, 2015). In this context, Akdoğan and Yılmaztürk (2023) state that greenwashing increases both risk and confusion, and that this confusion plays a mediating role in the negative effect on green brand equity. Amer and El (2023) in turn, structurally proved that greenwashing has a significant and direct negative effect on green brand equity, brand reputation, and brand credibility.

In the literature, the destructive effect on green brand equity occurs through various deception mechanisms and types of greenwashing employed by companies. The confusion, 'preemptive' action, and attitude-exhibiting mechanisms (Beder, 1997; Laufer, 2003), defined in the literature demonstrate that companies systematically normalize their efforts to conceal the truth (Akturan, 2018). Specifically, confusion intentionally erodes brand credibility indirectly by using vague terms such as 'natural' or 'eco-friendly' or by manipulating consumer perception with visuals and colors. The two main forms of greenwashing, claim-based and practice-based greenwashing (Bernini et al., 2023; Netto et al., 2020), target the brand's image and create a green perception without a genuine commitment to sustainability (Parguel et al., 2015). These two types weaken the strength of green brand associations by creating contradictory or unfounded associations in the consumer's mind, thereby affecting green brand equity.

These conceptual relationships are materialized by companies across various sectors exhibiting concrete actions that lag behind their environmental rhetoric; this inconsistency is frequently demonstrated in the literature to damage reputation by making the brand vulnerable to greenwashing accusations (Greenpeace, 2024; TerraChoice, 2010; The Sustainable Agency, 2025). Furthermore, M. T. Ha et al. (2022), suggested that the consumer's knowledge level plays a moderating role that strengthens the negative relationship between greenwashing and green brand equity; this indicates that as consumer knowledge increases, sensitivity to deceptive claims rises, and the brand's perceived value is more strongly diminished. Therefore, as emphasized by, Tu et al. (2024) ensuring the authenticity of environmental information and avoiding deceptive communication is vital for brands to strengthen their green image. All these assessments confirm that greenwashing should be positioned not merely as a marketing mistake, but as a strategic risk that systematically erodes trust and brand equity, thereby threatening the long-term market success of green brands.

3.2. Recommendations

This conceptual study theoretically and literature-basedly examined the destructive effect of corporate greenwashing and its impact on green brand equity for both consumers and companies.

The core conceptual finding of the study is that greenwashing indirectly and directly damages green brand equity by negatively affecting credibility, association, and consumer cynicism, which play a critical role in brand value construction. This negative effect is supported by concrete examples across various sectors such as textile and ready-to-wear, finance and investment, food, packaging, energy, transportation, furniture and home, and HVAC. This situation indicates that the inconsistency between environmental rhetoric and action poses not only an ethical but also a strategic challenge, risking companies' long-term financial performance and legitimacy among stakeholders.

Despite strong evidence in the literature, the general green confusion experienced by consumers and their difficulty in understanding environmental claims amplify the impact of these deceptive marketing tactics. This conceptual confusion points to a market environment where greenwashing may not immediately and strongly elicit a negative reaction, even though brands' sustainability discourses should be met with skepticism. Within this framework, the necessity for producers and brands across all sectors to maintain sustainability and eco-friendly practices from the beginning to the end of all their processes is critically important. For businesses seeking to maximize green brand equity, transitioning to transparent, consistent, and verifiable sustainability practices is essential, rather than focusing solely on communication activities. This is a fundamental transformation that requires operating with the mindset of being reliable and transparent producers, working with internationally recognized and independent certification bodies to obtain all necessary certifications, and thereby ensuring consistency between rhetoric and action to strengthen long-term brand reputation. Otherwise, greenwashing will inevitably continue to erode green brand equity, the most important intangible asset of a company.

Companies should implement their sustainability commitments across the entire value chain and support these commitments with concrete, measurable data before making green claims. It is critical that regulatory bodies, in accordance with the Commercial Advertising Regulation and international principles, address legal gaps in vague areas where greenwashing is prevalent and implement deterrent sanctions for misleading claims. At the same time, institutions, organizations, and businesses should take innovative steps to accelerate the transition to a holistic sustainable circular economy. For future research, various methods can be employed to better understand the complexity of the relationship between greenwashing and green brand equity. The consumer's level of knowledge regarding greenwashing absolutely needs to be increased. A comprehensive and holistic perspective on the subject can be provided through quantitative and qualitative methods, such as surveys, interviews, and focus groups.

REFERENCES

Aaker, D. A. (1991). Managing Brand Equity: Capitalizing on The Value of a Brand Name. New York: The Free Press.

Adamkiewicz, J., Kochańska, E., Adamkiewicz, I., & Łukasik, R. M. (2022). Greenwashing and Sustainable Fashion Industry. Current opinion in green and sustainable chemistry, 38, 100710.

Akdoğan, Ç., & Yılmaztürk, Y. (2023). Tüketici Yeşil Yıkama Algısının Yeşil Marka Denkliğine Etkisi: Yeşil Algılanan Risk ve Yeşil Kafa Karışıklığının Aracılık Rolü. Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(1), 169-187.

Akgün, V. Ö., & Akgün, A. (2014). Marka ve Marka Değeri Olgusu: Marka Değerinin Tespitine Yönelik Bir Uygulama. Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi(8), 1-13.

Akkan, E. (2022). İtici Güçleri ve Sonuçları ile Yeşil Aklamanın Kavramsal Analizi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(2), 84-102.

Akturan, U. (2018). How Does Greenwashing Affect Green Branding Equity and Purchase Intention? An Empirical

Research. Marketing intelligence & planning, 36(7), 809-824.

Amer, S. M., & El, M. E. S. M. A. (2023). The Impact of Greenwashing on Brand Reputation, Brand Credibility, and Green Brand Equity: Evidence from the Household Appliances Market. International Journal of Marketing Studies, 15(2), 1-84.

American Marketing Association (AMA). (2025). Branding. Retrieved from https://www.ama.org/topics/brand-and-branding/

Bansal, P., & Clelland, I. (2004). Talking Trash: Legitimacy, Impression Management, and Unsystematic Risk in The Context of The Natural Environment. Academy of Management journal, 47(1), 93-103.

Baum, L. M. (2012). It's not Easy Being Green… or is it? A Content Analysis of Environmental Claims in Magazine Advertisements from the United States and United Kingdom. Environmental Communication: A Journal of Nature and Culture, 6(4), 423-440.

Beder, S. (1997). Global Spin: The Corporate Assault on Environmentalism (Chelsea Green, White River Junction, VT).

Bernini, F., Giuliani, M., & La Rosa, F. (2023). Measuring Greenwashing: A Systematic Methodological. Business Ethics, The Environment & Responsibility.

Bladt, D., van Capelleveen, G., & Yazan, D. M. (2024). The Influence of Greenwashing Practices on Brand Attitude: A Multidimensional Consumer Analysis in Germany. Business Strategy and the Environment, 33(2), 597-625.

Boncinelli, F., Gerini, F., Piracci, G., Bellia, R., & Casini, L. (2023). Effect of Executional Greenwashing on Market Share of Food Products: An Empirical Study on Green-Coloured Packaging. Journal of cleaner production, 391, 136258.

Braga, S., Martínez, M. P., Correa, C. M., Moura-Leite, R. C., & Da Silva, D. (2019). Greenwashing Effect, Attitudes, and Beliefs in Green Consumption. RAUSP Management Journal, 54(2), 226-241.

Butt, M. M., Mushtaq, S., Afzal, A., Khong, K. W., Ong, F. S., & Ng, P. F. (2016). Integrating Behavioural and Branding Perspectives to Maximize Green Brand Equity: A Holistic Approach. Business Strategy and the Environment, 26(4), 507-520.

Carlson, L., Grove, S. J., & Kangun, N. (1993). A Content Analysis of Environmental Advertising Claims: A Matrix Method Approach. Journal of advertising, 22(3), 27-39.

Cesare, Z., Rota, C., Simona, T., & Sharon, F. (2017). An Assessment of The Food Companies Sustainability Policies Through a Greenwashing Indicator. Proceedings in food system dynamics, 8, 61-81.

Chang, C.-H., & Chen, Y.-S. (2014). Managing Green Brand Equity: The Perspective of Perceived Risk Theory. Quality & Quantity, 48, 1753-1768.

Chen, Y.-S. (2010). The Drivers of Green Brand Equity: Green Brand Image, Green Satisfaction, and Green Trust. Journal of business ethics, 93, 307-319.

Chen, Y.-S., & Chang, C.-H. (2013). Greenwash and Green Trust: The Mediation Effects of Green Consumer Confusion and Green Perceived Risk. Journal of business ethics, 114, 489-500.

Chen, Y. S., & Chang, C. H. (2012). Enhance Green Purchase intentions: The Roles of Green Perceived Value, Green Perceived Risk, and Green Trust. Management decision, 50(3), 502-520.

Chitra, B. (2015). A Study on Evolution of Green Products and Green Marketing. Journal of Research in Business and Management, 3(5), 35-38.

Clarkson, P. M., Li, Y., Richardson, G. D., & Vasvari, F. P. (2008). Revisiting The Relation Between Environmental Performance and Environmental Disclosure: An Empirical Analysis. Accounting, organizations and society, 33(4-5), 303-327.

Dangelico, R. M., & Vocalelli, D. (2017). "Green Marketing": An Analysis of Definitions, Strategy Steps, and Tools Through a Systematic Review of The Literature. Journal of cleaner production, 165, 1263-1279.

Davari, A., & Strutton, D. (2014). Marketing Mix Strategies for Closing The Gap Between Green Consumers' Pro-Environmental Beliefs and Behaviors. Journal of strategic marketing, 22(7), 563-586.

Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The Drivers of Greenwashing. California Management Review, 54(1), 64-87.

Dempere, J., Alamash, E., & Mattos, P. (2024). Unveiling The Truth: Greenwashing in Sustainable Finance. Frontiers in Sustainability, 5, 1362051.

Egg, J. (2024). Greenwashing and Geothermal HVAC Technologies. Plumbing & Mechanical. Retrieved from https://www.pmmag.com/articles/105902-greenwashing-and-geothermal-hvac-technologies

Elkington, J. (1994). Towards The Sustainable Corporation: Win-win-Win Business Strategies for Sustainable Development. California Management Review, 36(2), 90-100.

Enviromental Defenders Office. (2023). Driving Change or Just Filling the Tank? Unpacking the Greenwashing Tactics of the Automobile Industry. Retrieved from https://www.edo.org.au/driving-change-or-just-filling-the-tank-the-greenwashing-tactics-of-the-automobile-industry/

Farquhar, P. H. (1989). Managing Brand Equity. Marketing research, 1(3).

Fernando, A. G., Suganthi, L., & Sivakumaran, B. (2014). If You Blog, will They Follow? Using Online Media to Set The Agenda for Consumer Concerns on "Greenwashed" Environmental Claims. Journal of advertising, 43(2), 167-180.

Futerra Sustainability Communications. (2011). The Greenwash Guide. Retrieved from https://www.slideshare.net/slideshow/futerra-greenwash-guide/8503395

Grant, J. (2008). Green Marketing. Strategic direction, 24(6), 25-27.

Greenpeace. (2024). Unilever's Greenwashing and Vulnerability to Brand Damage: Briefing for Investors. Retrieved from https://www.greenpeace.org.uk/resources/unilever-greenwash-investor-briefing/

Grove, S. J., Fisk, R. P., Pickett, G. M., & Kangun, N. (1996). Going Green in The Service Sector: Social Responsibility Issues, Implications and Implementation. European journal of marketing, 30(5), 56-66.

Guo, R., Zhang, W., Wang, T., Li, C. B., & Tao, L. (2018). Timely or Considered? Brand Trust Repair Strategies and Mechanism After Greenwashing in China—From a Legitimacy Perspective. Industrial marketing management, 72, 127-137.

Güntay, G. Y. (2020). Yeşil Reklamlarda Tüketicinin Bilinçlendirilmesine Yönelik Çevreci Söylemlerin Analizi. Selçuk İletişim, 13(2), 501-533.

Ha, M.-T. (2021). Optimizing Green Brand Equity: The Integrated Branding and Behavioral Perspectives. SAGE Open, 11(3), 21582440211036087.

Ha, M. T., Ngan, V. T. K., & Nguyen, P. N. (2022). Greenwash and Green Brand Equity: The Mediating Role of Green Brand Image, Green Satisfaction and Green Trust and The Moderating Role of Information and Knowledge. Business Ethics, The Environment & Responsibility, 31(4), 904-922.

Hamann, R., & Kapelus, P. (2004). Corporate Social Responsibility in Mining in Southern Africa: Fair Accountability or Just Greenwash? Development, 47(3), 85-92.

Hamilton, S. F., & Zilberman, D. (2006). Green Markets, Eco-Certification, and Equilibrium Fraud. Journal of environmental economics and management, 52(3), 627-644.

Hartmann, P., & Apaolaza Ibáñez, V. (2006). Green Value Added. Marketing intelligence & planning, 24(7), 673-680.

Hartmann, P., Apaolaza Ibáñez, V., & Forcada Sainz, F. J. (2005). Green Branding Effects on Attitude: Functional Versus Emotional Positioning Strategies. Marketing intelligence & planning, 23(1), 9-29.

Horton, H. (2022). Activists Accuse Drinks Firm Innocent of 'Greenwashing' with Ad. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2022/feb/02/activists-accuse-drinks-firm-innocent-greenwashing-plastics-rebellion-advertising-tv-advert

Hulse, S. (2024). We called out Shell's false claims on carbon offsets. Greenpeace. Retrieved from https://www.greenpeace.org/canada/en/story/63197/we-called-out-shells-false-claims-on-carbon-offsets/

Jamali, D., & Karam, C. (2018). Corporate Social Responsibility in Developing Countries as an Emerging Field of Study. International journal of management reviews, 20(1), 32-61.

Johnstone, M.-L., & Tan, L. P. (2015). An Exploration of Environmentally-Conscious Consumers and the Reasons Why They Do not Buy Green Products. Marketing intelligence & planning, 33(5), 804-825.

Kahraman, A., & Güven, E. (2019). Yeni Nesil Pazarlama Yaklaşımları-Vaka Analizleri İle. Ankara: Gazi Kitabevi.

Kalafatis, S. P., Pollard, M., East, R., & Tsogas, M. H. (1999). Green Marketing and Ajzen's Theory of Planned Behaviour: A cross-Market Examination. Journal of consumer marketing, 16(5), 441-460.

Keller, K. L. (1993). Conceptualizing, Measuring, and Managing Customer-Based Brand Equity. Journal of marketing, 57(1), 1-22.

Kim, E.-H., & Lyon, T. P. (2015). Greenwash vs. Brownwash: Exaggeration and Undue Modesty in Corporate Sustainability Disclosure. Organization science, 26(3), 705-723.

Kinoti, M. W. (2011). Green Marketing Intervention Strategies and Sustainable Development: A Conceptual Paper. International journal of business and social science, 2(23), 263-273.

Laufer, W. S. (2003). Social Accountability and Corporate Greenwashing. Journal of business ethics, 43(3), 253-261.

Lee, M. T., & Raschke, R. L. (2023). Stakeholder Legitimacy in Firm Greening and Financial Performance: What About Greenwashing Temptations? Journal of Business Research, 155, 113393.

Lin, J., Lobo, A., & Leckie, C. (2017). Green Brand Benefits and Their Influence on Brand Loyalty. Marketing intelligence & planning, 35(3), 425-440.

Liu, Y., Li, W., Wang, L., & Meng, Q. (2023). Why Greenwashing Occurs and What Happens Afterwards? A Systematic Literature Review and Future Research Agenda. Environmental Science and Pollution Research, 30(56), 118102-118116.

Lozano, J., Blanco, E., & Rey-Maquieira, J. (2010). Can Ecolabels Survive in The Long Run?: The Role of Initial Conditions. Ecological economics, 69(12), 2525-2534.

Lyon, T. P., & Maxwell, J. W. (2011). Greenwash: Corporate Environmental Disclosure Under Threat of Audit. Journal of economics & management strategy, 20(1), 3-41.

Lyon, T. P., & Montgomery, A. W. (2013). Tweetjacked: The Impact of Social Media on Corporate Greenwash. Journal of business ethics, 118, 747-757.

Lyon, T. P., & Montgomery, A. W. (2015). The Means and End of Greenwash. Organization & environment, 28(2), 223-249.

Majláth, M. (2016). How Does Greenwashing Effect The Firm, The Industry and The Society-The Case of The VW Emission Scandal. Proceedings of FIKUSZ '16 Symposium for Young Researchers, 111-126.

Markham, D., Khare, A., & Beckman, T. (2014). Greenwashing: A Proposal to Restrict its Spread. Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 16(04), 1450030.

Martin, Y. K., & Demren, G. A. S. (2024). Greenwashing within The Context of Nation Branding and National Reputation Management: Hennes&Mauritz (H&M)–A Swedish Case. Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi(18), 1-21.

Michel, A. (2025). La sincérité de la « stratégie climat » de TotalEnergies examinée devant la justice, une première en France. Le Monde. Retrieved from https://www.lemonde.fr/economie/article/2025/05/23/la-sincerite-de-la-strategie-climat-de-totalenergies-examinee-devant-la-justice-une-premiere-en-france_6607834_3234.html

Mitchell, V. W. (1999). Consumer Perceived Risk: Conceptualisations and Models. European journal of marketing, 33(1-2), 163-195.

Nahid-Ull-Islam, M., Hasan, S. M. M., Chowdhury, M. K. H., & Akter, M. (2025). Greenwashing and Bluewashing in The Textile Industry: Causes, Consequences, and Solutions for Sustainable Fashion. Tekstilna industrija, 73(1).

Netto, S. V. d. F., Sobral, M. F. F., Ribeiro, A. R. B., & Soares, G. R. d. L. (2020). Concepts and Forms of Greenwashing: A Systematic Review. Environmental Sciences Europe, 32, 1-12.

Ng, P. F., Butt, M. M., Khong, K. W., & Ong, F. S. (2014). Antecedents of Green Brand Equity: An Integrated Approach. Journal of business ethics, 121, 203-215.

Nguyen, T. T. H., Yang, Z., Nguyen, N., Johnson, L. W., & Cao, T. K. (2019). Greenwash and Green Purchase Intention: The Mediating Role of Green Skepticism. Sustainability, 11(9), 2653.

Niranjan, A. (2024). Danish Firm's 'Climate-Controlled Pork' Claim Misleading, Court Rules. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2024/mar/01/danish-firm-climate-controlled-pork-claim-misleading-court-rules

Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). The Halo Effect: Evidence for Unconscious Alteration of Judgments. Journal of personality and social psychology, 35(4), 250.

Nyilasy, G., Gangadharbatla, H., & Paladino, A. (2014). Perceived Greenwashing: The Interactive Effects of Green Advertising and Corporate Environmental Performance on Consumer Reactions. Journal of business ethics, 125(4), 693-707.

Oh, M. Y., & Ramaprasad, J. (2003). Halo Effect: Conceptual Definition and Empirical Exploration with Regard to South Korean Subsidiaries of US and Japanese Multinational Corporations. Journal of Communication Management, 7(4), 317-332.

Ottman, J., & Books, N. (1998). Green Marketing: Opportunity for Innovation. The Journal of Sustainable Product Design, 60(7), 136-667.

Ottman, J. A., Stafford, E. R., & Hartman, C. L. (2006). Avoiding Green Marketing Myopia: Ways to Improve Consumer Appeal for Environmentally Preferable Products. Environment: science and policy for sustainable development, 48(5), 22-36.

Owen, D., & Swift, T. (2001). Introduction Social Accounting, Reporting and Auditing: Beyond the Rhetoric? Business Ethics: A European Review, 10, 4-8.

Özsaçmacı, B. (2018). Yeşil Pazarlama Faaliyetlerinin Yeşil Marka Farkındalığı ve Tüketici Satın Alma Niyeti Üzerindeki Aracılık Etkisi. Business and Economics Research Journal, 9(4), 945-960.

Parguel, B., Benoit-Moreau, F., & Russell, C. A. (2015). Can Evoking Nature in Advertising Mislead Consumers? The Power of 'Executional Greenwashing'. International Journal of Advertising, 34(1), 107-134.

Peattie, K. (2001). Towards Sustainability: The Third Age of Green Marketing. The marketing review, 2(2), 129-146.

Peattie, K., Peattie, S., & Ponting, C. (2009). Climate Change: A Social and Commercial Marketing Mommunications Challenge. EuroMed Journal of Business, 4(3), 270-286.

Pizzetti, M., Gatti, L., & Seele, P. (2021). Firms Talk, Suppliers Walk: Analyzing The Locus of Greenwashing in The Blame Game and Introducing 'Vicarious Greenwashing'. Journal of business ethics, 170(1), 21-38.

Polonsky, M. J., Grau, S. L., & Garma, R. (2010). The New Greenwash?: Potential Marketing Problems with Carbon Offsets. International Journal of Business Studies: A Publication of the Faculty of Business Administration, Edith Cowan University, 18(1), 49-54.

Polonsky, M. J., & Mintu-Wimsatt, A. T. (1995). Environmental Marketing : Strategies, Practice, Theory, and Research. New York: Haworth Press.

Qayyum, A., Jamil, R. A., & Sehar, A. (2023). Impact of Green Marketing, Greenwashing and Green Confusion on Green Brand Equity. Spanish Journal of Marketing-ESIC, 27(3), 286-305.

Ramus, C. A., & Montiel, I. (2005). When are Corporate Environmental Policies a Form of Greenwashing? Business & society, 44(4), 377-414.

Rex, E., & Baumann, H. (2007). Beyond Ecolabels: What Green Marketing Can Learn from Conventional Marketing. Journal of cleaner production, 15(6), 567-576.

Sheehan, K., & Atkinson, L. (2012). Special Issue on Green Advertising. Revisiting Green Advertising and the Reluctant Consumer. 41(4), 5–7. doi:10.2753/JOA0091-3367410400

Siano, A., Vollero, A., Conte, F., & Amabile, S. (2017). "More than Words": Expanding The Taxonomy of Greenwashing after The Volkswagen Scandal. Journal of Business Research, 71, 27-37.

Silva, F., & Cortez, M. C. (2016). The Performance of US and European Green Funds in Different Market Conditions. Journal of cleaner production, 135, 558-566.

Simon, C. J., & Sullivan, M. W. (1993). The Measurement and Determinants of Brand Equity: A Financial Approach. Marketing science, 12(1), 28-52.

Solomon, J. F., & Rhianon Pel Edgley, C. (2008). The Abandoned Mandatory OFR: A Lost Opportunity for SER? Social Responsibility Journal, 4(3), 324-348.

Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun, 28835 C.F.R. (2013).

Tellan, D. (2015). Pazarlama İletişimi Ekseninde Çevrecilik: Yeşil Kurum, Marka ve Halkla İlişkiler. Atatürk İletişim Dergisi(9), 77-90.

TerraChoice. (2010). The Sins of Greenwashing: Home and Family Edition (Online). Retrieved from http://sinsofgreenwashing.com/index35c6.pdf

The Sustainable Agency. (2025). Greenwashing: 18 Recent Stand-Out Examples. Retrieved from https://thesustainableagency.com/blog/greenwashing-examples/

Thompson, E. (2022). Greenwashing is Driving Our Descent into Climate Catastrophe. But We Can Stop it. Retrieved from https://www.greenpeace.org/international/story/55012/greenwashing-is-driving-our-descent-into-climate-catastrophe-but-we-can-stop-it/

Torelli, R., Balluchi, F., & Lazzini, A. (2020). Greenwashing and Environmental Communication: Effects on Stakeholders' Perceptions. Business Strategy and the Environment, 29(2), 407-421.

Toto, D. (2019). SC Johnson launches Windex bottle made completely from ocean plastics. Recycling Today. Retrieved from https://www.recyclingtoday.com/news/sc-johnson-launches-windex-bottle-made-with-ocean-bound-plastics/

Tu, J.-C., Cui, Y., Liu, L., & Yang, C. (2024). Perceived Greenwashing and its Impact on the Green Image of Brands. Sustainability, 16(20), 9009.

United Nations Alliance for Sustainable Fashion. (2025). What is the UN Alliance for Sustainable Fashion? Retrieved from https://unfashionalliance.org/

Uydacı, M. (2011). Yeşil Pazarlama. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

Uzun, R. (2007). İletişim Etiği Sorunlar ve Sorumluluklar. Ankara: Gazi Üniversitesi İletişim Fakültesi.

Veral, E. S. (2022). Yeşil Yıkama İle Mücadele: Avrupa Birliği'nde Yeşil İddiaların Doğrulanması Girişimi. Sayıştay Dergisi, 33(124), 101-109.

Walker, K., & Wan, F. (2012). The Harm of Symbolic Actions and Green-Washing: Corporate Actions and Communications on Environmental Performance and Their Financial Implications. Journal of business ethics, 109, 227-242.

Yang, Z., Nguyen, T. T. H., Nguyen, H. N., Nguyen, T. T. N., & Cao, T. T. (2020). Greenwashing Behaviours: Causes, Taxonomy and Consequences Based on a Systematic Literature Review. Journal of business economics and management, 21(5), 1486-1507.

Yıldız, E., & Kırmızıbiber, A. (2019). Yeşil Aklamanın Yeşil Marka Değeri Üzerindeki Etkileri: Otomobil Markaları Üzerine Bir Uygulama. Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi, 7(2), 566-584.

Zaidi, S. M. M. R., Yifei, L., Bhutto, M. Y., Ali, R., & Alam, F. (2019). The Influence of Consumption Values on Green Purchase Intention: A Moderated Mediation of Greenwash Perceptions and Green Trust. Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS), 13(4), 826-848.

Zervoudi, E. K., Moschos, N., & Christopoulos, A. G. (2025). From the Corporate Social Responsibility (CSR) and The Environmental, Social and Governance (ESG) Criteria to The Greenwashing Phenomenon: A Comprehensive Literature Review About The Causes, Consequences and Solutions of The Phenomenon with Specific Case Studies. Sustainability, 17(5), 2222.

HORİZON AVRUPA KÜME 6 ÇAĞRILARININ TÜRKİYE TARIMINA ETKİLERİ VE 2024 YILI KATILIMCI KURULUŞLAR ÜZERİNDEN BİR DEĞERLENDİRME

Salih Soner GÜLER
Gençlik Proje ve İnovasyon Enstitüsü, HORIZON ve Uluslararası Projeler Departmanı
ORCID: 0009-0008-8010-6425

Ümit Güven AKÇAKAYA
Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Politikası Bölümü
ORCID: 0000-0001-9677-0998

ÖZET
Avrupa Birliği'nin araştırma ve inovasyon çerçeve programı olan *HORIZON Europe*, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda çevre, gıda ve tarım sistemlerinde dönüşümü amaçlayan en kapsamlı fon mekanizmasıdır. Bu programın Küme 6 (Cluster 6 – Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment) başlığı, doğrudan kırsal kalkınma, tarım ekonomisi, biyoekonomi ve doğal kaynak yönetimi alanlarında yenilikçi araştırmalara odaklanmaktadır.
Bu bildiride, Horizon Europe Küme 6 kapsamında yürütülen çağrıların Türkiye tarımına olası etkileri ve 2024 yılında Türkiye'den bu çağrılara katılım sağlayan kuruluşların rolü incelenmiştir. TÜBİTAK Ulusal İrtibat Noktası verileri ve Avrupa Komisyonu açık veri kaynaklarından elde edilen bilgiler ışığında yapılan analizler, çağrıların Türkiye'nin tarımsal dönüşüm süreçlerinde önemli bir kaldıraç etkisi yarattığını göstermektedir.
Küme 6 çağrıları, Türkiye'de iklim dostu üretim teknolojilerinin yaygınlaşması, kırsal alanlarda sosyal kapsayıcılığın artması, akıllı tarım uygulamalarının entegrasyonu, biyoekonomiye dayalı yeni iş modellerinin geliştirilmesi ve politika yapım süreçlerinin veri temelli hale gelmesi gibi çok boyutlu katkılar sunmaktadır. Özellikle "Communities" ve "Farm2Fork" temalı çağrılar aracılığıyla, kırsal bölgelerde sosyal yenilik ve üretici kooperatiflerinin dijital dönüşümüne yönelik kapasite artışı sağlanmıştır.
2024 yılı itibarıyla Türkiye'den Kastamonu Entegre A.Ş., Çukurova Üniversitesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Marin Biyoteknoloji & Gıda Sanayi Ltd., EREKS Konfeksiyon Sanayi A.Ş. gibi kuruluşların HORIZON Europe Küme 6 projelerinde yer aldığı belirlenmiştir. Bu projeler, sürdürülebilir kaynak yönetimi, tarımsal atıkların biyoyakıta dönüştürülmesi, kırsal kalkınmada inovatif iş modelleri ve çevresel kirliliğin azaltılması konularında yürütülmektedir.
Sonuç olarak, HORIZON Avrupa'nın Küme 6 çağrıları Türkiye tarımının dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve rekabet gücü açısından önemli fırsatlar sunmakta; kamu, üniversite ve özel sektör işbirliklerinin uluslararası düzeyde güçlenmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin gelecekteki tarım politikalarında, HORIZON destekli bilgi ve inovasyon ağlarının stratejik öneme sahip olduğu görülmektedir.
Anahtar Kelimeler: Horizon Europe, Cluster 6, Kırsal Kalkınma, Tarım Ekonomisi, Biyoekonomi, Sürdürülebilir Tarım, Türkiye

THE IMPACT OF HORIZON EUROPE CLUSTER 6 CALLS ON TURKISH AGRICULTURE: AN EVALUATION BASED ON 2024 PARTICIPATING ORGANIZATIONS

ABSTRACT

The *HORIZON Europe* programme, as the European Union's primary research and innovation framework, represents the most comprehensive funding mechanism aimed at transforming environmental, agricultural, and food systems in line with sustainable development goals. Within this framework, Cluster 6 (Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment) directly focuses on innovative research in the fields of rural development, agricultural economics, bioeconomy, and sustainable resource management.

This paper examines the potential impacts of Horizon Europe Cluster 6 calls on Turkish agriculture and the role of Turkish organizations participating in these calls in 2024. Based on data obtained from TÜBİTAK's National Contact Point and open-access databases of the European Commission, the analysis demonstrates that these calls have created a significant leverage effect in Turkiye's agricultural transformation processes.

Cluster 6 calls contribute to multiple dimensions, including the adoption of climate-friendly agricultural technologies, enhancement of social inclusion in rural areas, integration of smart farming applications, development of new bioeconomy-based business models, and data-driven policymaking. In particular, the "Communities" and "Farm2Fork" themed calls have strengthened social innovation and the digital transformation capacity of rural cooperatives.

As of 2024, several Turkish organizations such as Kastamonu Entegre A.Ş., Çukurova University, Muğla Sıtkı Koçman University, Marin Biotechnology & Food Industry Ltd., and EREKS Textile Industry Co. have actively participated in HORIZON Europe Cluster 6 projects. These projects cover areas such as sustainable resource management, conversion of agricultural waste into biofuels, innovative business models for rural development, and reduction of environmental pollution.

In conclusion, HORIZON Europe Cluster 6 calls offer substantial opportunities for Türkiye in terms of digitalization, sustainability, and competitiveness in agriculture. They also foster international cooperation among public institutions, universities, and private sector stakeholders. Therefore, Horizon-supported knowledge and innovation networks are expected to play a strategic role in shaping Turkiye's future agricultural policies

Keywords: Horizon Europe, Cluster 6, Rural Development, Agricultural Economics, Bioeconomy, Sustainable Agriculture, Turkiye

TÜRKİYE'NİN KONYA İLİ EKOLOJİK ŞARTLARINDA DOĞRUDAN EKİM SİSTEMİNDE EKİM NÖBETLERİNİN BUĞDAY VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Öğr.Üyesi İrfan ÖZER
Selçuk Üniversitesi, Sarayönü Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Tohumculuk Teknolojileri Programı
ORCID: 0000-0001-5857-8938

Prof. Dr. Seydi Ahmet BAĞCI
Selçuk Üniversitesi, Sarayönü Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Tohumculuk Teknolojileri Programı
ORCID: 0000-0002-6513-8890

ÖZET

Bu çalışma, Orta Anadolu'nun kurak iklim koşullarında doğrudan ekim sistemine uygun ekim nöbetlerinin belirlenmesi amacıyla, Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanında üç yıl süreyle yürütülmüştür. Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekim nöbeti sisteminde ön bitki olarak buğday (*Triticum aestivum* L., cv. Karahan 99), arpa (*Hordeum vulgare* L., cv. Larende), nohut (*Cicer arietinum* L., cv. Azkan), mercimek (*Lens culinaris* Medik., cv. Meyveci 2001), Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz, cv. Budak), yem bezelyesi (*Pisum sativum* L., cv. Özkaynak), aspir (*Carthamus tinctorius* L., cv. Ayaz) bitkileri ile kimyasal nadas uygulamaları karşılaştırılmıştır. Ön bitkilerden sonra yetiştirilen buğdayda verim (bitki boyu, biomas, bin dane ağırlığı, dane verimi) ve kalite (hektolitre ağırlığı, protein oranı, sertlik ve zeleny değeri) özellikleri incelenmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler 2016–2017 ve 2017–2018 üretim yıllarına ait veriler üzerinden yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, incelenen tüm parametrelerde (zeleny değeri hariç) yıllar ve uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). 2016–2017 üretim yılında farklı ön bitkilerden sonra ekilen buğdaylarda dane verimi 344–405 kg/da, biomas 881–1071 kg/da, hasat indeksi 0,370–0,442, bin dane ağırlığı 33,2–36,6 g, hektolitre ağırlığı 380–387 kg ve protein oranı %13,5–14,7 arasında değişmiştir. 2017–2018 üretim yılında ise verim değerleri genel olarak azalmış; dane verimi 100–291 kg/da, biomas 313–822 kg/da, hasat indeksi 0,258–0,372, bin dane ağırlığı 30,6–35,3 g, hektolitre ağırlığı 375–392 kg ve protein oranı %11,7–14,6 aralığında belirlenmiştir. En yüksek buğday dane verimi 2016–2017 yılında nohut ön bitkisinden sonraki buğday ekiminden (405 kg/da), en düşük verim ise Macar fiği ön bitkisinden sonraki buğday ekiminden (344 kg/da) elde edilmiştir. 2017–2018 yılında arpa sonrası buğdayda 100 kg/da, aspir sonrası buğdayda 127 kg/da ürün alınmıştır. Sonuç olarak, doğrudan ekim sisteminde buğdayın dane verimi 100–405 kg/da, protein oranı ise %11,7–14,7 arasında değişmiştir. Buğday verimi üzerine ön bitki türü ve yıllık yağış miktarlarının önemli etkiler oluşturduğu; özellikle baklagil ön bitkilerinin verim ve kalite açısından olumlu sonuçlar sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan ekim, buğday, verim, protein oranı, Orta Anadolu, ekim nöbeti.

THE EFFECTS OF CROP ROTATION IN NO-TILL SYSTEM ON WHEAT YIELD AND QUALITY IN THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF KONYA PROVINCE, TÜRKİYE

ABSTRACT
This study was conducted over a three-year period at the Konya Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute in order to determine suitable crop rotation systems for direct seeding under the arid climatic conditions of Central Anatolia. The experiment was established in a randomized complete block design with four replications. In the crop rotation system, wheat (*Triticum aestivum* L., cv. Karahan 99), barley (*Hordeum vulgare* L., cv. Larende), chickpea (*Cicer arietinum* L., cv. Azkan), lentil (*Lens culinaris* Medik., cv. Meyveci 2001), Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz, cv. Budak), forage pea (*Pisum sativum* L., cv. Özkaynak), safflower (*Carthamus tinctorius* L., cv. Ayaz), and chemical fallow were used as preceding crops. After these crops, wheat was grown, and yield (plant height, biomass, thousand-grain weight, grain yield) and quality (hectoliter weight, protein content, hardness, and Zeleny sedimentation value) characteristics were examined. Statistical analyses were conducted using data from the 2016–2017 and 2017–2018 growing seasons. According to the results, differences among years and treatments were statistically significant for all parameters (except for Zeleny value) ($p<0.01$). In the 2016–2017 growing season, grain yield of wheat following different preceding crops ranged between 344–405 kg/da, biomass 881–1071 kg/da, harvest index 0.370–0.442, thousand-grain weight 33.2–36.6 g, hectoliter weight 380–387 kg, and protein content 13.5–14.7%. In the 2017–2018 season, yield values generally decreased; grain yield ranged between 100–291 kg/da, biomass 313–822 kg/da, harvest index 0.258–0.372, thousand-grain weight 30.6–35.3 g, hectoliter weight 375–392 kg, and protein content 11.7–14.6%. The highest wheat grain yield (405 kg/da) in 2016–2017 was obtained from wheat grown after chickpea, while the lowest (344 kg/da) was obtained after Hungarian vetch. In 2017–2018, the lowest yields were recorded after barley (100 kg/da) and safflower (127 kg/da). In conclusion, under direct seeding conditions, wheat grain yield ranged between 100–405 kg/da, and protein content varied between 11.7–14.7%. It was determined that preceding crop type and annual precipitation had significant effects on wheat yield, and legume crops in particular had positive impacts on both yield and quality.
Keywords: Direct seeding, wheat, yield, protein content, Central Anatolia, crop rotation.

INTRODUCTION
The rapidly increasing global population, the environmental pressures caused by climate change, and the widespread soil degradation observed in agricultural lands are among the most critical factors threatening the future of sustainable agricultural production. In particular, in arid and semi-arid agroecosystems, intensive soil tillage leads to a decline in soil organic matter (SOM), deterioration of aggregate stability, increased erosion rates and accelerated carbon losses—all of which adversely affect the long-term productivity of production systems (Smith & Weldon, 1941; Lal, 2015; Herzfeld et al., 2021). The degradation caused by conventional soil tillage not only weakens soil functions but also increases production costs, thereby conflicting with the sustainability objectives of modern agriculture. Consequently, in recent years, global interest in management strategies that reduce soil tillage intensity has increased substantially, and tillage-reducing systems have become a central focus of agricultural research, particularly in regions with limited water resources (Aslan, 2006; Sadiq et al., 2025).

In this context, wheat—holding a strategic position in Turkey's cereal production—has particular importance due to its fundamental role in human nutrition and its economic significance (Acar et al., 2017). Konya, the province with the largest agricultural land area in Central Anatolia, is characterized by semi-arid climatic conditions, low and irregular precipitation, high evapotranspiration rates and limited water resources. Wheat yield in the region is largely dependent on the amount and distribution of annual precipitation, and insufficient rainfall during critical stages such as tillering and heading can lead to substantial yield losses. These conditions necessitate production systems that prioritize water conservation and maximize soil moisture retention under Konya's ecological conditions.

Traditional production practices in Konya indicate that wheat is commonly grown in a wheat–fallow rotation or as continuous monoculture wheat production. Although this system provides short-term advantages by reducing input use, it leads to long-term soil fertility decline, increased weed and disease pressure, accelerated loss of organic matter, and reductions in yield. Continuous wheat cultivation, in particular, increases the prevalence of pathogens such as *Fusarium spp.* and root rot agents due to residue-associated inoculum build-up, causing economic losses. Under these circumstances, alternative crop rotation schemes and reduced tillage practices must be evaluated together to ensure sustainable production (Korucu et al., 1998).

At this point, the Conservation Agriculture (CA) approach has emerged worldwide as one of the leading sustainable production strategies (Aykas & Önal, 1999). Defined by FAO (2010) as a system based on three core components—(i) minimum soil disturbance, (ii) permanent soil cover and (iii) diversified crop rotations—CA offers significant advantages for maintaining soil health, enhancing biological activity, improving water use efficiency and reducing input costs. Recent studies have demonstrated that CA practices improve soil ecosystems and provide long-term yield stability (Asam et al., 2020; Sanaullah et al., 2019).

One of the most important components of conservation agriculture is the no-till (NT) system, in which sowing is conducted directly into unplowed soil covered with crop residues. In no-till systems, the continuous residue cover increases rainfall infiltration while reducing surface runoff and erosion (Altıkat et al., 2013). The residue mulch also helps limit evaporation losses, thereby preserving soil moisture for longer periods. Research conducted in Turkey has shown that no-till practices provide significant benefits in terms of soil moisture conservation and energy savings, particularly in arid and semi-arid environments (Acar et al., 2017). A long-term study carried out in Central Anatolia reported that the no-till system produced significantly higher wheat yields compared to conventional tillage, with this advantage becoming more pronounced in dry years. While the no-till system yielded 3388.9 kg ha^{-1}, the conventional system produced 2290 kg ha^{-1} (Acar et al., 2017). These findings indicate that no-till farming may provide substantial benefits in semi-arid agroecosystems such as Konya, where water availability is a major limiting factor.

However, the success of no-till systems depends not only on avoiding soil disturbance but also on maintaining adequate surface residue cover and implementing an effective crop rotation program. International studies have shown that no-till applied alone may lead to initial yield reductions due to increased weed pressure and slower organic matter turnover; however, when combined with appropriate crop rotations, the system provides notable improvements in soil properties and yield within 3–7 years (Smith & Weldon, 1941; Sayre et al., 2006; Herzfeld et al., 2021). Thus, integrating no-till practices with well-designed crop rotations is essential for enhancing soil health and ensuring sustainable increases in system productivity.

Crop rotation is an effective strategy for mitigating the physical, chemical and biological degradation caused by cereal monoculture. In particular, the inclusion of legumes in rotations contributes significantly to soil fertility through biological nitrogen fixation. Mesfin et al. (2023) reported that legume–wheat sequences increase wheat yield and elevate soil mineral nitrogen levels. Similarly, the high nitrogen content of legume residues provides a long-term nutrient source in arid regions, enhancing water use efficiency. The enrichment of rhizosphere biology and improvements in soil structure through diversified rotations also support the sustainability of production systems (Sadiq et al., 2025).

Despite the well-documented agronomic benefits of crop rotation and no-till systems, their adoption in Turkey remains limited due to technical and sociological constraints. A study conducted in Konya found that the proportion of farmers using no-till was as low as 2%, and producers were reluctant to adopt the system due to concerns regarding "yield loss," "increased weed pressure," and "machinery incompatibility." These findings indicate that, beyond technical limitations, factors such as knowledge level, risk perception and traditional habits play a crucial role in adoption.

Therefore, evaluating the effects of different crop rotation combinations under no-till conditions on wheat yield and quality parameters is of great importance for a semi-arid region such as Konya. Such studies will contribute substantially to improving soil health and developing sustainable production models (Serraj & Siddique, 2012). Moreover, the findings will play a key role in transforming existing farmer practices, guiding agricultural support and policy development processes, and achieving environmental sustainability goals. In particular, the use of legumes and forage crops as preceding crops holds strong potential in rotation systems due to their contributions to biological nitrogen enrichment and their positive effects on soil physical structure. Thus, evaluating the impact of different preceding crops—such as chickpea, lentil, vetch, forage pea, safflower and barley—on wheat production under no-till conditions in Konya may provide innovative and sustainable alternatives for regional agriculture.

In conclusion, the combined assessment of no-till systems and diversified crop rotations constitutes a strategic approach for sustainable wheat production in arid and semi-arid agroecosystems. Scientific studies conducted within this framework will provide comprehensive knowledge regarding soil health, wheat yield and quality improvements, thereby contributing to the development of sustainable production models for the Konya region.

3. MATERIALS AND METHODS

This study was conducted over a three-year period on the experimental fields of the Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute (BDUTAE) in Konya, based on a fixed-plot (permanent experimental plot) design, in order to identify feasible crop rotation systems under no-till dryland conditions. The research area is located at an altitude of 1028 m above sea level, at 37°52′ N latitude and 32°30′ E longitude.

Since the experiments were carried out under rainfed conditions, crop varieties registered for the dryland environment of Central Anatolia and proven for regional adaptation were used as preceding crops. Karahan 99 was used for wheat; Larende for barley; Azkan for chickpea; Meyveci 2001 for green lentil; Budak for Hungarian vetch; Özkaynak for forage pea; and Ayaz for safflower. All of these varieties are recommended for the region due to their high adaptation capacity, disease resistance or favorable quality attributes.

The no-till seeder used in the study was a trailed, gearbox-equipped machine capable of operating in untilled and residue-covered fields, with precise seed and fertilizer metering settings.

The machine is designed to avoid residue accumulation, with independently operating double-disc openers. Seed coverage after sowing is provided by press wheels located at the rear (Demiralay, 1993).

The field trials were established in a randomized block design with four replications, using a rotational strip layout on fixed plots to minimize year effects (Yurtsever, 1984). Each plot measured 10 m in length and 6 m in width (60 m²), with 10 m buffer spacing between plots. Sowing was performed using the no-till method; all crop residues were left on the soil surface, and a total herbicide was applied before sowing.

Protein analyses were carried out using a NIR device calibrated with the Kjeldahl method (AACC Method 39-10). Zeleny sedimentation values were determined using ICC Standard No. 116.

Soil analyses conducted at the end of the 2014–2015 growing season (Table 1) indicated that the soils generally had a clay-loam texture. The pH values were above 8.0, indicating slightly alkaline conditions, and the soils were classified as non-saline. Lime content was high, while phosphorus (P_2O_5) levels were low. Potassium (K_2O) content was found to be sufficient. Bulk density ranged from 1.43 to 1.48 g cm^{-3}, and organic matter content exceeded 2.0% (Kacar, 1994).

Table 1. Average Physical and Chemical Soil Properties of the Experimental Area (BDUTAE) at the End of the 2014–2015 Growing Season

Crop	Texture Class	Bulk Density (g/cm^3)	Organic Matter (%)	pH	Salinity Class	P_2O_5 (kg da^{-1})	K_2O (kg da^{-1})	$CaCO_3$ (%)
Barley	Clay loam	1,48	2,35	8,17	Non-saline	1,65	82	22,54
Wheat	Clay loam	1,45	2,43	8,24	Non-saline	2,14	86	23,24
Safflower	Clay loam		2,32	8,35	Non-saline	2,02	93	23,59
Hungarian vetch	Clay loam	1,43	2,40	8,24	Non-saline	2,57	70	23,42
Forage pea	Clay loam	1,44	2,33	8,28	Non-saline	1,91	73	23,07
Chickpea	Clay loam	1,46	2,24	8,10	Non-saline	2,25	82	24,29
Lentil	Clay loam	1,46	2,27	8,15	Non-saline	2,90	76	23,42
Chemical fallow	Clay loam	1,44	2,16	8,12	Non-saline	3,04	75	22,72

The monthly precipitation values recorded during the wheat growing seasons of the study years, along with their comparison to the long-term averages, are presented in Table 2. Notably, during the 2015–2016 growing season, the total precipitation received throughout the wheat season (200.2 mm) was considerably lower than the long-term average (308.9 mm), indicating the occurrence of severe drought conditions.

Table 2. Precipitation (mm) During the Wheat Growing Season at the Experimental Site of the Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute

Precipitation	Months								
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Total
2015-2016	42,4	2,8	37,8	9,4	35,2	18,4	0,2	0	200,2
2016-2017	18,0	3,0	98,0	21,0	41,0	18,4	0	19,0	273,8
2017-2018	4,6	0,2	36,0	14,4	72,2	38,8	20,4	0,8	289,0
LTA*	34,4	24,4	26,2	38,8	41,7	20,1			308,9

*LTA: Long-term average precipitation.

The experiments were conducted under a no-tillage system, in which the soil was left untilled prior to sowing, and seeds and fertilizer were placed using a specialized no-till seeder that minimally disturbs the soil surface. All crop residues were retained on the soil surface after harvest, and a total herbicide was applied before sowing depending on weed pressure.
The data obtained from the experiment were subjected to analysis of variance (ANOVA) based on the principles described by Yurtsever (1984), and the results were interpreted accordingly.

RESULTS AND DISCUSSION

The primary objective of this study was to identify suitable rotation crops for use under no-till conditions in the arid and semi-arid environments of Central Anatolia, and to determine their effects on subsequent wheat yield and quality parameters. For this purpose, cool-season cereals commonly grown in Central Anatolia, along with legumes, safflower and current farmer practices (continuous wheat), were evaluated under no-tillage conditions.
In the first year of the study, the trials were initiated on fields harvested from wheat; therefore, only plots where continuous wheat was sown could be harvested. For this reason, statistical comparison among rotation treatments was not possible. Wheat yield in the first year was recorded as 401 kg da^{-1} (Table 3), which provided a baseline value for wheat yield under no-till conditions in a year when precipitation and temperature patterns were close to the long-term averages for Konya.

Table 3. Wheat Yield, Yield Components, and Selected Quality Parameters in the 2014–2015 Growing Season

Crop	Biomass (kg da^{-1})	Yield (kg da^{-1})	Harvest Index (%)	1000-Kernel Weight (g)	Spikes m^{-2}	Kernels m^{-2}	Kernels $Spike^{-1}$	Test Weight (kg)	Protein (%)
Wheat	1498	401	26,6	36,40	656	11003	16,7	76,4	11,845

Wheat yields obtained throughout the study period showed considerable variability between years, and in some years (particularly the extremely dry 2015–2016 season), yields could not be obtained from many plots due to insufficient precipitation (Table 2). This clearly indicates that precipitation is a major determinant of agricultural production in the region, and confirms the widely accepted view that the amount and distribution of annual rainfall are critical factors influencing the success of regional crop rotation systems.

In years when precipitation fell to critically low levels, chemical fallow resulted in the highest wheat yields. In the 2015–2016 growing season, no yield was obtained from plots sown to wheat following preceding crops due to severe drought, whereas plots under chemical fallow produced 162 kg da^{-1}, supported by the moisture retained from the previous year (Table 4). This finding highlights, even under a no-till system, the continued importance of fallow (in this case, chemical fallow) in overcoming the challenges of low precipitation, and is consistent with the results reported by Sayre et al. (2006). However, continuous use of chemical fallow may not be desirable due to reliance on herbicides and uncertainty regarding drought occurrence, suggesting that its use at a limited frequency may represent a more appropriate approach.

Table 4. Wheat Yield, Yield Components, and Selected Quality Parameters Following Chemical Fallow in the 2015–2016 Growing Season

Preceding Crop	Biomass (kg da^{-1})	Yield (kg da^{-1})	Harvest Index (%)	1000-Kernel Weight (g)	Spikes m^{-2}	Kernels m^{-2}	Kernels Spike^{-1}	Zeleny (mL)	Protein (%)
Wheat	650	162	25.5	32.32	619	4969	8.8	43.3	14.4

Tables 5 and 6 present the analyses of variance (ANOVA) for wheat yield, yield components and selected quality parameters for the 2016–2017 and 2017–2018 growing seasons following different preceding crops.

As can be seen from Table 5, preceding crops did not have a statistically significant effect on the traits evaluated in the 2016–2017 growing season. Although yield values ranged from 344 kg da^{-1} (after vetch) to 405 kg da^{-1} (after chickpea), these differences were not statistically significant. This is likely due to the extreme drought in the preceding 2015–2016 growing season, during which yields could not be obtained, thereby disrupting the rotation cycle and preventing the expected pre-crop effects from being expressed.

Table 5. Wheat Yield, Yield Components, and Selected Quality Parameters Following Different Preceding Crops in the 2016–2017 Growing Season

Preceding Crop	Yield (kg da^{-1})	Biomass (kg da^{-1})	Plant Height (cm)	1000-Kernel Weight (g)	Test Weight (kg)	Protein (%)	Hardness (PSI)	Zeleny (mL)
Barley	396	1044	88,8	33,97	76,2	14,65	37,0	52,54
Safflower	364	881	85,0	35,31	77,3	14,09	36,3	52,77
Wheat	366	909	86,9	35,03	76,6	13,79	36,8	50,40
Vetch	344	899	82,5	33,21	76,1	14,27	37,0	50,07
Chemical fallow	384	934	88,8	36,56	77,4	13,43	32,0	49,12
Lentil	394	1071	88,8	34,26	76,8	14,25	37,0	48,94
Chickpea	405	984	88,1	36,03	77,4	13,65	34,8	53,89
Forage pea	385	1024	83,8	34,75	384,25	14,51	37,0	48,34

In the 2017–2018 growing season, wheat yields differed significantly according to preceding crops ($p < 0.01$), and the ANOVA results clearly demonstrated the significant effect of the preceding crop on wheat yield (Table 6). The highest yield was obtained from the chemical fallow treatment, with 291 kg da^{-1}. This finding supports the notion that chemical fallow is the most efficient short-term strategy for moisture conservation (Gültekin et al., 2011). These results are consistent with earlier regional studies and reaffirm the importance of fallow in mitigating moisture stress, even under no-till conditions.

Wheat yields following grain legumes (chickpea and lentil) were lower than those obtained under chemical fallow; however, they performed better than other crops. Wheat yields following chickpea and lentil were 198 kg da^{-1} and 196 kg da^{-1}, respectively. This indicates that legumes are suitable options for no-till rotation systems (Avcı et al., 2003).

The lowest yields were obtained after barley (100 kg da^{-1}) and continuous wheat (112 kg da^{-1}). These cereal–cereal rotations are known to suppress wheat yield due to root diseases and nutrient competition, and thus should be avoided, consistent with the literature (Williams et al., 1988). Wheat yield after safflower (127 kg da^{-1}) was also low, which may be attributed to safflower's high water consumption leading to reduced moisture availability for the subsequent wheat crop.

Table 6. Wheat Yield, Yield Components, and Selected Quality Parameters Following Different Preceding Crops in the 2017–2018 Growing Season

Preceding Crop	Yield (kg da^{-1})	Biomass (kg da^{-1})	Plant Height (cm)	1000-Kernel Weight (g)	Test Weight (kg)	Protein (%)	Hardness (PSI)	Zeleny (mL)
Barley	100	340	57,5	30,60	75,0	14,58	24,58	41,00
Safflower	127	459	66,3	31,59	75,5	14,15	25,14	39,25
Wheat	112	478	60,1	31,05	75,9	14,05	22,11	41,25
Vetch	120	313	66,9	33,17	77,1	13,85	19,30	41,50
Chemical fallow	291	822	104,4	35,27	78,0	11,66	20,37	36,50
Lentil	196	550	53,8	34,35	78,4	13,28	20,93	38,00
Chickpea	198	567	73,1	33,51	77,5	13,47	19,55	38,25
Forage pea	101	366	47,9	30,63	75,6	14,54	28,10	41,75
p<	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	ÖD	ÖD

$p < 0.01$ for yield, biomass, plant height, 1000-kernel weight, test weight, protein content, and hardness (PSI); **NS (non-significant)** for Zeleny sedimentation values.

Among wheat quality parameters, protein content and Zeleny sedimentation values differed significantly according to the preceding crops (Uluöz, 1965). Protein content generally ranged from 11.66% to 14.58%. The highest protein content (14.58%) was observed in wheat following barley, whereas the lowest (11.66%) was recorded in wheat following chemical fallow. This may be attributed to the dilution effect resulting from low yield after barley and the tendency of stressed plants to accumulate higher protein concentrations.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

This study highlights a critical aspect for the widespread adoption of no-tillage systems in Central Anatolia. The success of the system depends not only on eliminating tillage but also on implementing appropriate crop rotations and ensuring effective soil moisture management (Kassam et al., 2012). The findings strongly support the adoption of diversified rotation systems incorporating chemical fallow and food legumes (chickpea and lentil), rather than relying solely on simple two-crop rotations, in alignment with farmer priorities (Avcı et al., 1999). Since the advantages of no-tillage over conventional tillage generally become evident after 4–5 years, continuation of this research through a new project established on the existing fixed experimental plots is recommended. This will contribute to natural resource conservation and support the expansion of alternative crop groups in the region, in accordance with the principles of no-tillage systems.

The results clearly demonstrate that no-tillage systems in Central Anatolia require a strong foundational framework for successful adoption. Consistent with farmer needs, diversified rotation systems, including chemical fallow and food legumes (particularly chickpea and lentil), provide a more suitable approach than simple two-crop rotations.

This research evaluated the effects of crop rotation systems on wheat yield and quality under dryland conditions within a no-tillage (NT) system through three years of fixed-plot experiments, which is critical for assessing the sustainability of no-tillage under the arid conditions of Central Anatolia (Lal et al., 2007).

The findings confirmed that annual precipitation is the most decisive factor in regional agriculture. During years of severe drought, plots where wheat was sown after preceding crops produced negligible yields, while chemical fallow enabled economically viable yields (162 kg da^{-1}) due to conserved soil moisture. This demonstrates that chemical fallow remains an indispensable risk-management tool.

Among the rotation crops tested, food legumes (chickpea and lentil) significantly increased wheat yield compared with cereals, making them the most promising preceding crops. This emphasizes the strategic importance of legumes in cereal-dominated regional farming systems, due to their contribution to biological nitrogen fixation and improvement of soil health. In contrast, cereal–cereal rotations such as barley–wheat or continuous wheat, as well as safflower due to its high water use, resulted in the lowest yields.

In conclusion, for the successful expansion and long-term sustainability of the no-tillage system under the ecological conditions of Konya:

1. Diversified rotation programs that include legumes (particularly chickpea and lentil) should be adopted.
2. Chemical fallow should be maintained as an integrated component of the system to mitigate the risks associated with severe drought.
3. Since the positive effects of no-tillage on soil properties become more pronounced over the long term, continuation of the current fixed-plot experiments for many years is essential for identifying the most suitable rotation model for the region.

These results provide strong scientific evidence supporting the environmental and economic benefits of transitioning to conservation agriculture systems in the dryland farming zones of Central Anatolia.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article was derived from the final report of the project titled “Determination of Suitable Crop Rotations for the Central Anatolia Region under No-Tillage System,” funded under TAGEM/14/AR-GE/42.

The authors express their gratitude to the late Ömer Fatih KARÇA, President of the Sarayönü Chamber of Agriculture, and to the technical team of the Sarayönü Chamber of Agriculture. Special thanks are extended to Agricultural Engineers R. Zafer Arısoy and İrfan Gültekin from the Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute for their technical support, as well as to the administrative and technical staff of the General Directorate of Agricultural Research and Policies for their contributions to the project.

REFERENCES

Acar, M., Çelik, İ., & Günal, H. (2017). Effects of long-term tillage systems on soil water content and wheat yield under Mediterranean conditions. *Journal of New Theory, 17*, 98–108.

Altıkat, S., Çelik, A., & Gözübüyük, Z. (2013). Effects of various no-till seeders and stubble conditions on sowing performance and seed emergence of common vetch. *Soil & Tillage Research, 126*, 72–77.

Asam, H., Haq, Z., Mehmood, T., Nawaz, M., Haidree, S., Qadeer, A., & Rehman, S. (2020). Conservation agriculture impacts on soil environment, crop rotations, weeds and residue management-A review. *International Journal of Biosciences, 16*(1), 19–28.

Aslan, S. (2006). Toprak sıkışmasının azaltılması için alternatif bir yöntem: Kontrollü tarla trafiği. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9*(1), 135–141.

Avcı, M., Meyveci, K., Eyüpoğlu, H., Avçin, A., & Karaca, M. (1999). Orta Anadolu'da uzun süreli ekim nöbetlerinin verimlere ve toprak özelliklerine etkisi. *Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu* içinde (ss. 178–188).

Avcı, M., Meyveci, K., Karaçam, M., Sürek, D., Karabay, S., & Polat, H. (2003). Kuru tarımda sıfır toprak işleme bir alternatif olabilir mi? *Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi* içinde (ss. 13–17).

Aykas, E., & Önal, İ. (1999). Effects of different tillage seeding and weed control methods on plant growth and wheat yield. *7th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture* içinde (Cilt 26, s. 27).

Demiralay, İ. (1993). *Toprak fiziksel analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 143, 13-19.

FAO. (2010). *Conservation agriculture: Principles and practice*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gültekin, İ., Arısoy, R. Z., Taner, A., Kaya, Y., Partigöç, F., & Aksoyak, Ş. (2011). Comparison of different soil tillage systems, under several crop rotations in wheat production at central Anatolian plateau in Turkey. *5th World Congress of Conservation Agriculture Incorporating 3rd Farming Systems Design Conference* içinde (ss. 98–99).

Herzfeld, T., et al. (2021). Soil organic carbon dynamics from agricultural management practices under climate change. *Earth System Dynamics, 12*, 1037–1055. doi:10.5194/esd-12-1037-2021

Kacar, B. (1994). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak analizleri* (Yay. No:3). A.Ü. Ziraat Fak. Eğitim Araş. ve Geliştirme Vakfı.

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., Lahmar, R., Mrabet, B., Sanchez, E. J., & Serraj, R. (2012). Conservation agriculture in the dry Mediterranean climate. *Field Crops Research, 132*, 7–17. doi:10.1016/j.fcr.2012.02.023

Korucu, T., Kirişçi, V., & Görücü, S. (1998). Korumalı toprak işleme ve Türkiye'deki uygulamaları. *Tarımsal Mekanizasyon*, *18*, 321-333.

Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability, 7*(5), 5875–5895. doi:10.3390/su7055875

Lal, R., Reicosky, D. C., & Hanson, J. D. (2007). Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research, 93*(1), 1–12. doi:10.1016/j.still.2006.11.004

Mesfin, S., Gebresamuel, G., Haile, M., & Zenebe, A. (2023). Potentials of legumes rotation on yield and nitrogen uptake of subsequent wheat crop in northern Ethiopia. *Heliyon, 9*(6), e16126. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e16126

Sadiq, F. K., Anyebe, O., Tanko, F., Abdulkadir, A., Manono, B. O., Matsika, T. A., ... Bello, S. K. (2025). Conservation agriculture for sustainable soil health management: A review of impacts, benefits and future directions. *Soil Systems, 9*(3), 103. doi:10.3390/soilsystems9030103

Sanaullah, M., Afzal, T., Shahzad, T., & Wakeel, A. (2019). Carbon sequestration for sustainable agriculture. M. Farooq & M. Pisante (Ed.), *Innovations in sustainable agriculture*. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-030-23169-9_15

Sayre, K., Govaerts, B., Martinez, A., Mezzalama, M., & Martinez, M. (2006). Comparison of alternative conservation agriculture technologies for rainfed production in the highlands of Central Mexico. *In Proceedings of the 17th Conference of the International Soil Tillage Research Organization, Kiel, Germany, August 28th-September 3rd.*

Serraj, R., & Siddique, K. H. M. (2012). Conservation agriculture in dry areas. *Field Crops Research, 132*, 1–6. doi:10.1016/j.fcr.2012.03.002

Smith, H. W., & Weldon, M. D. (1941). A comparasion of some methods for the determination of soil organic matter. *Soils Science Society of America Proceedings*, *5*, 177–182.

Uluöz, M. (1965). *Buğday, un ve ekmek analiz metotları* (Yayın No. 57). İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Williams, P., El-Haramein, F. J., Nakkoul, H., & Rihawi, S. (1988). *Crop quality evaluation methods and guidelines* (ICARDA Technical Manual No. 14, 2. bs.). Suriye: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.

Yurtsever, N. (1984). *Deneysel istatistik metotları* (Yayın No. 121). Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CRUDE WALNUT OIL ADDITIVE ON MECHANICAL VIBRATION AND NOISE IN A SINGLE-CYLINDER COMPRESSION IGNITION ENGINE

Assoc. Prof. Dr. Nurullah GÜLTEKİN
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0139-1352

Dr. Mithat ŞİMŞEK
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0534-1133

Dr. Serhat BİLGİN
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-6812-6641

Dr. Ebubekir YAŞAR
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0780-893x

ABSTRACT
Biofuels, which can be used as alternative fuels in compression-ignition engines, can be produced from many oily plants. The fact that these fuels are renewable and offer an alternative to petroleum increases their importance. The growing interest in alternative fuels in countries dependent on foreign sources for their energy needs is a key factor contributing to the rise in the importance of biofuels. Many developed countries have legal regulations requiring biofuels to be blended with diesel fuel at specific ratios. Corn, soybean, and cotton are among the most commonly used biofuel crops. These crops undergo specific processing before being blended with diesel. Using walnut oil, which has a high oil content, mixed with diesel fuel in an engine is ideal because it doesn't require any specific engine modifications. In this study, experiments were conducted by blending crude walnut oil with diesel fuel at three different ratios (10, 20, and 30%). The generated fuel mixtures were tested in a single-cylinder compression ignition engine at constant speed (2000 rpm) and four different loads (8, 16, 24 and 32 Nm). In the experiments, mechanical vibration and noise data generated by the engine were examined. When the results of the study were evaluated overall, it was determined that the 20% crude walnut oil blend fuel reduced mechanical vibration by 12.72% and noise by 0.5 dBA at low load (8 Nm) compared to standard diesel fuel. When the same fuel mixture was tested at high load (32 Nm), mechanical vibration was reduced by 3.68% and noise by 0.5 dBA. The study concluded that a 20% crude walnut oil mixture was effective in reducing mechanical vibration and noise in compression-ignition engines at all loads.
Keywords: Walnut oil, mechanical vibration, noise, diesel engine.

INTRADUCTION

Diesel engines are generally preferred in vehicles used in the transportation and shipping sector. [1, 2] Diesel engines stand out among their counterparts in terms of high efficiency and durability. However, the global scarcity of petroleum-derived fuels used in these engines and their limited availability in certain regions are driving the trend toward the use of alternative fuels [3-5]. The preferred raw material for alternative fuel production is biologically sourced. This trend is driven by countries' use of their resources to produce the raw materials. Biofuels suitable for use in diesel engines are generally produced from oily plant species [6, 7]. The use of oils produced from oilseed crops as diesel fuel has long been recognized. The use of biological products in diesel fuel production is also crucial for supporting the farmers who produce them.

Many developed countries prioritize the use of biofuels, and numerous legal regulations are being implemented to address this [8-11]. A key point in these legal regulations is that the biofuels produced are derived from renewable resources and can be produced domestically. The use of these fuels in diesel engines not only provides an alternative to petroleum but also positively impacts the engine in many ways [12, 13] . The most striking of these effects is the decrease in emission values. Shrivastava et al. [14], who conducted research on this subject, Karanja compared the effects of biodiesel-ethanol-diesel ternary blend fuels on engine performance, combustion, and emissions in a single-cylinder diesel engine. The research showed that while these blended fuels did not increase brake thermal efficiency (BTE), they did reduce NOx emissions by 8%, demonstrating their potential for emissions reduction while maintaining engine performance. Belal et al. [15] investigated the effects of waste frying oil on diesel fuel on engine performance and emissions. The researchers used a single-cylinder diesel engine in their study. The results indicated that waste oil biodiesel resulted in a decrease in engine performance and thermal efficiency and an increase in specific fuel consumption.

Most studies focus on biodiesel engine performance and exhaust emissions. However, studies examining the effects of biofuels on engine vibration and noise are limited. The main complaint of many diesel vehicle owners is high noise and vibration. This is primarily due to the high compression ratio of diesel engines, which causes a sudden increase in combustion pressure, resulting in knocking [16, 17] . Improving engine combustion smoothness is a highly effective method for mitigating this issue. The use of biodiesel fuels to control the combustion process is highly effective [18-20]. When the studies on the use of biodiesel to reduce vibration and the resulting noise are evaluated in general, it is seen that the use of biofuel reduces engine vibration and noise [21].

To give examples of these studies, Zikri et al. [15] investigated the effects of biodiesel applications on noise and vibration in diesel engines. The researchers concluded that biodiesel content of up to 20% reduced noise and vibration, while increasing this content increased noise and vibration. Hazar et al. [21], sought to enhance the usage of crude walnut oil as an alternative fuel in diesel engines by employing preheating and incorporating cerium oxide (CeO_2) nanoparticles. Crude walnut oil was mixed with diesel fuel at volumetric ratios of 10%, 20%, and 40%, with the addition of 50 ppm CeO_2 nanoparticles to these mixtures. The crude walnut oil blends were warmed to 70 °C to enhance their physicochemical qualities. Engine evaluations were performed on a single-cylinder diesel engine under constant speed and fluctuating load conditions. The research established that crude walnut oil diminished particular fuel usage and decreased vibration and noise levels.

This study, unlike others, examined the effects of crude walnut oil additives on engine performance and vibration and noise reduction. The crude walnut oil used in this study was not incorporated into the biodiesel production process.

The primary objective here is to demonstrate that crude walnut oil, with a density similar to diesel fuel, can be used as a blend in diesel engines without any further processing. This will prevent energy and time losses associated with production processes. Another advantage of using crude walnut oil is to prevent fuel consumption decreases during biodiesel production. This process typically yields a certain amount of glycerin (approximately 10% by weight), resulting in a reduction in fuel consumption.

MATERIAL AND METHOD

In the study, pure walnut oil was mixed with diesel fuel at 10%, 20%, and 30% by volume. To ensure homogeneity, the mixtures were mixed using a magnetic stirrer at 450 rpm for 45 minutes at 50°C. The resulting mixtures are shown in Figure 1.

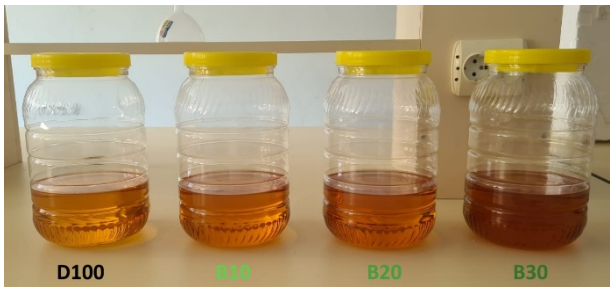


Fig 1. The resulting mixtures and pure diesel fuel.

Fuel tests were conducted at the Tokat Gaziosmanpaşa University Mechanical Engineering Automotive Laboratory. The dynamometer and diesel engine specifications used in the engine test center located within the laboratory are given in Tables 1 and 2.

Table 1. Dynamometer technical specifications [22].

Brand/Model	**ABB/Square body**
Rated power (kW)	26
Rated speed (rpm)	3000
Rated torque (Nm)	83
Maximum speed (rpm)	7500
Power factor	0.831
Yield (%)	93.6

Table 2. Engine specifications [23].

Brand/Model	**Thorq RF150**
Number of cylinders	1
Cylinder volume	602 cm^3
Cylinder diameter	95 mm
Stroke	85 mm
Compression ratio	18/1
Engine speed	3000 rpm
Max. torque	35 @ 2000 rpm
Crankcase oil capacity	2 lt
Injection pressure	225 [Bar]
Injection timing	20 [°CA bTDC]

The PCE vibration equipment, illustrated in Figure 2, was employed to capture engine vibration data. This gadget can capture vibration data across three axes (x, y, z) and compute average values utilizing a computer application. Noise data was recorded using a Geratech DT8820 noise measurement instrument, depicted in Figure 3. Noise levels are quantified in dBA. Recordings were conducted during the studies.



Fig 2. Vibration divice.



Fig 3. Noise divice.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Brake Specific Energy Consumption (BSEC)

BSEC data is the most frequently studied experimental data obtained in internal combustion engine tests. This is primarily due to the preference for lower energy consumption compared to the amount of energy produced. The specific fuel consumption of a crude walnut oil blend compared to pure diesel fuel is shown in Figure 4.

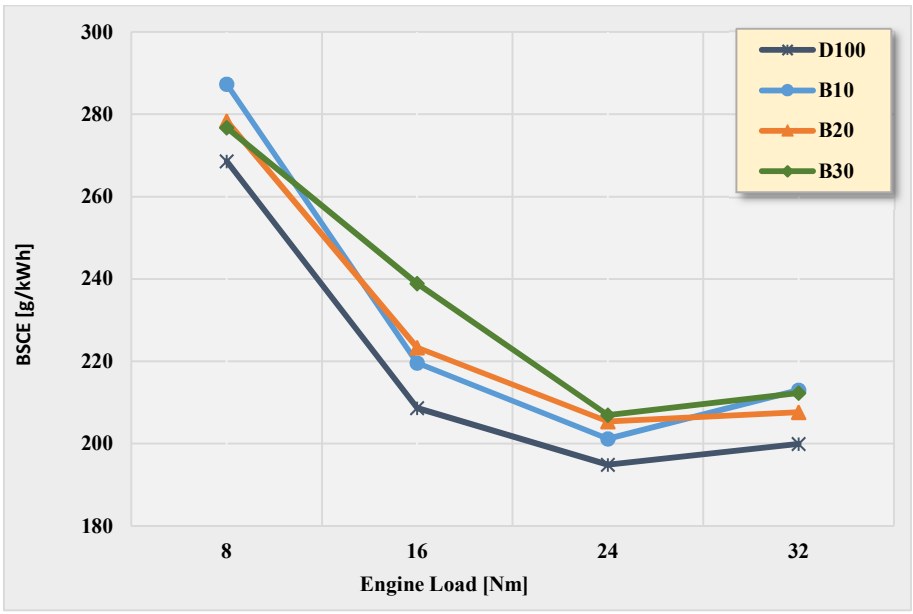


Fig 4. Specific fuel consumption according to engine load and fuel type.

It was observed that increasing the proportion of crude walnut oil in the fuel gradually increased the specific fuel consumption. B10 fuel increased BSEC by 6.97% compared to neat diesel fuel at low load (8 Nm). At medium load (16 and 24 Nm), it caused an increase in BSEC by 5.24% and 3.20%, respectively. In the full load test, it was determined that BSEC increased by 6.52%. B20 fuel increased BSEC by 3.64% compared to neat diesel fuel at low load (8 Nm). At medium load (16 and 24 Nm), it caused an increase in BSEC by 7.05% and 5.37%, respectively.

In the full load test, it was determined that specific fuel consumption increased by 3.84%. B30 fuel increased BSEC by 3.03% compared to pure diesel fuel at low load (8 Nm). At medium load (16 and 24 Nm), it increased BSEC by 14.48% and 6.17%, respectively. In the full-load test, a 6.19% increase in specific fuel consumption was determined. Increasing the proportion of crude walnut oil in the fuel resulted in an increase in BSEC. The primary reason for this is the lower heating value of crude walnut oil compared to pure diesel fuel.

Break Thermal Efficiency (BTE)

Brake Thermal Efficiency (BTE) is an indicator of how much of the energy delivered by an internal combustion engine is converted into useful energy. The main factor affecting thermal efficiency is the engine's structural design. Furthermore, changes in fuel chemistry also have a significant impact on thermal efficiency. Engine thermal efficiencies calculated in the experimental study are shown in Figure 5.

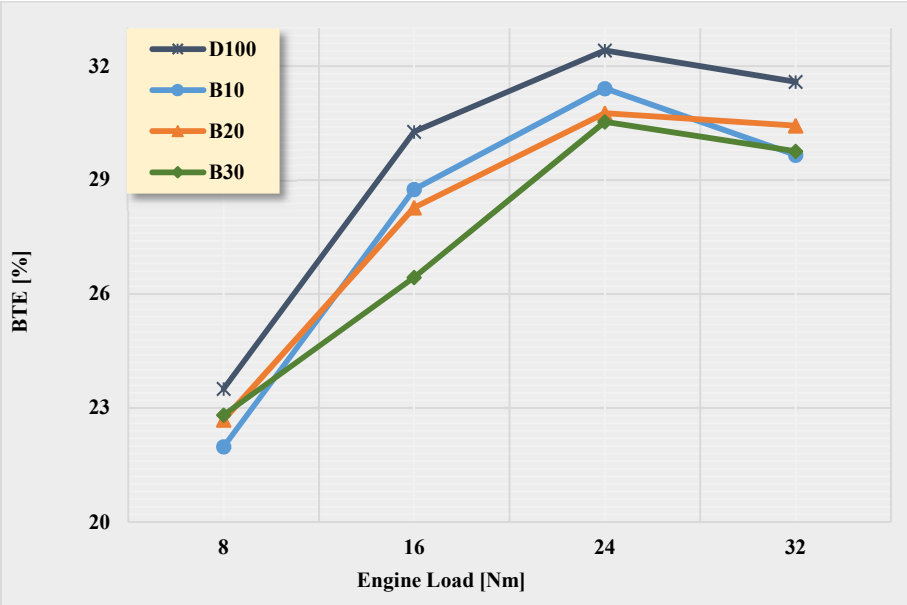


Fig 5. BTE according to engine load and fuel type.

It was observed that increasing the proportion of crude walnut oil in the fuel gradually decreased BTE. B10 fuel decreased BTE by 6.50% compared to neat diesel fuel at low load (8 Nm). At medium load (16 and 24 Nm), it caused a decrease in BTE by 4.98% and 3.08%, respectively. In the full load test, a decrease in BTE was determined to be 6.10%. B20 fuel decreased BTE by 3.48% compared to neat diesel fuel at low load (8 Nm). At medium load (16 and 24 Nm), it caused a decrease in BTE by 6.57% and 5.09%, respectively. In the full load test, a decrease in BTE was determined to be 3.67%. B30 fuel decreased BTE by 2.93% compared to neat diesel fuel at low load (8 Nm). At medium load (16 and 24 Nm), BTE decreased by 12.65% and 5.80%, respectively. In the full-load test, a 5.79% decrease in BTE was determined. This is primarily due to the lower calorific value of crude walnut oil compared to pure diesel fuel. Thermal efficiency is generally lower at low loads. When fuel blends are considered, increasing the proportion of crude walnut oil in the fuel results in a decrease in BTE.

Mechanical Vibration

Internally patched engines, used in most transportation vehicles, are preferred due to their low mechanical vibration values. Diesel engines, in particular, operate at high pressures, resulting in high vibration. Mechanical vibration data measured in the experimental study is shown in Figure 6.

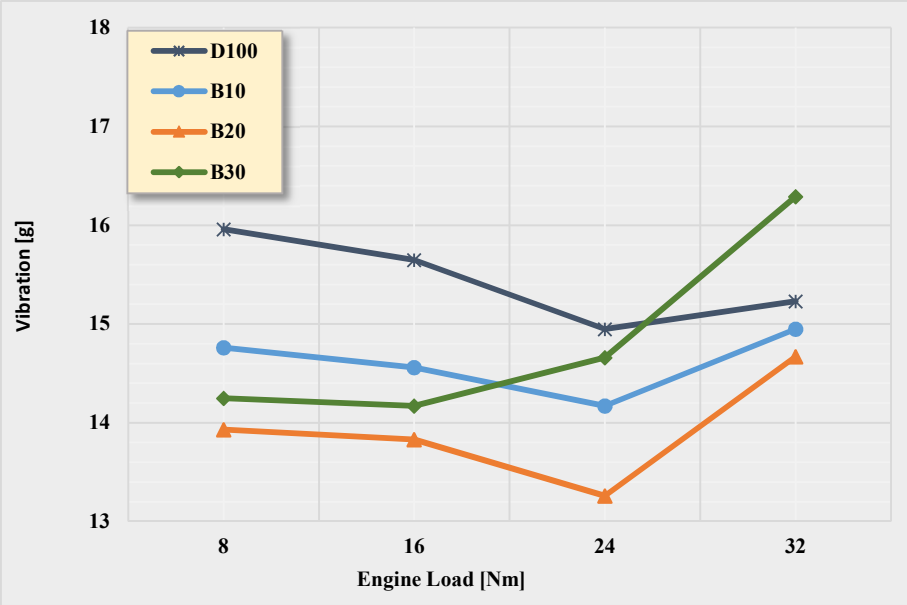


Fig 6. Vibration data according to engine load and fuel type.

It was observed that increasing the proportion of crude walnut oil in the fuel gradually reduced vibration. B10 fuel decreased vibration by 7.51% at low load (8 Nm) compared to pure diesel fuel. At medium load (16 and 24 Nm), it caused a reduction in vibration by 6.96% and 5.21%, respectively. In the full load test, a reduction in vibration was determined to be 1.83%. B20 fuel decreased vibration by 12.71% at low load (8 Nm) compared to pure diesel fuel. At medium load (16 and 24 Nm), it caused a reduction in vibration by 11.62% and 11.30%, respectively. In the full load test, a reduction in vibration was determined to be 3.67%. B30 fuel decreased vibration by 10.71% at low load (8 Nm) compared to pure diesel fuel. At medium load (16 and 24 Nm), vibration was reduced by 9.45% and 1.93%, respectively. In the full-load test, vibration increased by 6.95%. Engine vibration was found to decrease significantly with the addition of raw walnut oil. This is primarily due to the lower combustion pressure of raw walnut oil, which results in a smoother burn.

Noise Emission

Traveling in noisy vehicles has a negative impact on human health. To prevent this, many structural modifications are made to the vehicle to provide sound insulation. The main source of noise in vehicles is internally patched engines. In this regard, adjusting the engine combustion regime is an effective method for reducing noise levels. The noise values measured during the experiments are shown in Figure 7.

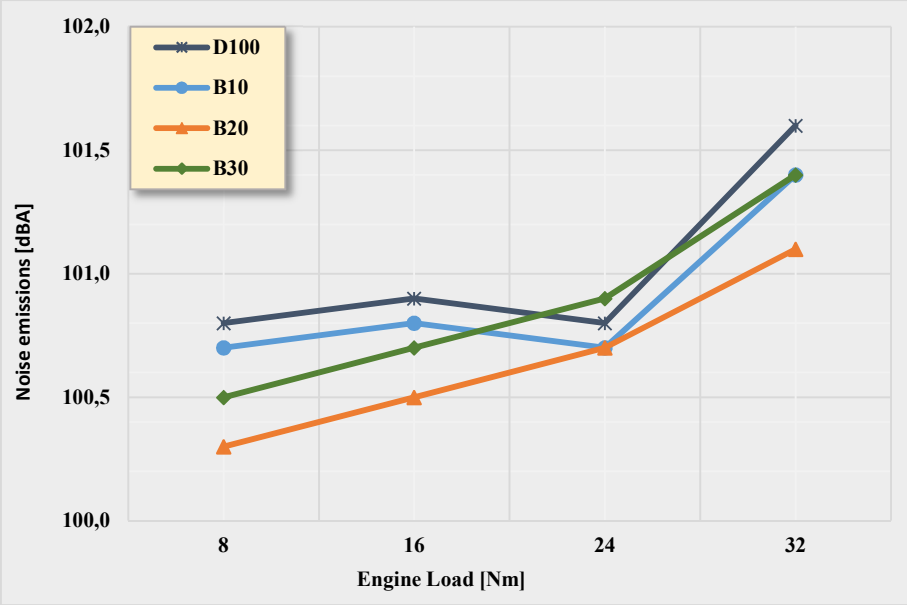


Fig 7. Noise data according to engine load and fuel type.

It was observed that increasing the proportion of crude walnut oil in the fuel gradually reduced the noise. B10 fuel decreased noise by 0.1 dBA at low load (8 Nm) compared to pure diesel fuel. At medium load (16 and 24 Nm), it caused a decrease in noise by 0.1 dBA and 0.1 dBA, respectively. In the full load test, a decrease in noise was determined to be 0.2 dBA. B20 fuel decreased noise by 0.5 dBA at low load (8 Nm) compared to pure diesel fuel. At medium load (16 and 24 Nm), it caused a decrease in noise by 0.4 dBA and 0.1 dBA, respectively. In the full load test, a decrease in noise was determined to be 0.5 dBA. B30 fuel decreased noise by 0.3 dBA at low load (8 Nm) compared to pure diesel fuel. At medium load (16 and 24 Nm), noise was found to decrease by 0.2 dBA and increase by 0.1 dBA, respectively. In the full-load test, noise was reduced by 0.2 dBA. It was determined that increasing the amount of raw walnut oil additive generally reduced engine noise. This is primarily due to the increased amount of raw walnut oil, which reduces combustion pressure and promotes smoother combustion.

CONCLUSIONS

The following results were obtained as a result of a comprehensive evaluation of the specific fuel consumption, thermal efficiency, and vibration and noise values obtained by mixing crude walnut oil with diesel fuel at three different ratios (10-20-30%) in a compression ignition engine without including it in the biodiesel production project.

- It was determined that increasing the ratio of crude walnut oil to diesel fuel increased fuel consumption. The main reason for this is the lower calorific value of crude walnut oil compared to diesel fuel.
- Experiments revealed that thermal efficiency decreased with increasing the ratio of crude walnut oil. This is related to the increase in specific fuel consumption. Increased fuel consumption leads to a decrease in thermal efficiency.
- When the vibration data obtained in the experiments were evaluated, it was determined that increasing the ratio of crude walnut oil caused a noticeable decrease in vibration. It was determined that crude walnut oil reduced vibration by having a positive effect on combustion.
- Noise values were parallel with the vibration data. Considering that high vibration is the primary source of noise, this finding is similar to the literature.

- Future research may experimentally investigate the application of various additives to mitigate the adverse effects of crude walnut oil on fuel.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Tokat Gaziosmanpaşa University. The authors are grateful for the support provided by Tokat Gaziosmanpaşa University Scientific Research Projects Unit (Project No: 2024/95)

REFERANCE

[1] Sagin S, Haichenia O, Karianskyi S, Kuropyatnyk O, Razinkin R, Sagin A, et al. Improving Green Shipping by Using Alternative Fuels in Ship Diesel Engines. Journal of Marine Science and Engineering 2025;13(3):589.

[2] Kokkinos NC, Emmanouilidou E, Sharma SK. Waste-to-biofuel production for the transportation sector. Intelligent transportation system and advanced technology. Springer; 2024, p. 99-122.

[3] Yılbaşı Z. Biofuels, E-Fuels, and Waste-Derived Fuels: Advances, Challenges, and Future Directions. Sustainability 2025;17(13):6145.

[4] Subramani D, Prusty P. INTERNAL COMBUSTION ENGINES AND PETROLEUM REAL DOOMSDAY PREDICTIONS.

[5] Kuyucu O, Kahraman N, Çeper BA, Akbıyık T. Investigation of the effect of biofuel addition to jet fuel on engine performance and emissions in model jet engine. Process Safety and Environmental Protection 2024;190:593-603.

[6] Goren AY, Dincer I, Gogoi SB, Boral P, Patel D. Recent developments on carbon neutrality through carbon dioxide capture and utilization with clean hydrogen for production of alternative fuels for smart cities. International Journal of Hydrogen Energy 2024;79:551-78.

[7] Bhuiyan MMH, Siddique Z. Hydrogen as an alternative fuel: A comprehensive review of challenges and opportunities in production, storage, and transportation. International Journal of Hydrogen Energy 2025;102:1026-44.

[8] Malik K, Capareda SC, Kamboj BR, Malik S, Singh K, Arya S, et al. Biofuels production: a review on sustainable alternatives to traditional fuels and energy sources. Fuels 2024;5(2):157-75.

[9] Zamboni G, Scamardella F, Gualeni P, Canepa E. Comparative analysis among different alternative fuels for ship propulsion in a well-to-wake perspective. Heliyon 2024;10(4).

[10] Luo Z, Song H, Huang Y, Jin B. Recent advances on the uses of biomass alternative fuels in cement manufacturing process: A review. Energy & Fuels 2024;38(9):7454-79.

[11] El Hafdaoui H, Jelti F, Khallaayoun A, Jamil A, Ouazzani K. Energy and environmental evaluation of alternative fuel vehicles in Maghreb countries. Innovation and Green Development 2024;3(1):100092.

[12] Panbechi B, Hajinezhad A, Yousefi H, Moosavian SF, Hajinezhad S. Environmental, economic and energy evaluation of alternative fuels for a steam power plant: focus on biodiesel-nanoparticles utilization. Results in Engineering 2024;23:102636.

[13] Pitre V, La H, Bergerson JA. Impacts of alternative fuel combustion in cement manufacturing: Life cycle greenhouse gas, biogenic carbon, and criteria air contaminant emissions. Journal of Cleaner Production 2024;475:143717.

[14] Shrivastava K, Thipse S, Patil I. Optimization of diesel engine performance and emission parameters of Karanja biodiesel-ethanol-diesel blends at optimized operating conditions. Fuel 2021;293:120451.

[15] ABB. Square body, https://www.adsmuhendislik.com.tr/abb-elektrik-motorlari/kare-govde-motor (Date of access:10.01.2024); Available from: https://www.adsmuhendislik.com.tr/abb-elektrik-motorlari/kare-govde-motor.

[16] Cipta DH, Ramli I. Analysis of low fuel pressure on the common rail system on the engine of wheel loader WA500–3 (case study at PT Sapta Indra Sejati site Sambarata). *International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science 2023 (iCAST-ES 2023).* Atlantis Press; 2024:216-25.

[17] Xiang S, Tang Y, Lei B, Wang G, Wang J-Z. Three-dimensional coupled vibration failure analysis and structural optimization of the crankshaft of the diesel engine used in the shale gas fracturing truck. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering 2024:09544089241282397.

[18] Abdou BN, Selim MY, Attai YA, Radwan MS. Engine roughness, block vibration and external noise of diesel engine running on Jojoba biodiesel and diesel blends. International Journal of Thermofluids 2025:101236.

[19] Gültekin N, Ciniviz M. Investigation of the effect of advance angle on performance and emissions (exhaust, vibration, noise) in a single-cylinder diesel engine whose fuel system is converted to common rail. Environmental Progress & Sustainable Energy 2024;43(1):e14261.

[20] Elkelawy M, Bastawissi HA-E, El Shenawy E, Soliman M. Effect of Organic Compounds Additives for Biodiesel Fuel blends on Diesel Engine Vibrations and Noise Characteristics. Journal of Engineering Research 2024;8(1):26.

[21] Hazar H, Akcay C, Sevinc H. Impact of CeO2 nanoparticles and crude walnut oil–diesel blends on combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine. Applied Thermal Engineering 2025:128082.

[22] https://adskurumsal.com

[23] https://www.yagmurmotor.com/category/marka-ve-hizmet/thorq/

REDUCTION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF DIESEL ENGINES: INVESTIGATION OF THE ROLE OF WALNUT OIL BIODIESEL IN REDUCTION OF EXHAUST EMISSIONS

Dr. Mithat ŞİMŞEK
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0534-1133

Assoc. Prof. Dr. Nurullah GÜLTEKİN
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0139-1352

Dr. Ebubekir YAŞAR
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0780-893x

Dr. Serhat BİLGİN
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department
ORCID: 0000-0002-6812-6641

ABSTRACT

The negative environmental impacts of diesel engines negatively impact living organisms. Consequently, pressure on diesel engines has increased in recent years. Many developed countries have imposed restrictions on the production and sale of these engines. However, abandoning these highly efficient engines seems impossible. Manufacturers have implemented numerous structural modifications (EGR, AdBlue, particulate filters, etc.) to reduce exhaust emissions. These structural changes are costly and unsustainable. Instead of these structural changes, a shift towards renewable fuels that allow for changes in combustion chemistry seems more ideal. The use of renewable fuels is also crucial as an alternative to petroleum. It is possible to convert plant-derived biofuels used in diesel engines into a diesel-like fuel through specific processes. Biodiesel can be produced using oil derived from walnuts, which have a high oil content. In this study, biodiesel derived from walnut oil was used. Experiments were conducted with B15, B25, and B35 fuels, which were created by blending walnut oil biodiesel with pure diesel fuel at three different ratios (15, 25, and 35%). The experiments were conducted at 2000 rpm, which is the engine's maximum torque, and at four different loads (25, 50, 75 and full load). CO, HC, CO_2, NO, and PM values were examined in the experiments. When the study results were generally evaluated, at 25% low load, compared to pure diesel fuel, B15 fuel reduced CO, HC, CO_2, and PM emissions by 26.08, 3.70, 5.97, and 6.10%, respectively, while increasing NO_x emissions by 6.81%. When the same fuel mixture was tested at full load, it was determined that it reduced CO, HC, CO_2, and PM emissions by 55.42, 26.66, 15.10, and 6.06%, respectively, while increasing NO emissions by 3.08%.

As a result of the study, it was determined that B15 fuel prepared with a 15% walnut oil biodiesel blend significantly reduces carbon emissions in diesel engines at all loads.
Keywords: Diesel engine, Environment, Walnut oil biodiesel, Exhaust emissions.

INTRADUCTION

As a result of the rapidly increasing global energy demand, fossil fuels are at risk of depletion [1, 2]. Greenhouse gas emissions resulting from the combustion of these fossil fuels have serious negative effects on climate change [3-5]. To reduce these negative effects, research into alternative and sustainable energy sources has become necessary. In this context, fuels produced from renewable sources are gaining great importance, especially for diesel engines, which are widely used in the transportation and industrial sectors [4, 6, 7]. Biodiesel stands out as an environmentally friendly alternative fuel obtained from biological sources such as vegetable oils, animal fats, or waste oils [5, 8] and can be used in diesel engines in pure form or blended with petroleum-based diesel fuel [8-10].

One of the most important advantages of biodiesel is that biomass, the raw material of the fuel, absorbs carbon dioxide (CO_2) from the atmosphere during growth. Therefore, CO_2 emissions from the combustion of biodiesel do not significantly increase net atmospheric carbon levels compared to fossil fuels. Furthermore, biodiesel reduces SO_x emissions due to its low sulfur content [11, 12], and its high oxygen content [13, 14] provides cleaner and more efficient combustion, resulting in improvements in unburned hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) emissions [15-18]. However, the use of biodiesel also has some negative effects on engine performance and durability. Its lower calorific value compared to petroleum-based diesel can lead to a slight increase in specific fuel consumption [19-21].

In cold weather conditions, it can lead to problems such as deterioration of fluidity properties and filter clogging, and this can lead to cold start problems [22, 23]. In addition, the oxidative stability problem originating from unsaturated fatty acid esters can make long-term storage difficult and can have wear effects on engine components (especially flexible seals and fuel hoses) [24]. A slight increase in nitrogen oxide (NO_x) emissions can be observed due to factors such as higher combustion temperatures and injection [25]. Raja et al. [26], who are working on biodiesel, experimentally investigate the effect of dual fuel injection on engine performance and emissions by adding propane gas to the air intake at different flow rates (3 and 6 lpm) in a diesel engine running on biodiesel produced from waste grape seed oil. The results show that the addition of propane increases combustion efficiency compared to pure biodiesel. At 6 lpm propane flow, brake thermal efficiency (BTE) increased by 0.7%, and brake specific fuel consumption (BSFC) decreased by 0.06 kg/kW-h. Emission values for 6 lpm propane decreased hydrocarbon (HC) emissions by 0.04 g/kW-h, carbon monoxide emissions by 0.5 g/kW-h, and smoke opacity. A 0.9 g/kW-h increase in nitrogen oxide (NOx) emissions was observed due to higher combustion temperatures. The study demonstrates that the use of gaseous fuels such as propane with biodiesel improves engine operating characteristics and significantly reduces harmful emissions such as HC, CO, and smoke, increasing the potential for biodiesel as a cleaner and more efficient alternative fuel in diesel engines.

Waste oils play an important role in the production of biofuels. In a study on waste oils, Vergün et al. [27], experimentally investigated the effects of pure biodiesel (BD100), a blend with 15% lpm hydrogen added to biodiesel (BD100+H_2), and a ternary blend containing 70% biodiesel + 30% ethanol + 15% lpm hydrogen (BD70E30+H_2) produced from waste frying oil on engine performance, combustion, and exhaust emissions at a constant speed of 1750 rpm and four different loads (40, 60, 80, and 100 Nm) in a four-cylinder, common rail diesel engine.

The results showed that the BD100+H_2 mixture provided the lowest specific fuel consumption (BSFC) due to the high heating value of hydrogen, while the BD70E30+H_2 mixture resulted in the highest BSFC (373 g/kWh) due to the low heating value and heat of vaporization of ethanol. Combustion analyses revealed that the addition of hydrogen and ethanol increased the maximum in-cylinder pressure (Pmax) and heat release rate (HRR), with the BD70E30+H_2 mixture in particular reaching the highest Pmax value of 126.3 bar at 100 Nm load. In terms of emissions, it was observed that the low-carbon blends BD100+H_2 and BD70E30+H_2 reduced CO_2 emissions by up to 5% compared to pure biodiesel (BD100). HC emissions were improved thanks to the homogeneous mixture of hydrogen and the oxygen content of ethanol. However, both blended fuels caused a slight increase in NOx emissions compared to pure biodiesel (31.4 g/kWh for BD100+H_2 at 100 Nm) due to increased combustion temperature. The study suggests that the addition of hydrogen and ethanol can improve the performance and carbon-based emissions of biodiesel, but additional strategies are needed to control NOx emissions.

Examining the studies reveals that the use of biodiesel leads to an increase in NOx emissions. In a study conducted to control this situation, Hazar et al. [28], aimed to improve the usability of crude walnut oil (CWO) as an alternative fuel in diesel engines through preheating and cerium oxide (CeO_2) nanoparticle addition. Crude walnut oil was mixed with diesel fuel at 10%, 20%, and 40% by volume, and 50 ppm CeO_2 nanoparticles were added to these mixtures. Preheating was applied to the crude walnut oil blends at 70 °C to improve the physicochemical properties of the fuel. Tests were done on a single-cylinder diesel engine at a steady speed and different load levels. The results showed that the addition of crude walnut oil increased CO, HC, smoke density, exhaust gas temperature (EGT), and specific fuel consumption (BSFC) values due to its high viscosity and low volatility, while reducing nitrogen oxide (NO_x) emissions, noise, and vibration values. Preheating improved emission characteristics but slightly increased noise and vibration. CeO_2 addition generally demonstrated an improvement in CO, HC, smoke density, and BSFC values. A 10% preheated blend of crude walnut oil and CeO_2 maintained engine performance comparable to diesel fuel while reducing exhaust emissions. Preheating combined with nanoparticle addition further mitigates the disadvantages of crude walnut oil, supporting its use as a cleaner and more efficient diesel alternative. Optimal results were obtained with a blend of 10% preheated CWO and 50 ppm CeO_2 nanoparticles. The study also suggests that future research should address issues such as long-term engine durability, optimization of nanoparticle dosage and preheating strategies, technical-economic feasibility, and life cycle assessment.

Overall, the studies indicate that to expand the use of biodiesel in diesel engines, there is a need to investigate its effects on performance, emissions, and durability. Developing solution strategies (such as additive use, engine tuning optimization, blending with different fuels, etc.) to address the problems encountered in the research is crucial. This study aims to offer sustainable solutions by reducing dependence on fossil fuels by testing biodiesel produced from walnut oil and diesel fuel on an engine test dynamometer and comparing their emission characteristics.

MATERIAL AND METHOD

In the experimental study, walnut oil biodiesel was mixed with standard diesel fuel using an ultrasonic mixer at 15%, 25%, and 35% volume ratios for 30 minutes. After the mixtures were mixed, they were left for 8 hours to check for sedimentation. The resulting mixtures are shown in Figure 1.

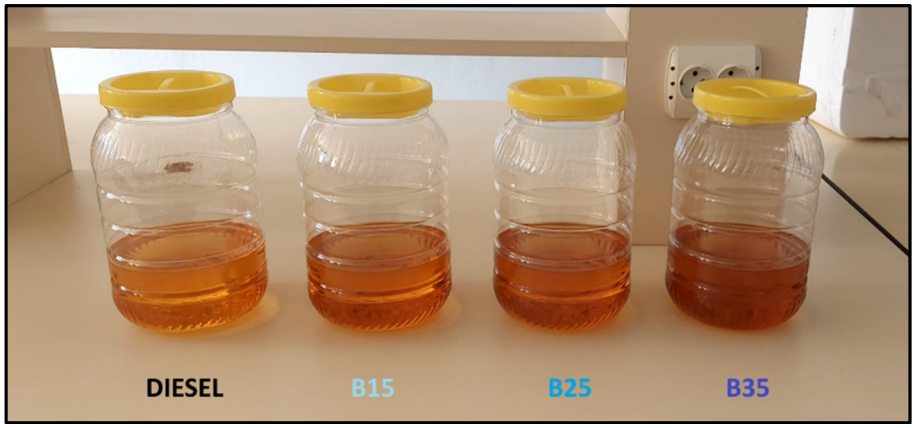


Fig 1. Diesel fuel and blended fuels

Engine tests were conducted at the TOGÜ Mechanical Engineering Automotive Laboratory. The dynamometer and diesel engine specifications found in the laboratory are listed in Tables 1 and 2.

Table 1. Dynamometer technical specifications [29]

Brand/Model	ABB/Square body
Rated power (kW)	26
Rated speed (rpm)	3000
Rated torque (Nm)	83
Maximum speed (rpm)	7500
Power factor	0.831
Yield (%)	93.6

Table 2. Engine specifications [30]

Brand/Model	Thorq RF150
Number of cylinders	1
Cylinder volume	602 cm^3
Cylinder diameter	95 mm
Stroke	85 mm
Compression ratio	18/1
Engine speed	3000 rpm
Max. torque	35 @ 2000 rpm
Crankcase oil capacity	2 lt
Injection pressure	225 [Bar]
Injection timing	20 [°CA bTDC]

The BOSCH BEA 150-CH emission device used in the engine tests is shown in Figure 2. The emission device has been calibrated. The technical specifications and calculated uncertainty values of the emission device are shown in Table 3.



Fig 2. Enission divice

Table 3. Exhaust emission device specifications and uncertainty analysis [31]

Measurement	Range	Accuracy	Percentage uncertainty [%]
CO	%(0-10)	%0.001 hacimce	±0.01
CO_2	%(0-18)	%0.01 hacimce	±1.50
HC	(0-9999) ppm	1 ppm hacimce	±0.20
O_2	%(0-22)	%0.01 hacimce	±0.1
NOx	(0-5000) ppm	1 ppm hacimce	±0.4
PM	%(0-100)	%0.1 hacimce	±0.15

RESULTS AND DISCUSSIONS

Carbon Monoxide Emissions (CO)

Oxygen deficiency during the combustion reaction results in the formation of carbon monoxide due to the incomplete combustion of carbon in hydrocarbon fuels. Biofuels, thanks to their rich oxygen content, are highly effective in reducing carbon monoxide emissions. The specific fuel consumption of walnut oil-biodiesel blends compared to pure diesel fuel is shown in Figure 3.

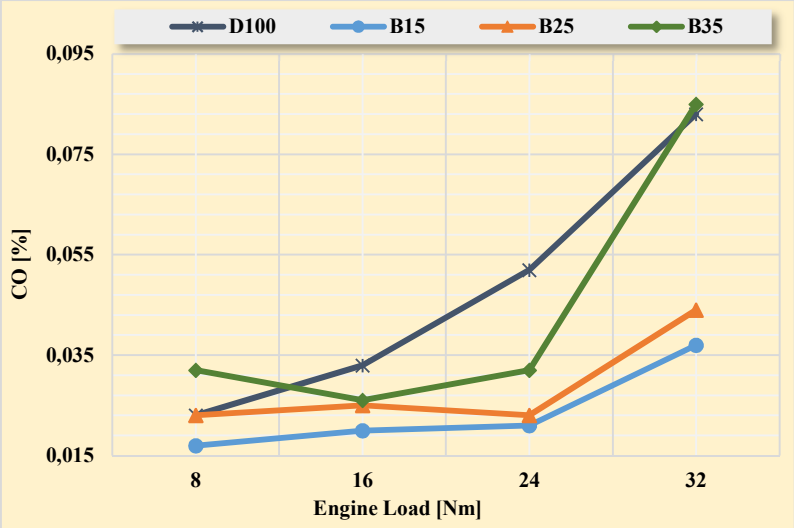


Fig 3. Carbon monoxide emissions depending on fuel type at different engine loads

It has been observed that increasing the ratio of walnut oil biodiesel in the fuel generally reduces carbon monoxide emissions. It has been observed that at medium loads (16N-24N), the effect of walnut oil biodiesel on reducing carbon monoxide emissions is more pronounced. At 8 Nm loads, B15 fuel decreased carbon monoxide emissions by 26.08% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm decreased carbon monoxide emissions by 39.39%. At 24 Nm loads, carbon monoxide emissions decreased by 59.61%. At 32 Nm loads, carbon monoxide emissions decreased by 55.42%. No change in carbon monoxide emissions was detected with B25 fuel compared to diesel fuel at an 8 Nm load. Increasing the load to 16 Nm decreased carbon monoxide emissions by 24.25%. At 24 Nm loads, carbon monoxide emissions decreased by 55.76%. At a 32 Nm load, carbon monoxide emissions decreased by 46.98%. When the biodiesel ratio was increased to the maximum level, B35 fuel at an 8 Nm load increased carbon monoxide emissions by 39.13% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm reduced carbon monoxide emissions by 21.22%; at a 24 Nm load, carbon monoxide emissions decreased by 38.46%, and with the load increased to the maximum level, carbon monoxide emissions increased by 2.40%. The main reason for the decrease in carbon monoxide emissions is the high oxygen content in the chemical structure of biofuels. The increase in the oxygen ratio in fuels facilitates the reaction of carbon atoms with sufficient oxygen atoms during the combustion process, thereby increasing carbon dioxide formation and decreasing carbon monoxide formation. This finding was also supported in the overall evaluation of the study, which determined that the increase in oxygen content is a decisive factor in reducing CO emissions. In addition, the high oxygen content in biofuel is considered to be the main reason for the decrease in the amount of carbon monoxide by increasing combustion efficiency.

Hydrocarbon Emissions (HC)

The hydrocarbon content of the fuels used in the combustion process causes some hydrocarbon components to be partially unburned and released into the atmosphere as exhaust gases if the combustion reaction is incomplete. This leads to a decrease in combustion efficiency and, consequently, to increased fuel consumption. Furthermore, the release of unburned hydrocarbons (HC) into the atmosphere has negative effects on the environment and human health. Figure 4 shows the effects of fuels containing walnut oil biodiesel additives on hydrocarbon (HC) emissions under different engine loads and at various rates.

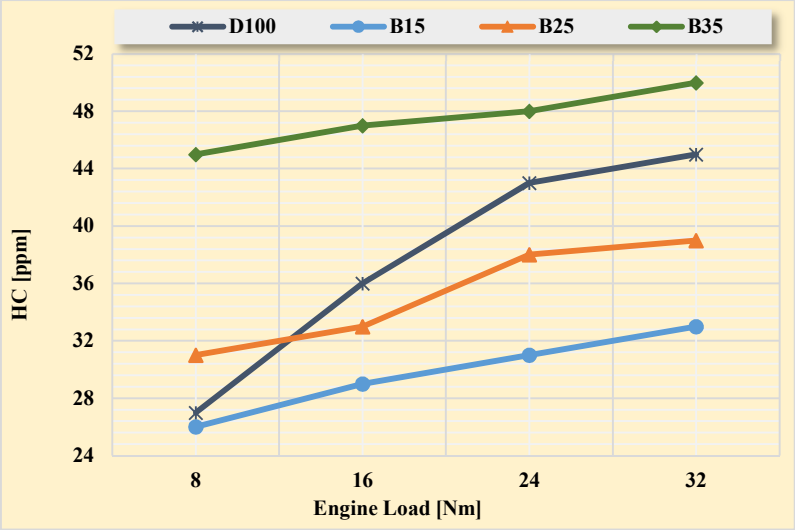


Fig 4. Hydrocarbon emissions depending on fuel type at different engine loads

It has been determined that increasing the walnut oil biodiesel ratio in the fuel reduces HC emissions up to a certain rate (25%). Increasing the biodiesel ratio to a higher level (35%) caused emissions to increase again. At 8 Nm loads, B15 fuel decreased HC emissions by 3.7% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm decreased HC emissions by 19.44%. At 24 Nm loads, HC emissions decreased by 27.90%. At 32 Nm loads, HC emissions decreased by 26.66%. At 8 Nm loads, B25 fuel increased HC emissions by 14.81% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm reduced HC emissions by 8.33%. At 24 Nm loads, HC emissions decreased by 11.62%. At a 32 Nm load, HC emissions decreased by 13.33%. When the biodiesel content was increased to the maximum level, B35 fuel at 8 Nm load increased HC emissions by 66.67% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm increased HC emissions by 30.55%; at a 24 Nm load, HC emissions increased by 11.62%; and with the maximum load, HC emissions increased by 11.11%. The main reason for the reduction in HC emissions up to 25% biodiesel ratio is the high oxygen content in the chemical structure of biofuels. The findings indicate that increasing the walnut oil biodiesel content has a two-way effect on hydrocarbon (HC) emissions. Low and moderate biodiesel additions (especially blends up to 25%) improved combustion efficiency by increasing the oxygen content of the fuel, resulting in significant reductions in HC emissions. This result can be explained by the additional oxidation support provided by the oxygen atoms in the biodiesel structure during the combustion process. However, increasing the biodiesel content to higher levels (35% and above) has led to a resurgence of HC emissions. This phenomena is primarily due to changes in the physical properties of biodiesel. Especially at higher biodiesel content levels, the increased fuel viscosity and decreased evaporation capacity result in larger fuel droplets during injection. This phenomenon prevents the formation of a homogeneous mixture in the combustion chamber, hindering complete combustion and leading to the emission of partially burned hydrocarbon compounds into the atmosphere as exhaust gases. In conclusion, while the use of walnut oil biodiesel at certain levels (up to approximately 25%) increases combustion efficiency and has a positive environmental impact, higher levels can have negative consequences in terms of engine performance and combustion characteristics. Therefore, the biodiesel content must be optimized, taking into account parameters such as engine type, injection pressure, and load conditions.

Carbon Dioxide Emissions (CO_2)

The formation of carbon dioxide emissions as a result of the combustion reaction can be considered an indicator of efficient combustion. Therefore, an increase in carbon dioxide emissions can be considered positive. However, the reduction in the carbon content of hydrocarbon fuels can lead to a decrease in carbon dioxide emissions, which can be considered a positive development. Figure 5 shows the effect of variable load and walnut biodiesel additive on carbon dioxide emissions.

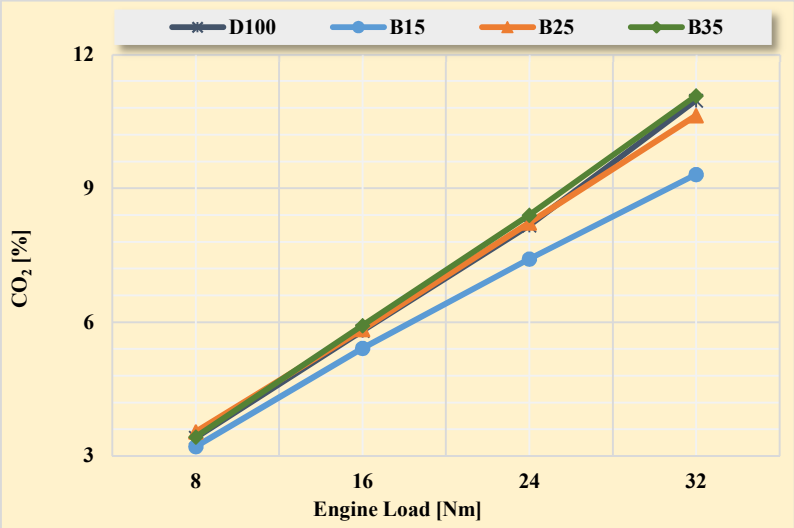


Fig 5. Carbon dioxide emissions depending on fuel type at different engine loads.

It has been determined that increasing the proportion of walnut oil biodiesel in the fuel reduces CO_2 emissions up to a certain rate (15%). At 8 Nm loads, B15 fuel decreased CO_2 emissions by 5.97% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm decreased CO_2 emissions by 6.81%. At a 24 Nm load, CO_2 emissions decreased by 9.25%. At 32 Nm loads, CO_2 emissions decreased by 15.10%. At 8 Nm loads, B25 fuel increased CO_2 emissions by 3.86% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm increased CO_2 emissions by 0.41%. At a 24 Nm load, CO_2 emissions increased by 0.68%. At 32 Nm loads, CO_2 emissions decreased by 0.02%. When the biodiesel content was increased to the maximum level, B35 fuel at 8 Nm increased CO_2 emissions compared to diesel by 0.35%. Increasing the load to 16 Nm increased CO_2 emissions by 1.99%; at 24 Nm, CO_2 emissions increased by 2.80%; and with the maximum load, CO_2 emissions increased by 0.98%. For the combustion reaction to occur efficiently, fuel and air must be mixed at specific ratios. Appropriate ratios improve combustion quality and reduce emissions. Furthermore, a more efficient combustion process also leads to a reduction in fuel consumption. The study observed that increasing the biodiesel content to 15% decreased carbon dioxide (CO_2) emissions. This effect is directly related to the oxygen content in the chemical structure of biodiesel. The oxygen in the fuel supports complete combustion by ensuring more effective oxidation of carbon compounds during the combustion process, thus contributing to the reduction of CO_2 emissions.

Nitrous Oxide Emissions (NO_x)

NOx emissions are considered one of the most harmful emissions generated by diesel engines. Their release into the atmosphere, combined with rain, leads to acid rain, creating serious environmental impacts. Therefore, reducing NOx emissions is crucial for both environmental sustainability and human health. The primary cause of NOx formation in diesel engines is high combustion temperatures.

Figure 6 shows NOx emissions obtained from experiments conducted with walnut oil biodiesel-added fuels at various engine loads. The obtained data demonstrates the effects of biodiesel additives on engine combustion characteristics and their impact on NOx emissions.

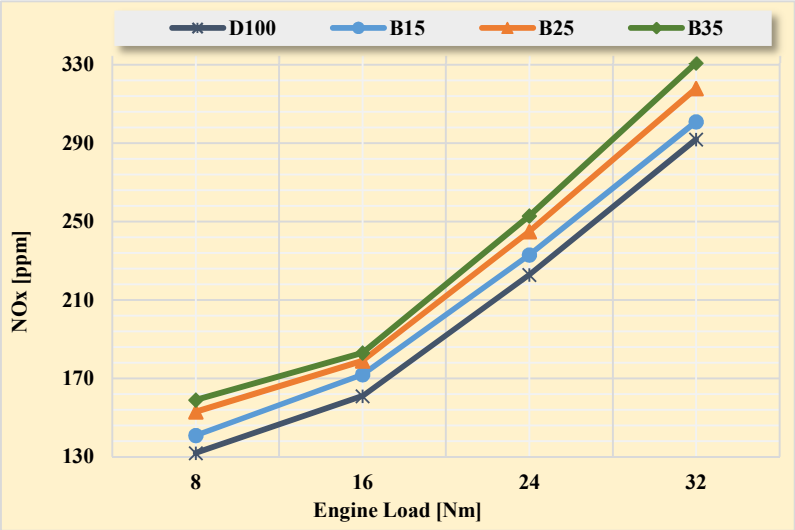


Fig 6. Nitrous oxide emissions depending on fuel type at different engine loads

It has been determined that an increase in the proportion of walnut oil biodiesel in the fuel increases NOx emissions. At 8 Nm load, B15 fuel increased NOx emissions by 6.81% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm increased NOx emissions by 9.83%. At 24 Nm load, NOx emissions increased by 4.48%. At 32 Nm load, NOx emissions increased by 3.08%. At 8 Nm load, B25 fuel increased NOx emissions by 15.90% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm increased NOx emissions by 11.18%. At 24 Nm load, NOx emissions increased by 9.86%. At 32 Nm load, NOx emissions increased by 8.90%. When the biodiesel ratio was increased to the maximum level, NOx emissions increased by 20.45% with B35 fuel compared to diesel fuel at 8 Nm load. Increasing the load to 16 Nm increased NOx emissions by 13.66%; at a 24 Nm load, NOx emissions increased by 13.45%; and with the maximum load, NOx emissions increased by 13.35%. It is known that nitrogen oxide (NO_x) emissions resulting from combustion are caused by high temperatures. This presents a significant challenge for researchers aiming to improve combustion efficiency. The study observed that NO_x emissions increased with increasing the biodiesel ratio. This finding indicates increased combustion efficiency during the combustion process and can be considered a significant indicator of improved combustion performance.

Particulate Matter Emissions (PM)

Particulate matter (PM) emissions from diesel engines are a significant pollutant that is both measured and continuously monitored. One of the main reasons for the negative international perception of diesel engines is their high particulate matter emissions. Various technological applications have been developed in diesel engines to reduce particulate matter emissions. However, these applications increase vehicle costs and do not offer a sustainable long-term solution. Figure 7 shows particulate matter emissions from experiments conducted with fuels containing various biodiesel additives under different engine loads.

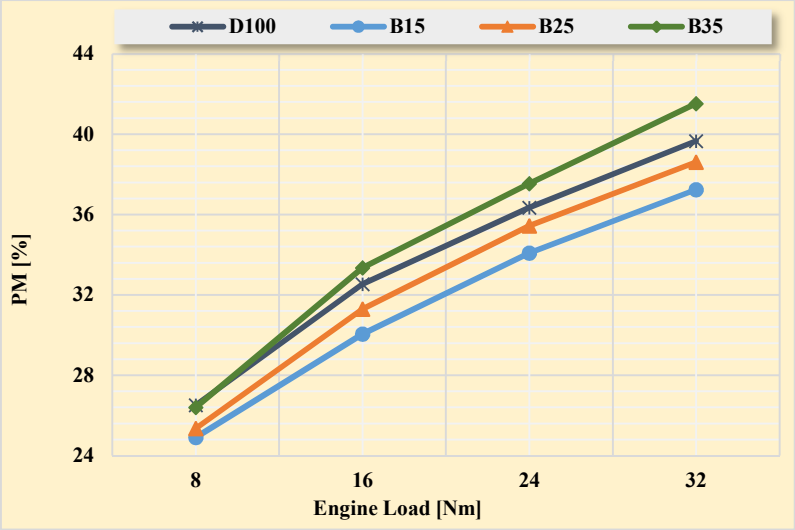


Fig 7. Particulate matter emissions depending on fuel type at different engine loads.

It has been determined that increasing the walnut oil biodiesel in the fuel by up to 25% reduces PM emissions. Increasing the biodiesel ratio to a higher level (35%) caused emissions to increase again. At 8 Nm loads, PM emissions with B15 fuel decreased by 6.10% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm reduced PM emissions by 7.64%. At 24 Nm loads, PM emissions decreased by 6.21%. At 32 Nm loads, PM emissions decreased by 6.10%. At 8 Nm loads, B25 fuel reduced PM emissions by 4.37% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm reduced PM emissions by 3.80%. At 24 Nm loads, PM emissions decreased by 2.45%. At 32 Nm loads, PM emissions decreased by 2.62%. When the biodiesel content was increased to its maximum level, B35 fuel at an 8 Nm load reduced PM emissions by 0.44% compared to diesel fuel. Increasing the load to 16 Nm increased PM emissions by 2.52%; at a 24 Nm load, PM emissions increased by 3.30%, and with the maximum load, PM emissions increased by 4.72%. Increasing the percentage of walnut oil biodiesel in the fuel reduced PM emissions by up to 25%. However, increasing the biodiesel content to 35% caused PM emissions to increase again. This finding indicates that biodiesel should be used at an optimum level and that its negative effects on combustion characteristics at higher rates may increase emissions.

CONCLUSIONS

In this study, which examined the effects of fuels (B15, B25 and B35) formed by mixing walnut oil biodiesel with diesel fuel at different ratios on exhaust emissions, the following evaluations were made in general.

- B15 fuel has been found to be more effective in reducing carbon monoxide emissions. Increasing the biodiesel content above 15% negatively impacted carbon monoxide emissions compared to B15 fuel.
- B15 fuel has been found to effectively reduce hydrocarbon emissions. Increasing the biodiesel content to 35% negatively impacted hydrocarbon emissions.
- Carbon dioxide emissions decreased with the addition of biodiesel, but this effect disappeared with increasing the biodiesel content to 35%.
- NOx emissions were observed to increase with increasing biodiesel content.
- The use of biodiesel is considered an effective method for reducing PM emissions. The study found that increasing the biodiesel content up to 15% significantly reduced particulate matter formation.

- This reduction can be explained by the oxygen in the chemical structure of biodiesel improving the combustion process and limiting soot formation. However, increasing the biodiesel content to higher levels (35% and above) resulted in an increase in particulate matter emissions. The main reason for this increase is that high biodiesel content increases fuel viscosity, negatively affecting spray quality and the homogeneity of the fuel-air mixture. This prevents complete oxidation in the combustion chamber, leading to increased particulate matter formation.
- Future studies can be conducted to reduce the increased NOx emissions resulting from biodiesel use.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Tokat Gaziosmanpaşa University. The authors are grateful for the support provided by Tokat Gaziosmanpaşa University Scientific Research Projects Unit (Project No: 2024/95).

REFERANCES

[1] Hu X, Zhang W, Zhang S, Hao Y, Cong J. The impacts of the global energy transition on China's energy security in long-term: Heterogeneous evidence from the supply and consumption. Renewable Energy 2025:123784.

[2] Suvana S, Singh V. Sustainable Green Energy for Enhanced Agricultural Productivity. Modern Technology for Sustainable Agriculture. Springer; 2025, p. 151-68.

[3] Holechek JL, Geli HM, Sawalhah MN, Valdez R. A global assessment: can renewable energy replace fossil fuels by 2050? Sustainability 2022;14(8):4792.

[4] Belay NC, Fentaw BA, Nallamothu RB, Kebede MS. Performance evaluation of liquid fuel derived from waste plastics for diesel engine applications and emissions characteristics. Energy 2025;318:134911.

[5] Bayramoğlu K, Bayraktar M, Seyhan A, Yuksel O. Evaluation of techniques to reduce carbon emissions from ships within the scope of revised greenhouse gas emission targets for 2030, 2040, and 2050. Ocean Engineering 2025;334:121605.

[6] Noura HN, Allal Z, Salman O, Chahine K. An optimized tree-based model with feature selection for efficient fault detection and diagnosis in diesel engine systems. Results in Engineering 2025:106619.

[7] Savaş A, Şener R, Uslu S, Der O. Experimental study on performance and emission optimization of MgO nanoparticle-enriched 2nd generation biodiesel: A method for employing nanoparticles to improve cleaner diesel combustion. Journal of the Energy Institute 2025;120:102024.

[8] Lopresto C. Sustainable biodiesel production from waste cooking oils for energetically independent small communities: an overview. International Journal of Environmental Science and Technology 2025;22(3):1953-74.

[9] Warimani M, Thattoth AM, Fharukh AG, Bellary SAI, Shinde A, Hasan Z, et al. Effect of Engine Performance and Statistical Analysis of Emission Powered by Chicken Fat Blended Biodiesel. Journal of Engineering Physics and Thermophysics 2025:1-10.

[10] da Silva Aires FI, Dari DN, dos Santos KM, de Castro Bizerra V, da Silva Sousa P, da Silva Vieira R, et al. Biorefining of Renewable Diesel: From Production to Market. 2025.

[11] Kyriklidis C, Koutouvou A, Moustakas K, Karayannis V, Tsanaktsidis C. Artificial Intelligence and Nature-Inspired Techniques on Optimal Biodiesel Production: A Review—Recent Trends. Energies 2025;18(4):768.

[12] Munir M, Ahmad M, Alsahli AA, Zhang L, Sultana S, Chaudhry B, et al. Sustainable biodiesel from Pyrus pashia seed oil using Sauromatum venosum-derived CdO nanoparticles. Sustainable Energy Technologies and Assessments 2025;80:104372.

[13] Yahyaei SJ, Gharehghani A, Andwari AM. Comprehensive numerical investigation of biodiesel/natural gas dual-fuel compression ignition engine with hydrogen and oxygen enrichment. International Journal of Hydrogen Energy 2025;98:254-65.

[14] Yan P, Peng H, Rabiee H, Ge L, Weng Y, Beibei M, et al. Advances in lignocellulosic biomass pyrolysis and catalytic upgrading for sustainable biofuel production: process design strategies and reaction rationales. Green Chemistry 2025.

[15] Azarudeen JM, Anish M, Babu LG, Sivaram A, Punitha N, Muniyappan K, et al. Performance and emission characteristics of waste cooking oil biodiesel blends in sustainable fuel applications. Scientific Reports 2025;15(1):35184.

[16] Alm-EldinBastawissi H, Elkelawy M, Elsamadony MO, Ghazaly M. Performance and Emissions Characteristics of Multi-Cylinder Direct Injection Diesel Engine Fuelled with Diesel/Biodiesel and Toluene Additives. Journal of Engineering Research 2025;8(6):29-37.

[17] Vijai C, Babu MD, Babu MN, Mehar K, Singh RP. Combined effects of Copper Oxide Nanoparticles and Hydrogen enrichment on the Performance and Emissions of Butanol Enriched Biodiesel in a Diesel Engine. Results in Engineering 2025:107803.

[18] Katre S, Baredar P, Dwivedi G, Shukla AK. Impact of hydrogen enrichment on the emission, combustion, and performance of dual-fuel engine fuelled with Karanja biodiesel. International Journal of Hydrogen Energy 2025;161:150647.

[19] Badrulhisam NH, Abbas OM, Ismail MY, Abdullah AA. Influence of isobutanol fuel additive in B40 palm oil methyl ester on engine performance of a diesel engine. Journal of Mechanical Engineering and Sciences 2025:10782-90.

[20] Sanli H. Utilization of Low-Viscosity Sustainable Quaternary Microemulsification Fuels Containing Waste Frying Oil–Diesel Fuel–Bio-Alcohols in a Turbocharged-CRDI Diesel Engine. Sustainability 2025;17(19):8835.

[21] Equbal MN, Dewangan AK, Moinuddin SQ, Yadav AK, Ahmad A. Experimental investigation of performance, emission, and combustion characteristics of a CI engine operating on blends of waste cooking oil biodiesel/diesel under variable compression ratios condition. Environmental Progress & Sustainable Energy 2025;44(5):e70028.

[22] Gupta H, Gangwar JN. A comprehensive review of algal biodiesel for compression ignition engines: Challenges, advances, and future prospects. Energy & Environment 2025:0958305X251354880.

[23] Darla N, Ramuhaheli S, Veeredhi VR. Production and Characterisation of Biodiesel from Waste Cooking Oil: A Sustainable Approach Using Transesterification. Journal of Mines, Metals & Fuels 2025;73(9).

[24] Waddad Y, Ravi R, Belkasmi M, Faqir M, Essadiqi E, Qingqing L, et al. Valorization of orange waste for high-performance biodiesel: A comprehensive technical review. International Journal of Green Energy 2025:1-38.

[25] Allasi HL, Selvam AJ, Soosaimariyan MV, Arul SJ. Enhancing diesel engine efficiency with waste cooking oil biodiesel and nano additives for sustainable fuel applications. Scientific Reports 2025;15(1):31762.

[26] Raja. KS S, Srinivasan SK, Yoganandam K, Ravi M. Emissions and performance investigation on the effect of dual fuel injection in biodiesel driven diesel engine. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects 2025;47(1):4652-62.

[27] Vargün M, Yapmaz A, Kalender V, Yılmaz IT. Investigation of the effects of using hydrogen enriched fuel blends in a diesel engine on engine performance, combustion and exhaust emissions. International Journal of Hydrogen Energy 2025;97:1399-410.

[28] Hazar H, Akcay C, Sevinc H. Impact of CeO2 nanoparticles and crude walnut oil–diesel blends on combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine. Applied Thermal Engineering 2025:128082.

[29] https://adskurumsal.com

[30] https://www.yagmurmotor.com/category/marka-ve-hizmet/thorq/

[31] https://mediathek-bosch-automotive.com/files/bosch_wa/981/826.pdf

MOTOR BECERİNİN ALGISAL HIZ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ÖZEL GÜVENLİK VE KORUMA ADAYLARINDA İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Ali KELEŞ
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Mülkiyeti Koruma ve Güvenlik Bölümü
ORCID: 0000-0001-7513-4474

ÖZET
Güvenlik sektöründe görev alacak özel güvenlik ve koruma adaylarının görev sorumlulukları ve eğitimlerinin içeriğinde kuvvet, görsel reaksiyon ve motor tepkilerin ön planda olması gerekmektedir. Özellikle silah atış eğitiminde görsel reaksiyon tepkime süresinin kısa olması görevlerinde başarılı olmalarına olanak sağlar. Bu alanda görev alacak kişilerin hızlı karar verme, etkili uygulama yapabilme ve kuvvet gerektiren durumlara karşı fiziksel olarak hazır bulunmaları, görev performanslarını önemli ölçüde artırmaktadır. Fizyolojik yeterliliğin atış başarısı üzerindeki etkisini anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı özel güvenlik adaylarının el pençe kuvvetlerinin görsel reaksiyon üzerindeki etkisini incelemektir. Araştırmaya özel güvenlik ve koruma bölümünde eğitim gören 56 erkek öğrenci gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılara sağ, sol el pençe kuvveti testi ve 30 dokunuştan oluşan görsel reaksiyon testi uygulanmıştır. Ölçümlerde el pençe kuvveti ölçümleri için Takei marka el dinamometresi, görsel reaksiyon testi için Blazepod cihazı kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 26.0 paket programı kullanılmıştır. Araştırmada anlamlılık düzeyi $p<0.01$ olarak kabul edilmiştir. Verilerin normal dağılım sağladığını saptamak için Kolmogorov-Smirnov testi, çarpıklık ve basıklık değerleri ve histogram grafikleri incelenerek verilerin normal dağılım sağladığı tespit edildi. Araştırmada el pençe kuvvetinin görsel reaksiyona etkisini incelemek amacıyla tek değişkenli regresyon analizi uygulanmıştır. Katılımcıların el pençe kuvveti değişkeni değerleri ile görsel reaksiyon değerleri arasında orta düzeyde, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır [R: ,497- R2=,247- F (1-54) =17,730- p: ,000]. Regresyon kat sayılarının anlamlılığına ilişkin t-testi sonuçları incelediğinde ise el pençe kuvvetinin görsel reaksiyon üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu saptandı ($t=4,211$; $p<0.01$). Görsel reaksiyon üzerindeki değişimin %24'ünü açıklamaktadır ($R2=,247$). El pençe kuvvetindeki 1 birimlik artış, görsel reaksiyon değişkeninde ,189 birimlik artışa yol açmaktadır ($B = ,189$, $p < 0.01$). Sonuç olarak kuvvet değişkeninin görsel reaksiyon üzerinde etkili olması alandaki eğitimlerde kuvvet antrenmanlarına yoğun olarak dahil edilmesi ile reaksiyon süresinin düşmesinin sağlanması adayların olaylara daha hızlı tepki verebilmeleri açısından katkı sağlayacaktır.
Anahtar Kelimeler: Kuvvet, Görsel Reaksiyon, Motor Beceri, Özel Güvenlik ve Koruma.

THE EFFECT OF MOTOR SKILL ON PERCEPTUAL SPEED IN PRIVATE SECURITY AND PROTECTION TRAINEES

ABSTRACT
The duties and training content of private security and protection candidates who will work in the security sector must emphasize strength, visual reaction, and motor responses. In particular, having a short visual reaction time during firearm training enables them to perform successfully in their duties. Individuals in this field need to make quick decisions, perform effective actions, and be physically prepared for situations requiring strength — all of which significantly improve their job performance. Understanding the effect of physiological competence on shooting performance is therefore of critical importance.

The aim of this study is to examine the effect of handgrip strength on visual reaction among private security candidates. A total of 56 male students studying in the Private Security and Protection Department voluntarily participated in the research. Participants were subjected to right and left handgrip strength tests and a visual reaction test consisting of 30 touches. Handgrip strength was measured using a Takei hand dynamometer, while the visual reaction test was conducted with a Blazepod device. The data were analyzed using the SPSS 26.0 package program, with a significance level set at $p < 0.01$. The normality of the data distribution was examined using the Kolmogorov–Smirnov test, skewness and kurtosis values, and histogram graphs, confirming that the data were normally distributed. A simple linear regression analysis was conducted to investigate the effect of handgrip strength on visual reaction. The results showed a moderate, positive, and statistically significant relationship between handgrip strength and visual reaction values [$R = .497$, $R^2 = .247$, $F(1–54) = 17.730$, $p = .000$]. The t-test results for regression coefficients indicated that handgrip strength had a statistically significant effect on visual reaction ($t = 4.211$, $p < 0.01$). Handgrip strength explained 24% of the variance in visual reaction ($R^2 = .247$). A one-unit increase in handgrip strength resulted in a .189 unit increase in visual reaction ($B = .189$, $p < 0.01$). In conclusion, the finding that strength significantly affects visual reaction suggests that incorporating intensive strength training into field education programs could help reduce reaction times and enhance candidates' ability to respond more quickly to events.

Keywords: Strength, Visual Reaction, Motor Skill, Private Security and Protection.

KARAPINAR TÜLÜ

Öğr. Gör. Arife AKTAŞ
Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Giyim Üretim Teknolojisi Bölümü
ORCID: 0000-0003-4717-3796

ÖZET
Konya ili Karapınar ilçesi ve çevresindeki yerleşimlerde görülen tülü dokumalar, bölgenin tarihsel, kültürel ve sosyo-ekonomik yapısını yansıtan önemli el sanatı ürünüdür. İnsanların yaşam koşulları ve bulundukları coğrafya, kullandıkları eşyaları da etkilemiştir. Tülü dokumalar da yaşam şartı doğrultusunda ortaya çıkmış dokuma türüdür. Genellikle yüzeyi keçi kılından bezenmiş, özel bir dokuma tekniği kullanılan uzun tüylü bir yapıya sahip olan bu kilimler çeşitli renklerde olabilmektedir. Tülü dokumalar geçmişte sedir (divan) örtüsü, yer yaygısı, duvar halısı ya da çeyiz eşyası olarak kullanılmış, hem işlevsel hem de estetik bir değer taşımıştır. Kullanım alanı kapsamında değişik ölçülerde üretilebilmiştir. Karapınar ve çevresinde hayvancılığın temel geçim kaynağı olması, bu el sanatının gelişmesinde belirleyici bir rol oynamıştır. Keçi besiciliğinden elde edilen kıllar çeşitli terbiye işlemlerinden geçirilerek dokumanın hammaddesini oluşurmuştur. Böylece doğal kaynaklar kültürel üretimle birleştirilmiştir. Ancak günümüzde modern dokumanın yaygınlaşması, hazır dokuma ürünlerinin tercih edilmesi, tülü dokumaların günümüzde üretim sürecini bitirmiştir. Yaşadığımız şu dönemde koleksiyonerlerde ve çeyiz sandıklarında karşımıza çıkan kültür mirası bu değerlerin araştırılması ve gelecek nesillere aktarılması bu açıdan önemlidir. Bu çalışma ile son 10 yılda Karapınar tülü dokumaları üzerine yapılan araştırmalar incelemiştir. Tarama yöntemi kullanılmıştır. Farklı araştırmalardan elde edilen bilgiler ve fotoğraflar üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Konya ilinde bulunan koleksiyonerler ile görüşülüp Karapınar tülüleri ve çevre ilçelerde bulunan tülüler hakkında bilgiler ve görseller sağlanmıştır. Tülü dokumalarının tarihsel gelişimi, kullanılan malzemeler, desen özellikleri, kullanılan renkler, üretim teknikleri, kullanım alanları ve günümüzdeki durumları hakkında bulgular tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, tülü dokumaların somut olmayan kültürel miras kapsamında korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda bu çalışmanın günümüz ve gelecek nesillere katkı sağlaması amaçlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Karapınar, tülü, dokuma, kültürel miras.

KARAPINAR TULU

ABSTRACT
Tulu weavings seen in the Karapınar district of Konya province and the surrounding settlements are important handicraft products that reflect the historical, cultural and socio-economic structure of the region. Living conditions and the geography people lived in also affected the items they used. Tulu weavings are also a type of weaving that emerged in line with the living conditions. These rugs, which have a long-pile structure, are usually decorated with goat hair on the surface and using a special weaving technique, can be in a variety of colors. Tulu weavings were used as sofa covers, floor mats, tapestries or dowry items in the past, and carried both functional and aesthetic value. It can be produced in different sizes within the scope of the usage area. The fact that animal husbandry is the main source of income in Karapınar and its surroundings has played a decisive role in the development of this handicraft. The hair obtained from goat farming was subjected to various finishing processes and became the raw material for weaving.

Thus, natural resources were combined with cultural production. However, the widespread use of modern weaving and the preference for ready-made woven products have put an end to the current production process of Tulu weaving. In this period we live in, it is important to research these cultural heritage values that we come across in collectors' and dowry chests and to pass them on to future generations. This study examines the research conducted on Karapınar Tulu weavings in the last 10 years. The scanning method was used. Evaluations were made using information and photographs obtained from various studies. Collectors in Konya province were contacted and information and visuals about the Karapınar Tulu and Tulu in the surrounding districts were provided. Findings about the historical development of Tulu weavings, the materials used, pattern features, colors used, production techniques, areas of use and their current status have been identified. The findings revealed the necessity of preserving Tulu weavings within the scope of intangible cultural heritage and passing them on to future generations. In this context, this study aims to contribute to today's and future generations.

Keywords: Karapınar, Tulu, weaving, cultural heritage.

FOTOVOLTAİK DESTEKLİ FAZ DEĞİŞİM MALZEMESİ ENTEGRELİ MOBİL SOĞUK HAVA DEPOSUNUN ENERJİ ANALİZİ

Öğretim Görevlisi Celalettin BAKIR
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Alternatif Enerji Kaynakları Programı
ORCID: 0000-0001-7641-8524

Doçent Doktor Ahmet YILANCI
Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0001-9636-026X

ÖZET
Bu çalışma, faz değişim malzemesi (FDM) tabanlı ve fotovoltaik (FV) destekli bir soğuk hava deposunun performans değerlendirmesi ile enerji analizine odaklanmaktadır. Araştırmada, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal ürünlerin soğuk zincirinde kullanımını arttırmak ve kırsal alanlarda enerji bağımlılığını azaltmak hedeflenmiştir. Çalışmada, FV destekli ve FDM entegreli bir soğuk hava deposu üzerinde gerçekleştirilen teorik analiz kapsamında, farklı miktarlarda kullanılan FDM'leri ile -18 °C'de işletilen bir soğuk hava deposunda meydana gelen enerji kaybının karşılanma miktarı belirlenmiştir. Ayrıca bu süreçle birlikte ihtiyaç duyulan FV sistem güç ve depolama kapasitesinin değişimi hesaplanmıştır. Analizlerde 7.74 m3 hacminde bir soğuk hava deposu kullanılmıştır. Başlangıçta +25 °C sıcaklıktaki deponun, -18 °C ye ulaşması için gerekli enerji miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca, on yedi farklı FDM'nin gizli ısısı, özgül ısısı ve faz değişim sıcaklıkları belirlenerek farklı mıktarlardakı FDM'lerinin depoyu -18 °C'de sabit tutulabıleceğı süreler hesaplanmıştır. FV sistem boyutlandırması, PVSyst yazılımı kullanılarak FDM'li ve FDM'siz durumlar için gerçekleştirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda gizli ısı depolama kapasitesi bakımından en yüksek değerı Thermofin-1, en düşük değeri ise Dipotasyum Hidrojen Fosfat göstermiştir. Duyulur ısı depolama açısından Thermofin-3 en yüksek, Baryum Klorür ise en düşük enerji depolayan malzeme olarak belırlenmıştır. Toplam depolanan enerji bakımından en yüksek performans Thermofin-3, en düşük performans ise Kalsiyum Nitrat ile elde edilmiştir. FDM'siz sistemde ısı kaybı 5.4 kWh olarak hesaplanmış, 20 kg FDM kullanımıyla FV sistem güç ve depolama gereksiniminde %19.9-34 aralığında tasarruf sağlandığı belirlenmiştir. Ayrıca, kullanılan FDM miktarının 1 kg ile 40 kg arasında değişmesi durumunda deponun set sıcaklığının 15 dk ile 16 saat aralığında sabit tutulabileceği belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Mobil Soğuk Hava Deposu, Faz Değişim Malzemesi, Fotovoltaik Sistem, Enerji Analizi.

ENERGY ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC-ASSISTED MOBILE COLD STORAGE SYSTEM INTEGRATED WITH PHASE CHANGE MATERIALS

ABSTRACT
This study focuses on the performance evaluation and energy analysis of a phase change material (PCM)-based and photovoltaic (PV)-assisted cold storage room. The research aims to increase the use of renewable energy sources in the cold chain of agricultural products and to reduce energy dependency in rural areas. Within the scope of the theoretical analysis conducted on a PV-supported and PCM-integrated cold storage unit, the amount of energy loss compensated by different quantities of PCMs at an operating temperature of –18 °C was determined.

Additionally, the variation in required PV system power and storage capacity throughout this process was calculated. A cold storage unit with a volume of 7.74 m³ was used in the analyses. The energy required to lower the internal temperature of the room from +25 °C to –18 °C was calculated. Furthermore, the latent heat, specific heat, and phase change temperatures of seventeen different PCMs were determined to evaluate how long various PCM masses could maintain the room temperature at –18 °C. PV system sizing was performed using PVSyst software for both PCM-assisted and non-PCM cases. According to the results, Thermofin-1 exhibited the highest latent heat storage capacity, whereas Dipotassium Hydrogen Phosphate showed the lowest. In terms of sensible heat storage, Thermofin-3 had the highest value, while Barium Chloride had the lowest. Considering total stored energy, Thermofin-3 achieved the best performance, while Calcium Nitrate showed the weakest. For the system without PCM, the total heat loss was calculated as 5.4 kWh. The use of 20 kg of PCM resulted in a 19.9–34% reduction in PV system power and storage requirements. Moreover, it was determined that depending on the PCM mass (ranging from 1 kg to 40 kg), the cold room temperature could be maintained at the set value for periods between 15 minutes and 16 hours.

Keywords: Mobile Cold Storage Room, Phase Change Material, Photovoltaic System, Energy Analysis

BELUGA LENTIL FLOUR AS A FUNCTIONAL INGREDIENT IN CRACKERS: PHYSICAL, TEXTURAL, AND SENSORY ATTRIBUTES

Assist. Prof. Hilal ARSLAN BAYRAKCI
Selcuk University, Karapınar Aydoganlar Vocational School, Food Technology Department
ORCID: 0000-0003-0069-4164

ABSTRACT
This study investigates the potential of Beluga lentil flour (BLF) as a functional ingredient in cracker production by evaluating its effects on the physicochemical, textural, and sensory properties of crackers. Beluga lentil (*Lens culinaris*), also known as black lentil, is characterized by its superior nutritional profile, including high protein (30.69%), dietary fiber (7.40%), and ash (3.66%) content, as well as its abundance of bioactive compounds. In this study, wheat flour was partially substituted with BLF at levels of 10%, 20%, and 30%, and the resulting products were compared with control crackers formulated solely from wheat flour. Colorimetric analysis demonstrated that BLF incorporation significantly reduced lightness (L*) and yellowness (b*), while increasing redness (a*), particularly at 30% BLF, indicating a darker and more intense coloration. Dimensional analysis showed no significant differences in diameter and thickness across formulations; however, the spread ratio increased with higher BLF inclusion, with the highest value observed at 30%. Texture analysis revealed a marked decrease in hardness as BLF concentration increased, with significant softening evident at 20% and 30% levels. Sensory evaluation indicated that while taste and aroma remained unaffected by BLF addition, texture and overall acceptability peaked at 20% BLF, suggesting this level as the most favorable in balancing functional enhancement with consumer satisfaction. The findings demonstrate that BLF can be effectively utilized to improve the nutritional value of crackers without compromising key quality attributes when applied at moderate substitution levels. This study underscores the potential of incorporating Beluga lentil into widely consumed snack products to promote healthier dietary choices, aligning with current trends in functional food development. Future research should explore the bioactive stability of BLF during storage and its implications for health-promoting properties in baked goods.
Keywords: Beluga lentil, functional food, crackers, texture, sensory evaluation

INTRODUCTION
Lentil (*Lens culinaris*), a member of the Fabaceae (Leguminosae) family, occupies a pivotal role in sustainable agriculture and global food security. This species is among the oldest domesticated crops in the Middle East, with a domestication history spanning more than ten millennia (Chen et al., 2022).

Beluga lentil, also known as black lentil, is characterized by small seeds with black husks and red cotyledons. Relative to other lentil varieties, Beluga lentil exhibits a notably richer nutrient profile, with higher contents of moisture, dietary fiber, fat, minerals, and protein. Nutritional analyses indicate that black lentils possess a superior overall nutritional profile compared with red and green lentils. Quantitatively, black lentil flour contains the highest protein content at 30.69%, while green lentil flour exhibits 28.32% and red lentil flour 27.62%. Moreover, black lentil demonstrates considerably higher total fiber (7.40%) and total ash (3.66%) relative to green lentil (fiber 4.58%; ash 2.75%) and red lentil (fiber 4.83%; ash 1.75%).

Fat content is slightly elevated in black lentil (1.95%) compared with green lentil (1.71%), whereas red lentil flour shows the lowest lipid content among the flours examined (0.42%). In terms of moisture, green lentil exhibits the highest value (6.72%), compared with black lentil (5.67%) and red lentil (5.99%). Additionally, these lentils are rich in bioactive compounds that confer various health benefits (Miranda, Speranza, Kurozawa, & Kawazoe Sato, 2022; Yaghtini, Feizy, Hoseini Taheri, & Jahani, 2021). The observed compositional differences suggest distinct application potentials, with particular emphasis on black lentil, in food and nutrition-related industries (Ghasemi, Noshad, Behbahani, Nikfarjam, & Vasiee, 2025). Crackers are a widely consumed snack across diverse populations worldwide (Hu, Hu, Zheng, & Rong, 2022; Olagunju, Omoba, Enujiugha, & Aluko, 2018). Nevertheless, there is a growing recognition that snack foods should not solely address palatability but also support overall health and well-being (Paciulli et al., 2023).
This study aims to investigate crackers in which varying proportions of black lentil flour (Beluga lentil flour) are incorporated, comparing their physical, sensory, and textural properties with those of conventional crackers, in order to determine whether Beluga lentil flour can function as a functional ingredient in cracker production.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Wheat flour, Beluga lentil (5.5 g fat, 60 g carbohydrates, 15 g dietary fiber, and 13 g protein per 100 g; Tat Bakliyat), shortening, salt, icing sugar, baking powder, and baker's yeast were purchased at a local market in Konya, Turkey. Beluga lentils were ground into flour.

Methods

Cracker Production

To obtain a homogeneous dough, the dry ingredients (100 g wheat flour, 1.6 g salt, 1.5 g powdered sugar, 1.5 g baking powder, and 0.2 g baker's yeast) were mixed with 20 g shortening and water in a home kneading mixer (Arzum Ar1066, Istanbul, Turkey) for 5 minutes. The dough was left to ferment at 35 °C for 120 minutes, then rolled out to an appropriate thickness and cut into round shapes. The crackers were baked in a domestic oven at 175 °C for 9 minutes.
To obtain crackers enriched with Beluga lentil flour (BLF), BLF was substituted for wheat flour at levels of 10%, 20%, and 30%, respectively. The preparation procedure for BLF-enriched crackers was identical to that of the control crackers.

Color

A digital colorimeter (Konica CR-400, Osaka, Japan) was used to measure the color values. The color difference between the control crackers and those enriched with BLF was then calculated using equation (1):

$$\Delta E = \sqrt{\left(L^*_{Sample} - L^*_{Control}\right)^2 + \left(a^*_{Sample} - a^*_{Control}\right)^2 + \left(b^*_{Sample} - b^*_{Control}\right)^2}$$

Dimensional Analysis

We determined the diameter and thickness of the cracker samples following AACC method 10-54 (AACC, 2010). We then calculated the spread ratio by dividing the diameter by the thickness.

Hardness

The hardness of the crackers was assessed using a texture analyzer, the Stable Micro Systems TA-XT Plus (Surrey, UK), equipped with a three-point bending rig (HDP/3 PB) as described by Singh, Singh, Jha, Rasane, & Gautam (2015).

Evaluation of Sensory Properties of Crackers

The samples were evaluated by seven panelists for taste, odor, texture, appearance, and overall acceptability using a 9-point hedonic scale, where 1 represented 'dislike extremely', 5 was 'neutral', and 9 signified 'like extremely (Yaver, 2022).

Data Analysis

We performed the statistical analysis using JMP software (SAS, North Carolina, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

The L*, a*, b*, and ΔE values for the cracker samples are shown in Table 1. The L* values of the crackers ranged from 61.14 to 80.24. The addition of BLF caused a decrease in L* values, with no statistically significant differences detected at the 20% and 30% addition levels. This reduction in L* is attributed to the darkening effect of Beluga lentil, which is expected to influence the overall color intensity. A similar trend was observed for the a* value. The highest both a* and ΔE values were observed in the cracker samples containing 30% BLF.

Table 1. Color values of crackers

Crackers	*L**	*a**	*b**	ΔE
Control	80.24±0.83a	-0.71±0.06d	22.47±0.25a	-
10%BLF	67.91±0.49b	0.23±0.03c	18.05±0.10b	13.13±0.18c
20% BLF	62.56±0.44c	0.43±0.03b	13.26±0.14c	20.06±0.23b
30% BLF	61.14±0.48c	0.68±0.01a	13.06±0.23c	21.25±0.28a

Means that share different letters within the same column are significantly different ($p<0.05$).
BLF: Beluga lentil flour.

In a related study, Saeed et al. (2020) found reductions in L* and b*, accompanied by an increase in a*, for biscuits enriched with black lentil flour. Likewise, Uivarasan et al. (2024) reported comparable colorimetric changes upon incorporating black rice flour into crackers. They proposed that the decreased b* values (reflecting increased blue hue) arose from the elevated total phenolic content of black rice flour.

The cracker samples exhibited diameters ranging from 51.25 to 52.16 mm, thicknesses from 3.50 to 3.05 mm, and spread ratios from 14.64 to 17.10 (Table 2). BLF addition did not induce statistically significant ($p>0.05$) changes in diameter or thickness, whereas the spread ratio increased at 20% and 30% BLF levels. The 10% BLF samples did not show a statistically significant difference in spread ratio compared with the control group. The spread ratio is regarded as a key quality parameter for crackers, correlating with texture, bite, grain finesse, and overall mouthfeel; a higher spread ratio is preferred (Han, Janz, & Gerlat, 2010).

Table 2. Diameter, thickness, spread ratio and hardness values of crackers

Crackers	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Spread ratio	Hardness (N)
Control	51.25±0.35a	3.50±0.21a	14.64±0.23c	25.97±0.77a
10%BLF	51.35±0.28a	3.57±0.21a	14.39±0.28c	20.67±0.65b
20% BLF	51.91±0.37a	3.29±0.24a	15.78±0.24b	15.00±0.67c
30% BLF	52.16±0.28a	3.05±0.13a	17.10±0.21a	13.35±0.52c

Means that share different letters within the same column are significantly different ($p<0.05$).
BLF: Beluga lentil flour.

Data for the hardness values of the samples can be found in Table 2. Accordingly, the addition of BLF led to a decrease in cracker hardness. There were no statistically significant differences in hardness at the 20% and 30% BLF levels. Texture is a critical quality attribute for crackers, reflecting freshness and overall product quality. In particular, hardness and fracturability provide meaningful indications of the crisp and crunchy texture that is highly desirable for this category (Batista et al., 2019; Millar et al., 2017; Yilmaz & Karaman, 2017). These results can be attributed to a possible increase in water content during baking, which persisted and contributed to reduce gluten formation. The gluten content in wheat directly contributes to product hardness and fracturability, promoting better gas entrapment and a more cohesive and viscoelastic dough (Nammakuna et al., 2016). Additionally, it has been proposed that dietary fiber can reduce crispness by adversely affecting rheological properties and the uniformity of the dough structure (Venkatachalam & Nagarajan, 2017).
Sensory evaluation revealed no significant differences in taste and odor between the control and BLF-containing crackers, while texture showed a pronounced response to BLF concentration, peaking at 20% BLF. Overall acceptability remained largely comparable to the control at lower BLF levels, with a slight decline at 30% BLF, suggesting an optimal range for BLF inclusion. Appearance perceptibility varied with BLF level, indicating that intermediate substitutions may optimize visual appeal (Figure 1).

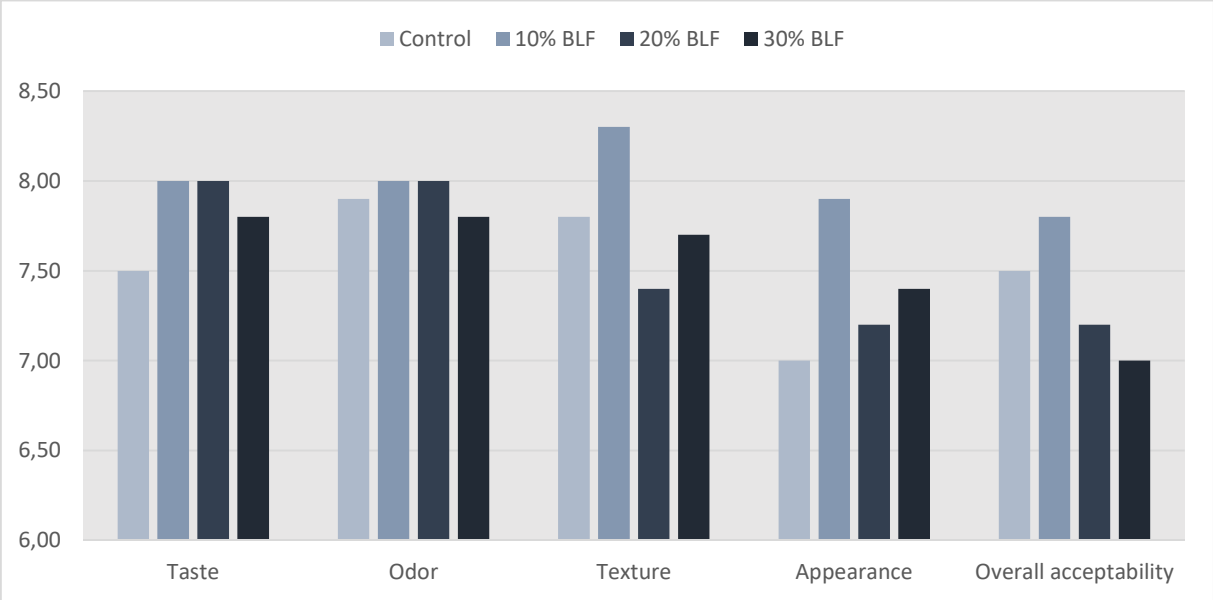


Figure 1. Sensory evaluation of cracker samples

CONCLUSION

This study demonstrates that BLF can be successfully incorporated into cracker formulations while maintaining desirable sensory and physical properties. Increasing BLF levels influenced key product characteristics such as color, spread ratio, and texture. Although higher substitution levels (30%) resulted in a darker color and reduced hardness, sensory evaluations revealed that a 20% substitution level provided the most balanced outcome in terms of consumer preference, optimizing texture, appearance, and overall acceptability. The findings highlight the potential of BLF as a functional ingredient capable of meeting the growing consumer demand for health-oriented snack products. Incorporating BLF into widely consumed bakery products could contribute to increasing daily protein and dietary fiber intake. Future research should focus on optimizing processing conditions to preserve the bioactive compounds of BLF during baking and storage, as well as exploring its potential application in other bakery and snack products. This study provides a scientific foundation for the development of nutritious and functional snacks and supports the broader integration of legume-based ingredients into the food industry.

REFERENCES

Batista, A. P., Niccolai, A., Bursic, I., Sousa, I., Raymundo, A., Rodolfi, L., … Tredici, M. R. (2019). Microalgae as Functional Ingredients in Savory Food Products: Application to Wheat Crackers. *Foods*, *8*(12), 611. https://doi.org/10.3390/foods8120611

Chen, C., Etemadi, F., Franck, W., Franck, S., Abdelhamid, M. T., Ahmadi, J., … Qin, R. (2022). Evaluation of environment and cultivar impact on lentil protein, starch, mineral nutrients, and yield. *Crop Science*, *62*(2), 893–905. https://doi.org/10.1002/csc2.20675

Ghasemi, P., Noshad, M., Behbahani, B. A., Nikfarjam, Z., & Vasiee, A. (2025). Black lentil protein isolate: Extraction optimization, structural, thermal, and physicochemical properties. *LWT*, *229*, 118160. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118160

Han, J. (Jay), Janz, J. A. M., & Gerlat, M. (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International*, *43*(2), 627–633. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.015

Hu, X., Hu, L., Zheng, J., & Rong, J. (2022). Classification, Processing Procedures, and Market Demand of Chinese Biscuits and the Breeding of Special Wheat for Biscuit Making. *Journal of Food Quality*, *2022*, 1–12. https://doi.org/10.1155/2022/6679776

Millar, K. A., Barry-Ryan, C., Burke, R., Hussey, K., McCarthy, S., & Gallagher, E. (2017). Effect of pulse flours on the physiochemical characteristics and sensory acceptance of baked crackers. *International Journal of Food Science & Technology*, *52*(5), 1155–1163. https://doi.org/10.1111/ijfs.13388

Miranda, C. G., Speranza, P., Kurozawa, L. E., & Kawazoe Sato, A. C. (2022). Lentil protein: impact of different extraction methods on structural and functional properties. *Heliyon*, *8*(11), e11775. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11775

Nammakuna, N., Barringer, S. A., & Ratanatriwong, P. (2016). The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Science & Nutrition*, *4*(2), 143–155. https://doi.org/10.1002/fsn3.266

Olagunju, A. I., Omoba, O. S., Enujiugha, V. N., & Aluko, R. E. (2018). Development of value-added nutritious crackers with high antidiabetic properties from blends of *Acha* (*Digitaria exilis*) and blanched Pigeon pea (*Cajanus cajan*). *Food Science & Nutrition*, *6*(7), 1791–1802. https://doi.org/10.1002/fsn3.748

Paciulli, M., Grimaldi, M., Rinaldi, M., Cavazza, A., Flamminii, F., Mattia, C. Di, … Chiavaro, E. (2023). Microencapsulated olive leaf extract enhances physicochemical stability of biscuits. *Future Foods*, *7*, 100209. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100209

Saeed, S. M. G., Ali, S. A., Ali, R., Sayeed, S. A., Mobin, L., & Ahmed, R. (2020). Exploring the potential of black gram (Vigna mungo) flour as a fat replacer in biscuits with improved physicochemical, microstructure, phytochemicals, nutritional and sensory attributes. *SN Applied Sciences*, *2*(12), 2083. https://doi.org/10.1007/s42452-020-03797-6

Singh, P., Singh, R., Jha, A., Rasane, P., & Gautam, A. K. (2015). Optimization of a process for high fibre and high protein biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(3), 1394–1403. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1139-z

Uivarasan, A. M., Mihaly Cozmuta, L., Lukinac, J., Jukić, M., Šelo, G., Peter, A., … Mihaly Cozmuta, A. (2024). Whole Black Rice Flour Improves the Physicochemical, Glycemic, and Sensory Properties of Cracker Snacks. *Foods*, *13*(10), 1503. https://doi.org/10.3390/foods13101503

Venkatachalam, K., & Nagarajan, M. (2017). Physicochemical and sensory properties of savory crackers incorporating green gram flour to partially or wholly replace wheat flour. *Italian Journal of Food Science*, Vol. 29.

Yaghtini, M., Feizy, J., Hoseini Taheri, S. E., & Jahani, M. (2021). Survey of physicochemical, nutritional and antioxidant properties of two cultivars of Iranian black and green lentil. *Food Science and Technology*, *17*(109), 55–64. https://doi.org/10.52547/fsct.17.109.55

Yaver, E. (2022). Novel crackers incorporated with carob and green lentil flours: Physicochemical, textural, and sensory attributes. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(10). https://doi.org/10.1111/jfpp.16911

Yilmaz, E., & Karaman, E. (2017). Functional crackers: incorporation of the dietary fibers extracted from citrus seeds. *Journal of Food Science and Technology*, *54*(10), 3208–3217. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2763-9

INFLUENCE OF RESISTANT STARCH TYPE 4 AS A FAT REPLACER ON THE QUALITY OF CRACKERS ENRICHED WITH BLACK CUMIN SEED CAKE

Assoc. Prof. Dr. Elif YAVER
Konya Technical University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Food Processing
ORCID: 0000-0002-2651-9922

Abstract
Recently, there has been an increase in the incidence of common diseases such as obesity, diabetes, cardiovascular diseases and cancer. Despite being one of the popular snacks worldwide, cracker formulations need to be reformulated due to high fat and low protein and dietary fiber content. Cold-pressed seed cakes, contain high quantities of proteins, fibers, minerals and phenolic compounds, are valuable options to enhance the nutritional quality of foods. On the other hand, resistant starch is a great source of dietary fibers that plays thickener, gelling agent, stabilizer, emulsifier, gluten replacer and fat replacer roles in food formulations. In this study, black cumin seed cake at a 9% level was used to develop novel cracker formulations. In addition, shortening in cracker formulations was replaced with resistant starch type 4 (RS4) at 0, 25 and 50% levels. Color analysis demonstrated that the addition of black cumin cake notably reduced L^* and b^* values of crackers. On the contrary, replacing shortening with RS4 in crackers did not change L^* and a^* values compared to crackers made without 100% shortening. The diameter and thickness values of crackers made with 100% wheat flour and 9% seed cake were similar. Moreover, the use of RS4 instead of shortening did not a considerable effect on the diameter and thickness values of samples compared to the control. The incorporation of seed cake decreased spread ratio of crackers. The hardest texture was obtained in crackers by replacing 25% of shortening with RS4. Compared to 100% wheat flour crackers, the addition of seed cake decreased overall acceptability scores. Besides, RS4 revealed similar overall acceptability scores to crackers made with 100% shortening. The results indicated that black cumin seed cake and RS4 are good options to improve healthy cracker formulations.
Keywords: Fat replacer, Resistant starch, Cold-pressed seed cakes, Crackers, Food by-products

Introduction

Crackers are widely consumed snacks by consumers of all ages. However, the nutritional quality of traditional crackers is low due to their high fat and poor protein and fiber components. Therefore, the formulation of traditional crackers needs to be modified with functional ingredients. Most of the food industry wastes have the potential to convert value-added ingredients to prepare healthy foods (Mousa et al., 2021; Nakov et al., 2022; Salari et al., 2024).

Black cumin (*Nigella sativa*) seed cake is a waste of the cold-press oil production process. The seed cake contains 27.5% protein, 6.5% ash, essential fatty acids and bioactive components (Aydın, 2021). It is a good source of magnesium, phosphorus, sodium, potassium and calcium (Gilani et al., 2004). Moreover, bioactive components in black cumin such as thymol, thymoquinone, nigellicine, nigelline and carvacrol are responsible for its anticarcinogenic, anti-inflammatory, antibacterial, antiviral, antifungal, antiulcer and antidiabetic impacts (Sultan et al., 2009; Zaky et al., 2021).

Resistant starch (RS), a particular fraction of starch, avoids digestion in the small intestine and proceeds to the colon, where resident bacteria facilitate its fermentation and the formation of short-chain fatty acids (Bojarczuk et al., 2022). Therefore, RS is categorized as a form of dietary fiber. Also, RS could exhibit health-promoting influences on gut, obesity, diabetes, blood cholesterol and triacylglycerol levels and colon (Cheng et al., 2023; Hu et al., 2024).
Although the overall beneficial roles of black cumin and RS have been shown in previous studies, their combined use in food products remains unclear. Therefore, this study aimed to investigate the impact of black cumin seed cake as wheat flour replacer (0 and 9%) and RS type 4 (RS4) as shortening replacer (0, 25 and 50%) on the physical, textural and sensory characteristics of crackers.

Materials and Methods

Materials

Wheat flour, shortening, salt, powdered sugar, baking powder and yeast were procured locally. Cold-pressed black cumin seed cake was kindly donated by Soivera (Tokat, Türkiye). RS4 was supplied by a local manufacturer in Konya (Türkiye).

Methods

Production of crackers

The ingredients in cracker formulations are demonstrated in Table 1. All ingredients were kneaded for 5 min. Following this, the fermentation process was applied to the dough at 35°C for 2 h. Fermented dough was shaped into a circular shape and baked at 175°C for 7 min.

Table 1. Recipes for cracker samples containing black cumin seed cake and resistant starch type 4

Samples	Wheat flour (g)	Black cumin seed cake (g)	Shortening (g)	Resistant starch type 4 (g)	Salt (g)	Powdered sugar (g)	Baking powder (g)	Yeast (g)	Water (ml)
F1	200	0	40	0	3.2	3.0	3.0	0.4	74
F2	200	0	30	10	3.2	3.0	3.0	0.4	86
F3	200	0	20	20	3.2	3.0	3.0	0.4	90
F4	182	18	40	0	3.2	3.0	3.0	0.4	76
F5	182	18	30	10	3.2	3.0	3.0	0.4	86
F6	182	18	20	20	3.2	3.0	3.0	0.4	90

Color

A colorimeter (Konica Minolta, Osaka, Japan) was employed for the quantification of the L^*, a^* and b^* color values. Total color difference (ΔE) was calculated utilizing the following formula:

$$\Delta E = \sqrt{\left(L^*_{Sample} - L^*_{Control}\right)^2 + \left(a^*_{Sample} - a^*_{Control}\right)^2 + \left(b^*_{Sample} - b^*_{Control}\right)^2}$$

Physical analysis
Diameter and thickness measurements were performed according to the method of AACC 10-54 (AACC, 2010). The spread ratio was determined by dividing the diameter by the thickness.

Hardness
Hardness measurement was carried out using a texture analyzer equipped with HDP/3 PB prob (Singh et al., 2015).

Sensory assessment
Sensory assessment of cracker samples was carried out by nine panelists from Konya Technical University. Taste, odor, appearance, crispness and overall acceptability parameters were assessed using a nine-point scale (1:dislike very much, 9:like very much).

Statistical analysis
The mean values were subjected to the statistical analysis using Tukey HSD test and significant differences were determined at $p<0.05$.

Findings and Discussion
Color values of crackers are demonstrated in Table 2. Crackers enriched with black cumin seed cake had lower L^* and b^* values than those produced without seed cake. The results may be attributed to the dark color of the seed cake. On the other hand, replacing shortening with RS4 did not show any considerable change in the L^*, a^* and b^* values of crackers (Table 2).

Table 2. Color values of cracker samples

Crackers	L^*	a^*	b^*	ΔE
F1	79.41 ± 0.65^{a}	-0.81 ± 0.38^{b}	21.57 ± 0.81^{a}	-
F2	81.78 ± 0.76^{a}	-0.72 ± 0.42^{b}	20.09 ± 0.67^{ab}	2.80 ± 0.63^{b}
F3	81.95 ± 0.84^{a}	-0.65 ± 0.53^{b}	18.08 ± 0.94^{b}	4.32 ± 0.78^{b}
F4	56.49 ± 0.70^{b}	0.80 ± 0.47^{ab}	8.70 ± 0.71^{c}	26.33 ± 0.67^{a}
F5	55.65 ± 0.75^{b}	0.88 ± 0.41^{ab}	9.10 ± 0.68^{c}	26.89 ± 0.77^{a}
F6	55.02 ± 0.84^{b}	1.09 ± 0.34^{a}	9.50 ± 0.64^{c}	27.29 ± 0.73^{a}

Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).
As seen in Table 2, the incorporation of black cumin cake elicited high ΔE values in crackers. A similar finding was obtained by Rozylo et al. (2021), who investigated the impact of black cumin pressing waste addition on bread quality. Replacing 25 and 50% of shortening with RS4 in black cumin cake crackers (F5 and F6) showed similar ΔE values to F4 crackers (Table 2). Besides that, there is no notable difference in ΔE values of F2 and F3 crackers. This finding revealed that replacement of shortening with RS4 (up to 50%) did not significantly ($p>0.05$) change the cracker colors.
The diameter values of F2, F3, F4, F5 and F6 crackers were close to F1 crackers (Table 3). Furthermore, it was observed that the use of RS4 in crackers made with and without black cumin cake had no substantial impact on the diameter values of crackers. Regarding thickness, all cracker formulations resulted in similar values. Spread ratios of cracker samples ranged between 16.72 and 21.74. The addition of black cumin cake reduced spread ratio of crackers compared to F1 crackers.

Besides that, replacing shortening with RS4 in F2, F3 and F5 crackers decreased spread ratio compared to crackers made with 100% shortening. The decrease in crackers may be associated with the high dietary fiber content in black cumin cake and RS4 (Culetu et al., 2021). Batool et al. (2024) also reported a decrease in spread ratio values of cookies when adding black cumin meal.

Table 3. Physical and textural quality of cracker samples

Crackers	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Spread ratio	Hardness (N)
F1	51.52±0.54^{ab}	2.37±0.24^{a}	21.74±0.24^{a}	11.19±0.25^{b}
F2	50.79±0.47^{b}	2.86±0.25^{a}	17.76±0.20^{b}	15.63±0.23^{a}
F3	50.44±0.45^{b}	2.98±0.23^{a}	16.93±0.25^{bc}	10.01±0.27^{c}
F4	52.10±0.52^{ab}	2.93±0.27^{a}	17.78±0.29^{b}	9.96±0.31^{c}
F5	51.82±0.45^{ab}	3.10±0.30^{a}	16.72±0.26^{c}	16.15±0.25^{a}
F6	53.41±0.41^{a}	3.15±0.28^{a}	16.96±0.25^{bc}	9.27±0.26^{c}

Values with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).
The harder texture in cracker samples was obtained by replacing 25% of shortening with RS4 (Table 3). This result may be attributed to the fiber content of RS4 (Yaver & Bilgiçli, 2021). When the hardness of F4 crackers was lower than that of F1 crackers, F3 and F6 crackers had similar hardness (Table 3). In addition, F3 and F6 crackers had a softer texture than F1 crackers, which may be due to the high water absorption capacity of RS4-containing crackers (Bojarczuk et al., 2022).
Regarding sensory evaluation, taste and scores of F1, F2 and F3 crackers were similar to each other and higher than crackers enriched with black cumin cake (Figure 1). Appearance scores of F2, F3 and F5 crackers were close to F1 crackers. Moreover, all samples had similar crispness scores. In crackers made with and without seed cake, replacing shortening with RS4 did not change overall acceptability scores of samples. However, the incorporation of black cumin cake reduced overall acceptability scores of crackers compared to those prepared without seed cake. According to Isidorov et al. (2010), volatile compounds in black cumin oil could affect sensory properties of foods. A similar decrease in overall acceptability of the end-product was observed when black cumin waste was added by Rozylo et al. (2021).

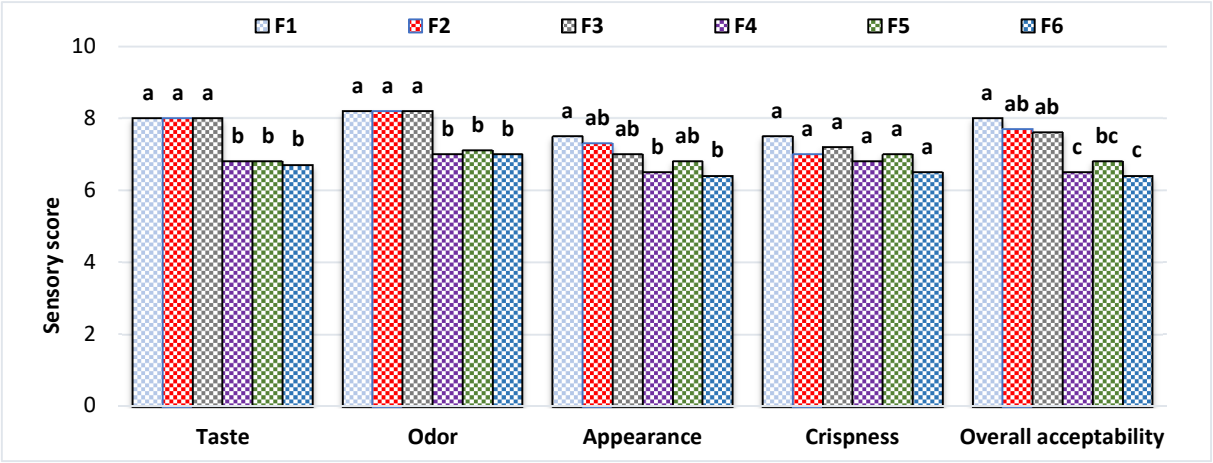


Figure 1. Sensory assessment of cracker samples

Conclusion and Recommendations

This study showed that color values of crackers considerably changed with the inclusion of black cumin seed cake. However, replacing 25 and 50% of shortening with RS4 elicited similar *L** and *a** values to crackers made with 100% shortening. The diameter and thickness values of crackers made with seed cake and 100% shortening were similar to F1 crackers. However, spread ratio decreased with the addition of black cumin cake. On the other hand, crackers made with RS4 revealed similar diameter and thickness values to crackers made with 100% shortening. Besides that, the use of RS4 showed lower spread ratio values in crackers. The hardest texture was obtained by replacing 25% of shortening with RS4. According to sensory assessment (except for crispness), crackers containing black cumin cake (F4, F5 and F6) generally had lower scores than 100% wheat flour crackers (F1, F2 and F3). Consumers gave similar scores to crackers made with and without RS4. The findings demonstrated that black cumin seed cake with and without RS4 had the potential to improve the nutritional quality of crackers with great technological and sensory acceptability.

References

AACC. (2010). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, (11th Ed.). St. Paul, MN, USA: AACC.

Aydın, B. (2021). A preliminary assessment of the effects of dietary black cumin seed cake on growth performance, serum biochemical parameters and fatty acid composition of mirror carp (*Cyprinus carpio* var. specularis) fingerlings. *Aquaculture Reports, 21*, 100847. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100847

Batool, R., Ramzan, R., Raza, A., Aziz, M., Rohi, M., Naeem, A., Nusrat, W., Razi, A., Saleem, B., Batool, W., Bilal, A., & Khadijah, B. (2024). Dietary supplementation of black cumin (*Nigella sativa*) meal in the formulation of protein-enriched cookies, further in vivo evaluation of protein quality with physicochemical and organoleptic characterization. *Food Science & Nutrition, 12* (10), 7405-7416. https://doi.org/10.1002/fsn3.4016

Bojarczuk, A., Skąpska, S., Khaneghah, A. M., & Marszalek, K. (2022). Health benefits of resistant starch: A review of the literature. *Journal of Functional Foods, 93*, 105094. https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105094

Cheng, Z., Li, N., Chen, Z., Li, K., Qiao, D., Zhao, S., & Zhang, B. (2023). Ingesting retrograded rice (*Oryza sativa*) starch relieves high-fat diet induced hyperlipidemia in mice by altering intestinal bacteria. *Food Chemistry, 426*, 136540. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136540

Culetu, A., Stoica-Guzun, A., & Duta, D. E. (2021). Impact of fat types on the rheological and textural properties of gluten-free oat dough and cookie. *International Journal of Food Science & Technology, 56* (1), 126-137. https://publons.com/publon/10.1111/ijfs.14611

Gilani, A. U. H., Jabeen, Q., & Khan, M. A. U. (2004). A review of medicinal uses and pharmacological activities of *Nigella sativa*. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 7* (4), 441-51. https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.441.451

Hu, H., Jiang, H., Sang, S., McClements, D. J., Jiang, L., Wen, J., Jin, Z., & Qiu, C. (2024). Research advances in origin, applications, and interactions of resistant starch: Utilization for creation of healthier functional food products. *Trends in Food Science & Technology, 148*, 104519. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104519

Isidorov, V. A., Smolewska, M., Purzyńska-Pugacewicz, A., & Tyszkiewicz, Z. (2010). Chemical composition of volatile and extractive compounds of pine and spruce leaf litter in the initial stages of decomposition. *Biogeosciences, 7* (9), 2785-2794. https://doi.org/10.5194/bg-7-2785-2010

Mousa, M. M., El-Magd, M. A., Ghamry, H. I., Alshahrani, M. Y., El-Wakeil, N. H., Hammad, E. M., & Asker, G. A. (2021). Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. *Scientific Reports, 11* (1), 22747. https://doi.org/10.1038/s41598-021-02202-5

Nakov, G., Brandolini, A., Estivi, L., Bertuglia, K., Ivanova, N., Jukic, M., Komlenic, K. K., Lukinac, J., & Hidalgo, A. (2022). Effect of tomato pomace addition on chemical, technological, nutritional, and sensorial properties of cream crackers. *Antioxidants, 11* (11), 2087. https://doi.org/10.3390/antiox11112087

Rozylo, R., Piekut, J., Wojcik, M., Kozlowicz, K., Smolewska, M., Krajewska, M., Szmigielski, M., & Bourekoua, H. (2021). Black cumin pressing waste material as a functional additive for starch bread. *Materials, 14* (16), 4560. https://doi.org/10.3390/ma14164560

Salari, S., Castigliego, T., Ferreira, J., Lima, A., & Sousa, I. (2024). Development of healthy and clean-label crackers incorporating apple and carrot pomace flours. *Sustainability, 16* (14), 5995. https://doi.org/10.3390/su16145995

Singh, P., Singh, R., Jha, A., Rasane, P., & Gautam, A. K. (2015). Optimization of a process for high fibre and high protein biscuit. *Journal of Food Science and Technology, 52* (3), 1394-1403. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1139-z

Sultan, M. T., Butt, M. S., Anjum, F. M., Jamil, A., Akhtar, S., & Nasir, M. (2009). Nutritional profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil. *Pakistan Journal of Botany, 41* (3), 1321-1330.

Yaver, E., & Bilgiçli, N. (2021). Effect of ultrasonicated lupin flour and resistant starch (type 4) on the physical and chemical properties of pasta. *Food Chemistry, 357*, 129758. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129758

Zaky, A. A., Shim, J. H., & Abd El-Aty, A. M. (2021). A review on extraction, characterization, and applications of bioactive peptides from pressed black cumin seed cake. *Frontiers in Nutrition, 8,* 743909. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.743909

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF TURKISH NOODLES INCORPORATING VARIOUS FORMS OF *ABELMOSCHUS ESCULENTUS* SEED FLOUR

Asst. Prof. Dr. Mine ASLAN
Selçuk University, Faculty of Engineering and Architecture, Food Engineering
ORCID: 0000-0002-7589-3523

Fatma Burcu KARAKOÇ
Osmaniye Korkut Ata University, Bahçe Vocational School, Food Processing
ORCID: 0000-0002-6575-0369

Esma Nur BULUT YALÇIN
Bingöl University, Food, Agriculture and Livestock Vocational School, Food Technology
ORCID: 0000-0002-1740-7152

Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ
Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Food Engineering, Konya, Türkiye
ORCID: 0000-0002-0671-2485

ABSTRACT
The heightened recognition of the advantages associated with a nutritious diet has led to an expansion in the functional food industry. This study investigated the incorporation of *Abelmoschus esculentus* seed flour (raw, boiled and roasted), as functional ingredient in the formulation of Turkish noodles at 15% inclusion rate. The analyses were made on various formulations incorporating *Abelmoschus esculentus* seed flour as a substitute for wheat flour, obtained through different applications and were conducted with respect to certain physical properties. The results revealed significant changes in L^* and b^* influenced by different *Abelmoschus esculentus* seed flour. The highest L^* and b^* values were obtained in the control group, while the lowest values were obtained with the addition of 15% roasted flour. In contrast, Turkish noodles exhibited similar properties to raw and boiled samples in terms of a^* value; however, the addition of roasted flour caused a significant increase in a^* value. The volume increase, weight increase and cooking loss values of the Turkish noodle samples changed between 105.56 -147.50 %, 103.58 - 137.50% and 4.18 - 5.89%, respectively. The highest firmness values of the Turkish noodles were found in the samples using 15% boiled *Abelmoschus esculentus* seed flour. The incorporation of processed *Abelmoschus esculentus* seed flour into Turkish noodles formulations is suggested to be a viable and nutritionally beneficial additive, contributing positively to product quality without compromising technological properties.
Keywords: Turkish noodle, *Abelmoschus esculentus*, okra seed, physical properties

ÇEŞİTLİ *ABELMOSCHUS ESCULENTUS* TOHUMU UNU FORMLARINI İÇEREN TÜRK ERİŞTELERİNİN FİZİKSEL KARAKTERİZASYONU

ÖZET
Besleyici diyetlerin sağladığı faydaların daha çok fark edilmesi, fonksiyonel gıda sektörünün büyümesine neden olmuştur. Bu çalışmada, bamya tohumu unu (*Abelmoschus esculentus)* farklı işlemlerden geçirilerek (çiğ, haşlanmış ve kavrulmuş) erişte formülasyonunda %15 oranında fonksiyonel bileşen olarak eklenmiş ve belirli fiziksel özellikler araştırılmıştır.

Sonuçlar, farklı *Abelmoschus esculentus* tohum unlarının *L** ve *b** değerlerinde önemli değişikliklere neden olduğunu ortaya koymuştur. En yüksek *L** ve *b** değerleri kontrol grubunda elde edilirken, en düşük değerler %15 kavrulmuş un ilavesiyle elde edilmiştir. Buna karşılık, erişteler *a** değeri bakımından çiğ ve haşlanmış örneklerle benzer özellikler göstermiş; ancak kavrulmuş un ilavesi *a** değerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Erişte örneklerinin hacim artışı, ağırlık artışı ve pişirme kaybı değerleri sırasıyla %105.56 - 147.50, %103.58 - 137.50 ve %4.18 - 5.89 arasında değişmiştir. Türk eriştelerinin en yüksek sertlik değerleri, %15 oranında haşlanmış *Abelmoschus esculentus* tohum unu kullanılan örneklerde bulunmuştur. İşlenmiş *Abelmoschus esculentus* tohum ununun erişte formülasyonlarına dahil edilmesinin, teknolojik özelliklerden ödün vermeden ürün kalitesine olumlu katkıda bulunan, uygulanabilir ve besinsel açıdan faydalı bir katkı maddesi olarak önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Erişte, *Abelmoschus esculentus,* bamya tohumu, fiziksel özellikler

INTRODUCTION

The global surge in the adoption of plant-based diets and the concomitant pursuit of effective dietary strategies for managing chronic systemic disorders, such as celiac disease and cardiometabolic conditions, such as type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) and hypertension, have propelled functional food research toward nutritionally dense sources (Ijarotimi et al., 2023; Yang et al., 2023; Sahan and Ozgoren Capraz, 2024). One of the major challenges in modern food product development lies in overcoming the nutritional shortcomings frequently found in restrictive or highly processed cereal-based products, which typically exhibit low levels of protein, dietary fiber, and essential minerals (Sahan and Ozgoren Capraz, 2024). Moreover, popular carbohydrate staples, such as polished rice noodles, typically exhibit a high Glycemic Index (GI) while lacking crucial nutrients such as lysine and threonine. To bridge this critical nutritional gap, research efforts have increasingly focused on potent seed-based materials.

Abelmoschus esculentus seed flour has emerged as an exceptionally promising ingredient for functional food enrichment, primarily because of its recognized status as the nutritionally richest component of the *Abelmoschus esculentus* plant (Yang et al., 2023; Sahan and Ozgoren Capraz, 2024). *Abelmoschus esculentus* seed flour is characterized by its high protein up to 30.31% in raw *Abelmoschus esculentus* seed flour, approximately 4.2 times higher than rice flour) and fat (up to 28.81%, approximately 80 times higher than rice flour) content, boasting a highly desirable and well-balanced amino acid profile. Critically, *Abelmoschus esculentus* seed flour is a rich source of the essential amino acid lysine, which is frequently deficient in traditional cereal products. Furthermore, the significant fat content (ranging from 20% to 40%) is predominantly composed of unsaturated fatty acids, notably linoleic acid, which is vital for human nutrition (Sahan and Ozgoren Capraz, 2024).

Beyond macronutrients, *Abelmoschus esculentus* seed flour offers substantial micronutrient and bioactive benefits. Proximate analysis highlights its mineral richness, as its ash content can be approximately 12.9 times higher than that of rice flour, signifying an elevated inorganic matter content. The inclusion of *Abelmoschus esculentus* seed flour significantly enhances the mineral profiles of finished products, increasing the levels of essential elements such as magnesium (Mg), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), manganese (Mn), iron (Fe), and zinc (Zn) (Sahan and Ozgoren Capraz, 2024). *Abelmoschus esculentus* seed flour is particularly noted for its high iron content (Omoniyi et al., 2021). Additionally, *Abelmoschus esculentus* seed flour is an excellent source of dietary fiber, containing up to 13.6 times more insoluble dietary fiber than rice flour, contributing significantly to its hydration properties, such as high water-holding capacity and swelling volume (Sahan and Ozgoren Capraz, 2024).

Noodles are defined as pasta-like products obtained by combining and kneading flour, water, salt, eggs, and optional ingredients. Noodles are easy to produce and widely consumed food items. Noodle varieties can be enriched with many functional food components (Demir et al., 2021). *Abelmoschus esculentus* seeds are also functional components. This study aimed to improve and increase the nutritional and physical values of noodles with different heat-treated *Abelmoschus esculentus* seed flour, which are widely consumed in our country.

MATERIAL AND METHOD

Material

Abelmoschus esculentus seeds were purchased from a local vendor in Konya, and wheat flour, eggs, and salt were purchased from a local market.

Method

Abelmoschus esculentus seeds flour preparation

Raw *Abelmoschus esculentus* seed flour: Cleaned seeds were dried in a hot-air oven at 60°C. The flour was ground using a laboratory-scale grinder (Alveo, AHE.OG.01, Konya, Türkiye) and sifted to obtain a flour fraction smaller than 500 µm.

Boiled *Abelmoschus esculentus* seed flour: Seeds were blanched at 100°C for 30 minutes. After this process, the seeds were dried in a hot-air oven at 60°C. The flour was ground using a laboratory-scale grinder (Alveo, AHE.OG.01, Konya, Türkiye) and sifted to obtain a flour fraction smaller than 500 µm.

Roasted *Abelmoschus esculentus* seed flour: The seeds were roasted in an oven (Vestel SF 8401, Turkey) at 170 °C for 30 min. The flour, ground with a laboratory-scale grinder (Alveo, AHE.OG.01, Konya, Türkiye), was sieved to obtain a flour fraction smaller than 500 µm.

Turkish noodle production

Turkish noodle production was carried out using a method described by Demir et al. (2021) with some modifications. The control group noodle formulation was prepared using 100 g of wheat flour, 40 g egg, 1.5 g salt and water. In the experimental groups, wheat flour was replaced with *Abelmoschus esculentus* seed powder at a 15% (w/w) rate. The *Abelmoschus esculentus* seed powder used in the replacement process was in three different pre-treatment forms: raw, boiled, and roasted. All formulation components were kneaded for 8 min using a kneading machine (Kenwood Kmix, UK). The dough obtained at the end of the kneading process was divided into three equal masses and rested for 20 min, covered with a damp cloth to prevent surface drying. The rested dough masses were subjected to a pre-rolling process and then passed through the rolling cylinders of the pasta machine (Shule Pasta Machine, China) once at settings 6 and 7. To prevent sticking during cutting, the rolled dough sheets were dried at room temperature for 5 min. Subsequently, these sheets were cut into long strips 5 mm wide and 2 mm thick, using a noodle cutting device. In the final stage, the strips were cut into 4 cm lengths to give the noodle samples their final shape.

Colour analysis

The colour measurement process involved the assessment of the L^* value (ranging from black [0] to white [100]), the a^* value (ranging from red (+) to green (−)), and the b^* value (ranging from yellow (+) to blue (−)), utilising the Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) (Francis, 1998). A total of three measurements were obtained for each sample. The hue angle was determined by the arctangent of the ratio of the b^* values to the a^* values, and the saturation index value was determined by the equation $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$.

Determination of cooking loss

Cooking loss was calculated by measuring the amount of dissolved matter transferred from the noodle to the water during the cooking process. To this end, a specific quantity of pasta was cooked in a water bath at a controlled temperature for a set time. After cooking, the noodle was drained, and the water was dried in an oven at a constant temperature. Cooking loss was then calculated as a percentage based on the residue obtained after drying (Kahveci and Özkaya, 1989).

Weight and volume increase

The weight of noodle samples was measured after cooking in boiling pure water for the optimum cooking time. The duration of the cooking process was determined by subjecting samples to compressive forces at regular intervals between two glass plates and subsequently observing the disappearance of the white spot in the centre, as described by Singh et al. (1989). After the conclusion of the cooking process, the drained samples were weighed, and the weight increase was obtained by calculating the percentage difference between the cooked and raw samples.

The determination of the volume increase was achieved through the placement of noodle samples within a measuring cylinder containing a specific quantity of pure water, with the volume of water displaced being measured subsequently. After the cooking process, the samples were drained, allowed to stand for a brief period, and their volumes were once more determined by the same method. The increase in volume was expressed as the percentage difference between the volumes of the raw and cooked samples (Oh et al., 1985; Özkaya and Kahveci, 1990).

Texture analysis

The firmness values of noodle samples were measured by means of the TAXT Plus Texture Analyser (Stable Microsystems, Surrey, UK) and A/LKB-F was used as a probe (AACC, 1990). Initially, 10 g samples were subjected to a cooking process in 200 mL distilled water, with the duration of this process being of paramount importance. Following this, the samples were then subjected to a process of drainage. Subsequently, three strips of noodle sample were placed on the stand for analysis.

Statistical analysis

For the statistical analysis, the JMP statistical program, version 5.01 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) was used. The average values of the main variation sources were compared at $p < 0.05$ significance levels.

RESULTS AND DISCUSSION

Color properties of Turkish noodles

Figure 1 details the L^*, a^*, and b^* values for various processing stages of Turkish noodles, revealing a progressive decrease in L^* values from control noodles (72.45) to roasted seed noodles (40.52), indicating a significant darkening of the product with increased thermal processing. Specifically, the L^* values transitioned from 72.45 for the control noodles to 60.09 for raw seed noodles, 55.18 for boiled seed noodles, and eventually to 40.52 for roasted seed noodles, highlighting the impact of heat on lightness (Figure 1).

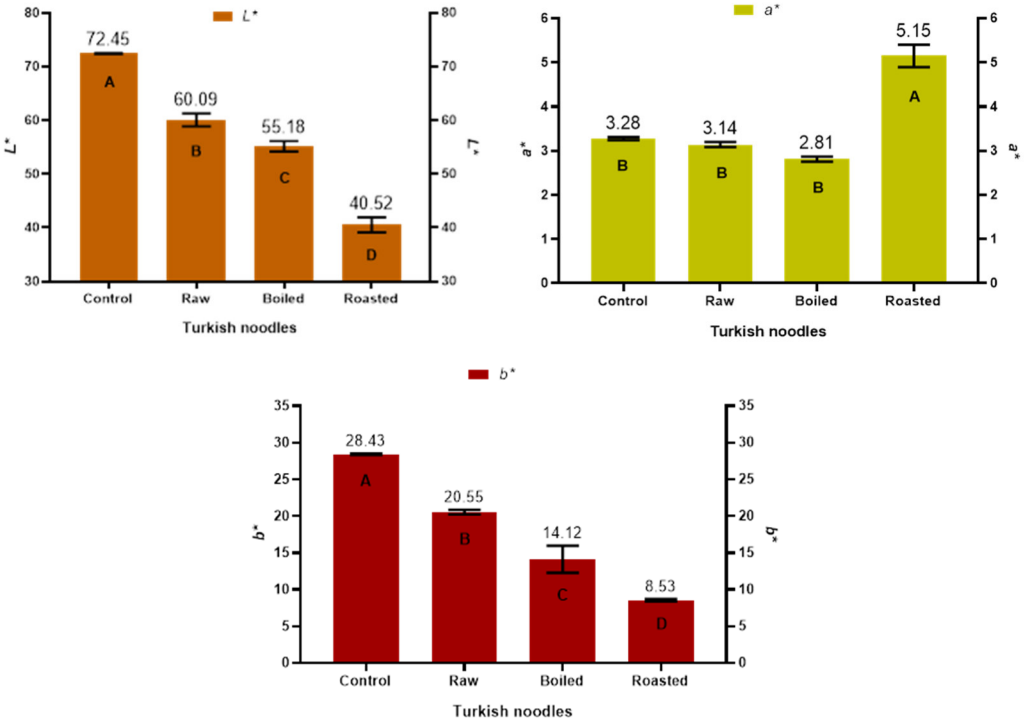


Figure 1. *L**, *a** and *b** values of Turkish noodles

These findings suggest a significant darkening of the product color as processing advances, particularly during roasting. This phenomenon is generally attributed to color changes induced by heat treatments, such as the Maillard reaction and caramelization (Şen and Göçmen, 2022). The *L** values decreased, and the noodles turned to be little lighter owing to the natural pigment of *Abelmoschus esculentus* seed flour.

The *a** value was recorded as 3.26 in the control noodles, 3.14 in the raw seed noodles, 2.81 in the boiled seed noodles, and 5.15 in the roasted seed noodles. The notable increase in *a** following roasting suggests an enhancement in redness. This augmentation can be attributed to the intensified color of melanoidin compounds formed through the Maillard reaction (El Hosry et al., 2025). Conversely, the reduction in *a** observed in the boiled seed noodles may be attributed to the increased dissolution of pigments in water, thereby diminishing color intensity. This phenomenon is consistent with observations in other food matrices where heat treatments, such as boiling, can significantly alter color characteristics by impacting pigment stability and solubility (Ji et al., 2025).

In the control noodles, the *b** value was recorded at 28.43, which decreased to 20.55 in the raw seed noodles, 14.12 in the boiled seed noodles, and 8.53 in the roasted seed noodles. These findings indicate a significant reduction in yellow tones as processing conditions advanced, with a corresponding shift towards darker brown hues. This color transformation is attributed to pigment oxidation, particularly during the roasting phase, due to elevated temperatures, the degradation of carotenoids, and the formation of melanoidin compounds as a result of the Maillard reaction, which collectively contribute to the observed color change (Ozgur et al., 2011).

Color is a critical parameter influencing the sensory quality and consumer acceptance of food products. The conditions of heat treatment, particularly the extent of roasting, are pivotal in color development as they induce alterations in pigment structures and facilitate Maillard reactions.

The saturation index and hue angle values of Turkish noodles containing *Abelmoschus esculentus* seed flour prepared by different treatments are presented in Figure 2. Both *Abelmoschus esculentus* seed flour and different treatment had lower saturation index control Turkish noodles. The control Turkish noodles exhibited the highest saturation index value among the samples ($p < 0.05$). In contrast, the incorporation of *Abelmoschus esculentus* seed flour significantly decreased the saturation index value. Similarly, the hue angle values varied in the range of 58.88-83.43 and was highest in control noodles. This was followed by raw seed noodles (81.31), boiled seed noodles (78.68) and roasted seed noodles (58.88), respectively.

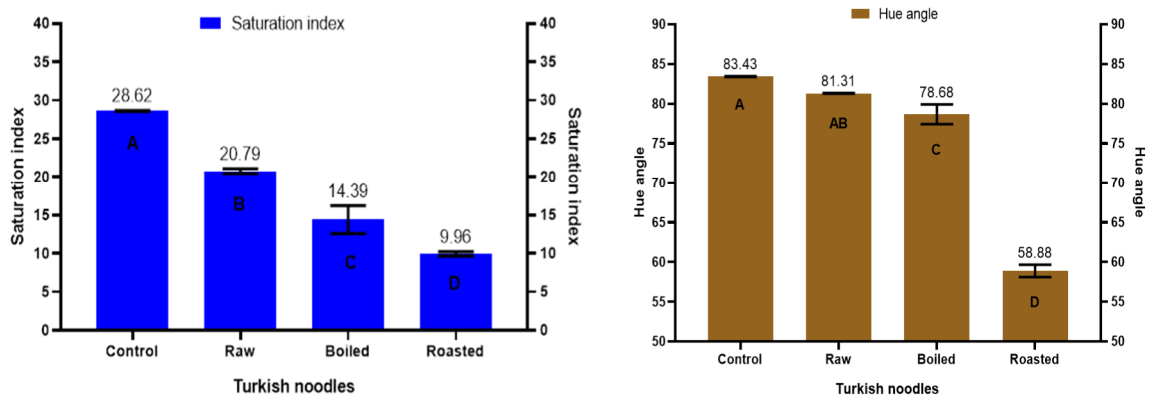


Figure 2. Saturation index and hue angle values of Turkish noodles

Weight increase and volume increase of Turkish noodles

The present study reveals that the volume increase was quantified at 133.11% for control noodles and 147.50% for raw seed noodles, while boiled seed noodles exhibited a volume increase of 105.56% and roasted seed noodles 110.00%. Conversely, the weight increase was documented as 103.58% for the control noodles, 137.50% for raw seed noodles, 109.57% for boiled seed noodles, and 106.00% for roasted seed noodles, thereby underscoring the impact of heat treatments on water absorption capacity. The observed increases in volume and weight are directly correlated with the water absorption index and water solubility index, which are essential parameters for evaluating the functional variations of starch-based products. The utilization of raw seed flour was observed to have a beneficial impact on both volume and weight increase values; however, this effect did not reach statistical significance ($p>0.05$). The volume increase and weight increase of the samples incorporating *Abelmoschus esculentus* seed flour was observed to be comparable to that of the control ve noodles. As Köten and Unsal (2021), the incorporation of roasted terebinth at varying temperatures had a significant impact on the weight and volume increase, as well as the cooking loss, of the noodles. Specifically, higher roasting temperatures were associated with decreased weight and volume increase.

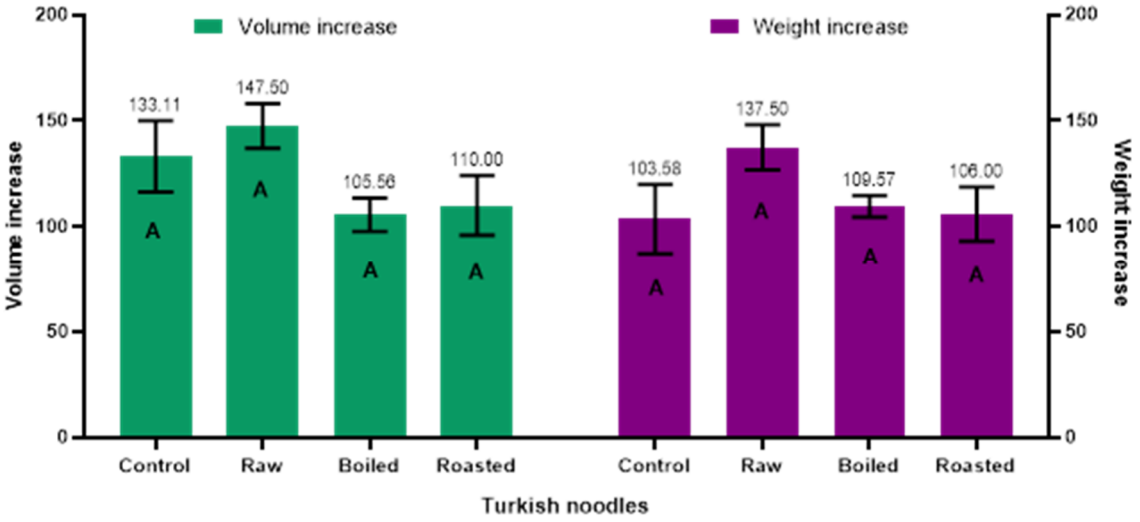


Figure 3. Volume increase and weight increase values of Turkish noodles

Cooking loss of Turkish noodles

Cooking loss is a critical quality parameter in the assessment of noodle products. The capacity of high-quality pasta to preserve its structural integrity and texture, while avoiding deformation post-cooking, is contingent upon minimal cooking loss (Köksel et al., 2000).

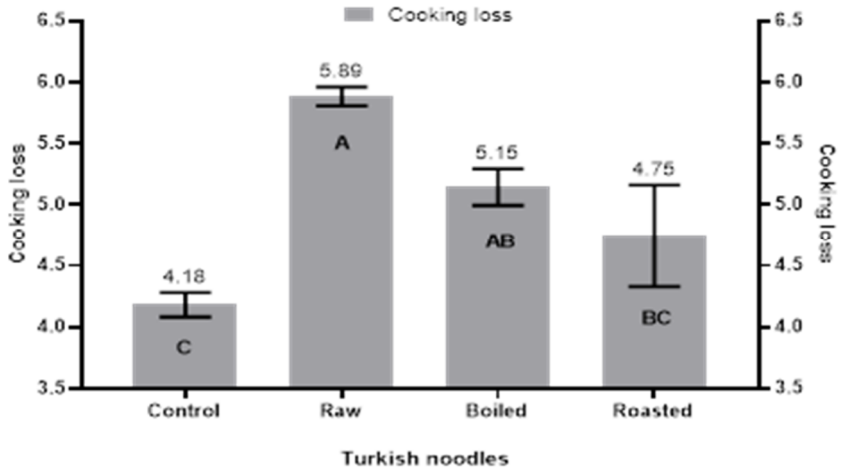


Figure 4. Cooking loss values of Turkish noodles

Cooking loss values of seed flour added noodles were found to be higher than control noodles. Control noodle samples had a cooking loss of 4.18%, followed by roasted noodles of 4.75%. boiled noodles of 5.15% and raw noodles of 5.89%. The incorporation of raw seed flours into the noodle formulation resulted in the highest cooking loss, likely attributable to the structural alterations of protein and starch that may occur during heat treatment. Cooking loss values are posited to be associated with the weakening or disruption of the protein-starch interaction within the product's internal structure. A similar pattern was observed in noodles containing seed flour, which is attributed to the reduction in gluten content due to the incorporation of seed flour, thereby resulting in increased cooking loss.

A similar trend was identified in pasta enriched with moldavian dragonhead seeds (Zarzycki et al., 2021). The substitution of gluten with moldavian dragonhead seeds protein resulted in increased cooking loss, attributable to the influence of this high-fiber component.

Firmness of Turkish noodles

The firmness of the control noodles was recorded at 554.92 g, whereas the raw seed noodles demonstrated a firmness of 663.14 g, the boiled seed flour noodles reached 1145.79 g, and the roasted seed flour noodles achieved 876.87 g. These findings indicate a substantial increase in the textural integrity of noodles supplemented with *Abelmoschus esculentus* seed flour, suggesting a potential role for *Abelmoschus esculentus* seed mucilage in augmenting noodle structure. This increased firmness is hypothesized to result from interactions between the hydrocolloids present in *Abelmoschus esculentus* seed flour and the starch-protein network of the noodles, thereby reinforcing their structural matrix. It is posited that the thermal processing of *Abelmoschus esculentus* seed flour, may alter the solubility and functional properties of its polysaccharides, leading to a more pronounced strengthening effect within the noodle matrix. Further investigation into the rheological properties of these enhanced noodles could elucidate the specific mechanisms by which *Abelmoschus esculentus* seed flour to such significant improvements in firmness. Raina et al. (2023) associated the increase in firmness with protein unfolding during cooking; similarly, in this study, interactions between pumpkin proteins and gluten within the pasta matrix contributed to the development of a firmer texture. Consistent with our study, increasing firmness values were observed in response to decreasing gluten amount.

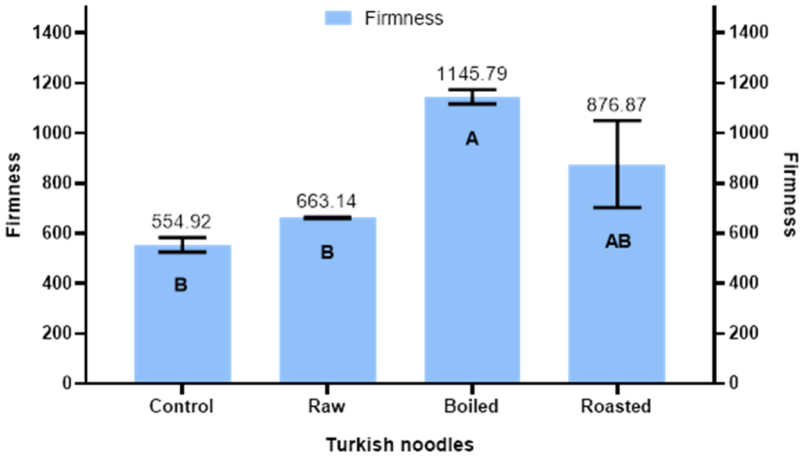


Figure 5. Firmness values of Turkish noodles

CONCLUSION

The mounting interest in functional foods is prompting the formulation of novel products that are both nutritionally substantial and technologically viable. In this context, the use of *Abelmoschus esculentus* seed flour, prepared under different processing conditions in noodle production, has yielded noteworthy results in terms of both product quality and sensory characteristics.

The results of the research indicate that the addition of *Abelmoschus esculentus* seed flour to noodle formulations has a significant effect on colour parameters. It was evident that the roasting process resulted in an increase in the intensity of redness and a concomitant decrease in yellow tones in the product colour, thereby leading to a general darkening of the colour.

The lower saturation index and hue angle values observed in the *Abelmoschus esculentus* seed flour samples in comparison to the control samples indicated that *Abelmoschus esculentus* seed flour possessed a colour-reducing effect. However, it was observed that the colour characteristics of samples prepared with boiled and raw seed flour were lighter than those containing roasted flour. The findings of the study demonstrated that the incorporation of seed flour into the noodle-making process resulted in significant alterations to their physical characteristics. Samples containing *Abelmoschus esculentus* seed flour demonstrated an increase in volume and weight that was comparable to that observed in the control noodles. However, the increase in cooking loss values, particularly with the addition of raw seed flour, suggests that seed flour has a certain effect on water retention capacity and structural integrity. Regarding firmness values, it was determined that noodles containing boiled seed flour exhibited higher structural strength.

In general, the incorporation of *Abelmoschus esculentus* seed flour into noodle formulations under suitable processing conditions can be regarded as a viable functional component without compromising the product's fundamental technological properties. Consequently, the utilisation of *Abelmoschus esculentus* seed flour in the context of functional food development studies, particularly when subjected to pre-treatments such as roasting and boiling, holds the potential to exert a favourable influence on both the quality of the product and its acceptance among consumers.

REFERENCES

AACC. (1990). Approved methods of the AACC, 8th ed., American Association of Cereal Chemists, St .Paul, MN.

Demir, M. K., Bilgiçli, N., Türker, S., & Demir, B. (2021). Enriched Turkish noodles (Erişte) with stabilized wheat germ: Chemical, nutritional and cooking properties, LWT-Food Science and Technology, 149, 111819.

El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., & Bou-Maroun, E. (2025). Maillard Reaction: Mechanism, Influencing Parameters, Advantages, Disadvantages, and Food Industrial Applications: A Review, Foods, 14(11), 1881.

Francis, F. J., 1998, Colour analysis, in: S. S. Nielsen (Ed.), Food Analysis, An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, pp. 599-612.

Ijarotimi, O. S., Akinola-Ige, A. O., & Oluwajuyitan, T. D. (2023). Okra seeds proteins: Amino acid profile, free radical scavenging activities and inhibition of diabetes and hypertensive converting enzymes indices. Measurement: Food, 11, 100101.

Ji, X., Zhang, S., Du, X., Zhang, Y., Yao, Y., & Zhu, Y. (2025). Effect of different heat treatments on physicochemical properties and antioxidant characteristics of black beans. Czech Journal of Food Sciences, 43(4), 300-310.

Kahveci, B., & Özkaya, H. (1989). Farklı oranlarda ekmeklik buğday katılmış bazı durum çeşitlerinin makarnalık kalitesi üzerine araştırmalar. Doğa, 13(3), 1033-1047.

Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A., & Karacan, H. D. (2000). Cereals laboratory handbook (Hacettepe University Faculty of Engineering Publication, No. 47). Ankara, Turkey: Hacettepe University Faculty of Engineering.

Köten, M., & Ünsal, A. S. (2021). Nutritional, chemical and cooking properties of noodles enriched with terebinth (*Pistacia Terebinthus*) fruits roasted at different temperatures. Food Science and Technology, 42, e47120.

Oh, N. H., Seib, P. A., Chung, D. S., and Deyoe, C. W., 1985, Noodle III. Effects of processing variables on the quality of dry noodle, Cereal Chemistry, 62, 437-440.

Omoniyi, S. A., Idowu, M. A., Francis, P. N., & Adeola, A. A. (2021). Nutrient Composition and functional properties of okra seed flour and some quality attributes of its soups. Journal of Culinary Science & Technology, 19(4), 285-293.

Ozgur, M., Ozcan, T. Ü. L. A. Y., Akpinar-Bayizit, A. R. Z. U., & Yilmaz-Ersan, L. (2011). Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers. African Journal of Agricultural Research, 6(25), 5638-5644.

Özkaya, H., ve Kahveci, B. (1990). Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 14, 152.

Raina, S., Gupta, A., Singh, A., Surasani, V. K. R., & Sharma, S. (2023). Functionality of pasta enriched with pumpkin seed meal: cooking quality, techno-functional properties, textural and structural characterisation. International Journal of Food Science and Technology, 58 (5), 2735-2743.

Sahan, A., & Ozgoren Capraz, E. (2024). The effect of okra seed (Abelmoschus esculentus) powder supplementation on nutritional, textural, microstructural, and sensory properties of gluten-free muffins. Journal of Food Quality, 2024(1), 9423583.

Singh, N., Chauhan, G. S., and Bains, G. S. (1989). Effect of soyflour supplementation on the quality of cooked noodles, International Journal of Food Science & Technology, 24 (1), 111-114.

Şen, D., & Gökmen, V. (2022). Kinetic modeling of Maillard and caramelization reactions in sucrose-rich and low moisture foods applied for roasted nuts and seeds. Food Chemistry, 395, 133583.

Yang, D., Lew, H. L., Mak, Y. Y., Ou, S. J. L., Lim, J. A., Lu, Y., ... & Liu, M. H. (2023). Incorporation of okra (Abelmoschus esculentus (L.) Moench) seed powder into fresh rice noodles with tapioca starch improves postprandial glycemia, insulinemia and satiety in healthy human volunteers. Journal of Functional Foods, 100, 105382.

Zarzycki, P., Teterycz, D., Wirkijowska, A., Kozłowicz, K., & Stasiak, D. M. (2021). Use of moldavian dragonhead seeds residue for pasta production. LWT- Food Science and Technology, 143, 111099.

YANIK (İSLİ) YOĞURTLARDA ÜRETİM, MİKROBİYAL ÇEŞİTLİLİK VE GIDA GÜVENLİĞİ ÜZERİNE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Çiğdem KONAK GÖKTEPE
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydooğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü
ORICD: 0000-0003-4615-1050

ÖZET
Yanık (isli) yoğurt, Türkiye'nin özellikle Ege ve İç Anadolu bölgelerinde, çoğunlukla küçük ölçekli işletmeler ve yerel üreticiler tarafından geleneksel yöntemlerle üretilen özgün bir süt ürünüdür. Ürün, yoğun kıvamı, sarımsı rengi ve karakteristik yanık-tütsülü aromasıyla diğer yoğurt çeşitlerinden belirgin biçimde ayrılmaktadır. Bu çalışma, yanık yoğurdun üretim teknolojisi, mikrobiyal çeşitliliği, besinsel ve fonksiyonel özellikleri ile gıda güvenliği boyutlarını mevcut literatürdeki bilgiler doğrultusunda bütüncül biçimde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Geleneksel üretim sırasında, sütün odun ateşi üzerinde kızdırılmış bakır veya çelik kazanlarda yüksek sıcaklığa maruz bırakılması karakteristik aromanın gelişimini sağlarken, aynı zamanda polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) gibi potansiyel toksik bileşiklerin oluşumuna da neden olabilmektedir. Bu bileşikler, insan sağlığı açısından önemli riskler oluşturduğundan, üretim sürecinin güvenliği ve standardizasyonu kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, yanık yoğurdun mikrobiyal ekolojisi, biyoaktif bileşenleri, antioksidan kapasitesi ve besinsel içeriği üzerine yürütülen bilimsel araştırmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Bu nedenle, yeni nesil dizileme (NGS), metagenomik ve metabolomik analizler gibi ileri düzey tekniklerin uygulanması, ürünün mikrobiyal çeşitliliği ile kimyasal bileşiminin daha kapsamlı şekilde aydınlatılmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca, yanık yoğurdun duyusal profili, tekstürel özellikleri, fermantasyon dinamikleri ve tüketici kabulü üzerine yapılacak sistematik çalışmalar, ürünün kalite parametrelerinin tanımlanmasına katkı sunacaktır. Bunun yanı sıra, elde edilecek veriler PAH oluşumunun azaltılmasına yönelik üretim stratejilerinin geliştirilmesini, proses parametrelerinin standardizasyonunu ve coğrafi işaretleme potansiyelinin güçlendirilmesini destekleyecektir. Bu doğrultuda, endüstriyel ölçekte üretim için hijyen, kalite ve izlenebilirlik kriterlerini belirleyen kılavuzların oluşturulması, ürün güvenliğini artırarak yerel ekonomiye sürdürülebilir katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak, yanık yoğurt, yalnızca kültürel miras değeriyle değil, özgün mikrobiyal yapısı, duyusal karakteri ve fonksiyonel potansiyeliyle korunması, standardize edilmesi ve bilimsel temelde belgelenmesi gereken stratejik bir geleneksel süt ürünüdür.
Anahtar Kelimeler: yanık yoğurt, isli yoğurt, gıda güvenliği, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), geleneksel yoğurt

CURRENT APPROACHES TO PRODUCTION, MICROBIAL DIVERSITY, AND FOOD SAFETY IN BURNT (SMOKED) YOGURT

ABSTRACT
Burnt (smoked) yogurt is a distinctive dairy product traditionally produced in Turkey's Aegean and Central Anatolia regions, mainly by small-scale enterprises and local producers. The product is clearly distinguished from other types of yogurt by its dense texture, yellowish color, and characteristic burnt-smoky aroma. This study aims to comprehensively evaluate the existing literature on the production technology, microbial diversity, nutritional and functional properties, and food safety aspects of burnt yogurt.

During traditional production, milk is exposed to high temperatures in copper or steel cauldrons heated over a wood fire, a process that contributes to the development of the characteristic aroma but may also lead to the formation of potentially toxic compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Since these compounds pose significant health risks, ensuring production safety and process standardization is considered a critical requirement. However, scientific research on the microbial ecology, bioactive compounds, antioxidant capacity, and nutritional composition of burnt yogurt remains quite limited. Therefore, the application of advanced analytical techniques such as next-generation sequencing (NGS), metagenomic, and metabolomic analyses will allow a more comprehensive elucidation of the product's microbial diversity and chemical composition. Furthermore, systematic studies focusing on the sensory profile, textural characteristics, fermentation dynamics, and consumer acceptance of burnt yogurt are necessary to define its quality parameters. In addition, the data obtained will support the development of production strategies aimed at reducing PAH formation, standardizing process parameters, and strengthening its potential for geographical indication. Accordingly, establishing guidelines that define hygiene, quality, and traceability criteria for industrial-scale production will enhance product safety and contribute sustainably to the local economy. In conclusion, burnt yogurt is a strategic traditional dairy product that should be preserved, standardized, and scientifically documented for its cultural heritage value, unique microbial structure, sensory attributes, and functional potential.

Keywords: burnt yogurt, smoked yogurt, food safety, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), artisanal yogurt

GİRİŞ

Yoğurt, *Streptococcus* (*S.*) *thermophilus* ve *Lactobacillus* (*L.*) *delbrueckii* subsp. *bulgaricus* olmak üzere yoğurt bakterilerinin fermentasyonu sonucu oluşan bir süt ürünüdür (Gharibzahedi & Chronakis, 2018). Yoğurdun besin içeriği, süte kıyasla daha fazladır ve protein, vitaminler (B2, B12), kalsiyum, magnezyum, potasyum ve çinko açısından oldukça zengindir (Gómez-Gallego ve ark., 2018). Ayrıca, yoğurt canlı ve aktif kültürler ile benzersiz biyoaktif bileşikler içermesi nedeniyle yalnızca beslenmeye katkı sağlamakla kalmayıp, ek sağlık yararları da sunmaktadır (Kok & Hutkins, 2018). Artan bilimsel kanıtlar, yoğurt ve diğer fermente süt ürünlerinin tüketiminin kardiyometabolik sağlığı destekleyebileceğini göstermektedir (Savaiano & Hutkins, 2021). Yapılan meta-analizler, düzenli yoğurt tüketiminin tip 2 diyabet (Gijsbers ve ark., 2016), kardiyovasküler hastalıklar (Wu & Sun, 2017) ve metabolik sendrom (Babio ve ark., 2015) riskinin azalmasıyla birlikte kardiyovasküler ve tüm nedenlere bağlı mortalite oranlarında düşüşle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Farvid ve ark., 2017). Uzun vadeli kohort çalışmaları, yüksek yoğurt tüketiminin hipertansiyon riskini %16 oranında azalttığını (Buendia ve ark., 2018) ve Framingham Kalp Çalışması kohortunda her ek porsiyon yoğurdun hipertansiyon riskini %6 düşürdüğünü göstermiştir (Wang ve ark., 2015). Ayrıca, yoğurt tüketimi, daha düşük vücut kitle indeksi, vücut ağırlığı, bel çevresi ve vücut yağı ile ilişkilendirilmiştir (Eales ve ark., 2016). Sağlığa kattığı bu faydaların, fermantasyon sürecinde oluşan biyoaktif bileşikler, fermente süt ürünlerinde bulunan canlı mikroorganizmalar ve tam yağlı yoğurtların içerdiği konjuge linoleik asit ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Fernandez ve ark., 2017; Savaiano & Hutkins, 2021).

Yoğurt, dünya genelinde en çok tüketilen fermente süt ürünlerinden biri olmakla birlikte, üretim yöntemleri ve bölgesel çeşitlilik açısından farklılaşmaktadır.

Yoğurt üretiminde, starter kültürlerin süte eklenmesinin ardından 37–45 °C'de gerçekleştirilen inkübasyon sırasında oluşan laktik asit, süt proteinlerinin koagülasyonunu sağlayarak ürüne karakteristik jel yapısı ve asidik tat kazandırmaktadır (Ahmad ve ark., 2022). Üretim yöntemine göre yoğurtlar; pıhtısı kırılmamış (set tipi) yoğurt, pıhtısı kırılmış (stirred tip) yoğurt, ayran (içilebilir yoğurt), dondurulmuş yoğurt ve süzme (konsantre) yoğurt olmak üzere beş ana türe ayrılırlar (S. Li ve ark., 2021; Salama ve ark., 2022). Set tipi yoğurt, fermantasyonun yoğurt kabı içinde herhangi bir karıştırma işlemi yapılmadan gerçekleştirilmesiyle elde edilirken; stirred tipi yoğurtta, fermantasyon sonrasında oluşan jel yapısı nazikçe kırılarak daha kremsi bir yapı elde edilir. Bu yöntem genellikle meyveli yoğurtların üretiminde tercih edilmektedir (H. Li ve ark., 2021; Salama ve ark., 2022). Ayran ise pıhtısı kırılmış yoğurda su eklenerek veya süte su ilave edilerek üretilen içilebilir kıvamda yoğurtlardır (Wang ve ark., 2020). Dondurulmuş yoğurtta ise stirred tip yoğurdun dondurma işlemine tabi tutulması ile üretilir ve yoğurdun besin değerini dondurma ile birleştirilir (Terpou ve ark., 2019). Süzme yoğurtta ise istenilen kurumadde seviyesine ulaşmak için yoğurt suyu uzaklaştırılır ve bu süreç proteini, laktik asidi ve toplam kurumaddeyi artırırken laktoz miktarını azaltır ve daha koyu bir kıvam sağlar (S. Li ve ark., 2021).

Yanık (isli) yoğurt, geleneksel olarak üretilen bir süzme yoğurttur ve Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde, özellikle de Denizli'de tüketilmektedir (Akdoğan & Gürsoy, 2020). Aynı zamanda Anadolu' da Karaman ili Ayrancı bölgesi ve Konya'nın Karapınar ilçesinde de halk tarafından sevilerek tüketilmektedir (Şen, 2023). Genellikle koyun veya keçi sütünden hazırlanan bu yoğurt, kendine özgü yoğun yanık aromasıyla karakterize edilmektedir. Söz konusu aroma, geleneksel üretim tekniğine bağlı olarak, odun ateşi üzerinde iyice kızdırılan bakır kazanlara sütün aniden aktarılmasıyla oluşmaktadır. Fermantasyonla set tipi yoğurt elde edildikten sonra, bazı bölgelerde ürün süzme işlemi için bez torbalara alınmakta ve böylece daha yoğun aromatik özelliklere sahip süzme yoğurt elde edilmektedir (Akdoğan & Gürsoy, 2020).

Özellikle Türkiye'de Karapınar ve Denizli yöresinde üretilen yanık yoğurt hem kültürel miras hem de duyusal özellikleri bakımından dikkat çekici bir ürün olmasına rağmen, bilimsel çalışmalarda yeterince ele alınmamıştır. Bu bağlamda, bu derlemede yanık yoğurdun üretim teknikleri, bu süreçte etkili olan teknolojik faktörler, üründe gelişen mikrobiyotanın çeşitliliği, laktik asit bakterilerinin olası katkıları ve ürünün besinsel değerine ilişkin veriler özetlenecektir. Ayrıca, üretim sürecinde ortaya çıkabilen polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) başta olmak üzere kimyasal riskler ve bunların halk sağlığı üzerindeki olası etkileri tartışılacaktır. Böylece hem mevcut bilgi boşluklarının ortaya konması hem de gelecekte yapılacak araştırmalara yön verilmesi hedeflenmektedir. Özellikle mikrobiyal ekolojinin ileri tekniklerle (NGS, metabolomik vb.) aydınlatılması, standardizasyon çalışmalarının yapılması ve gıda güvenliği çerçevesinde risklerin azaltılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Özetle bu derlemenin amacı, geleneksel bir süt ürünü olan yanık (isli) yoğurdu üretim teknolojisi, mikrobiyal çeşitliliği ve gıda güvenliği açısından kapsamlı bir biçimde ele almak ve literatürdeki mevcut bilgi birikimini sistematik şekilde değerlendirmektir. Ayrıca yerel ve geleneksel ürünler için coğrafi işaret alınması, bunların gelecek nesillere aktarılması açısından ışık tutmaktır.

ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Literatürde yanık yoğurt üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Denizli'de üretilen ve 'isli (tütsülenmiş) yoğurt' olarak da adlandırılan bu ürüne ilişkin Doğan ve Çekal (2021) tarafından yürütülen araştırmada; üretim özellikleri, tüketim sıklığı, tüketildiği öğünler, tercih nedenleri, tüketim alışkanlıkları, duyusal özellikler ve satış noktaları kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, Anadolu'nun farklı bölgelerinde de benzer ürünlerin üretildiği bilinmektedir (Kırdar & Doğan, 2024). Örneğin, Karaman'ın Ayrancı ve Konya'nın Karapınar ilçelerinde de yanık yoğurt üretimi yapılmaktadır. Nitekim Karaman'ın Ayrancı ilçesinde üretilen yanık yoğurt üzerine gerçekleştirilen bir çalışma da literatürde yer almaktadır (Şen, 2023). Bu bulgular, yanık yoğurdun yalnızca Denizli yöresine özgü olmadığını; Anadolu'nun çeşitli bölgelerinde geleneksel yöntemlerle üretilerek hem yöresel bir değer taşıdığını hem de potansiyel bir coğrafi işaret adayı olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Yanık yoğurdun üretim akım şeması Şekil 1'de sunulmuştur. Geleneksel yanık yoğurt üretiminde temel aşama, sütün odun ateşi üzerinde kızdırılmış kazan veya tencerede pişirilmesiyle ürüne karakteristik yanık aromanın kazandırılmasıdır. Bu süreçte geleneksel olarak bakır kazanlar kullanılırken, günümüzde daha yaygın olarak çelik tencereler tercih edilmektedir. Üretim sırasında kazan önce yüksek sıcaklığa kadar ısıtılmakta, ardından içine az miktarda süt eklenerek yüzeyde yanık tat ve kokunun oluşması sağlanmaktadır. Bazı uygulamalarda ise sütün tamamı kızgın kazana alınarak dibinin tutmasına izin verilmekte, böylece yanık aroması tüm süte homojen şekilde geçmektedir (Doğan & Çekal, 2021; Tan, 2010). Ayrıca, fermantasyon öncesi bu aşamada kullanılan yakıt türü de ürünün aromatik özelliklerini etkilemekte; özellikle karaçalı, çınar, karaağaç ve armut dalları gibi odunların tercih edilmesi, yoğurdun tütsülü kokusunun yoğunluğunu artırmaktadır (Ünsal & Emden, 2007).

Süt Temini
↓
Süzme ve Ön Filtrasyon
↓
Kazan Isıtma (odun ateşi)
↓
Yanık Aroma Oluşturma
(kızgın kazana süt ilavesi / dibinin tutturulması)
↓
Soğutma (40–45 °C)
↓
Mayalama
(önceki yoğurttan 1–2 kaşık / starter kültür)
↓
İnkübasyon (37–45 °C, 3–4 saat)
↓
Pıhtı Oluşumu
↓
Bez Torbalara Aktarma
↓
Süzdürme (≈24 saat)
↓
Yanık Yoğurt (Nihai Ürün)
↓
Yan Ürün: Yoğurt Suyu
(çökelek üretiminde değerlendirilir)

Şekil 1. Yanık Yoğurt Üretim Akım Şeması

Isıl işlem sonrası süt, yoğurt üretiminde olduğu gibi mayalama sıcaklığına kadar soğutulmakta ve genellikle geleneksel yöntemle, daha önce üretilmiş yanık yoğurt veya ayran kullanılarak inoküle edilmektedir. Mayalanan süt, 3-4 saat inkübasyonda bırakılarak pıhtı oluşturmakta ve ardından fermantasyon tamamlanmaktadır. Elde edilen yoğurt, ürünün karakteristik kıvam ve dayanıklılığını sağlamak amacıyla bez keselere aktarılarak 24 saat süzdürülmektedir. Bu süzme işlemi aynı zamanda yanık tadının yoğunlaşmasına da katkı sağlamaktadır (Tan, 2010). Süreç sonunda ortaya çıkan yoğurt, klasik süzme yoğurda kıyasla daha sarı renkli, koyu kıvamlı ve yanık-isli aromaya sahip olmaktadır. Ayrıca süzülen yoğurt suyu, bölgesel uygulamalarda kaynatılarak çökelek üretiminde değerlendirilmekte ve böylece üretim sürecinin sürdürülebilirliği artırılmaktadır (Ünsal & Emden, 2007). Şekil 2'de yanık (isli) yoğurt üretim aşamasından fotoğraflar sunulmuştur.



Şekil 2. Yanık (isli) yoğurt üretim aşamasından fotoğraflar (Doğan & Çekal, 2021).

Yoğurt üretiminde kullanılan bahsettiğimiz geleneksel tütsüleme yanı sıra likit tütsülemenin de yoğurt ve süt ürünlerine uygulandığı yapılan literatür çalışmalarında görülmüştür (Rahim Zadeh ve ark., 2020). Odun dumanından yoğunlaştırılan likit tütsü, işlenmiş gıdaların korunmasını, lezzetlendirilmesini ve renklendirilmesini iyileştirmek için bir gıda bileşeni olarak kullanılmaktadır. Likit tütsü, gıdaya püskürtülebilir, enjekte edilebilir veya gıdayla karıştırılabilir ve geleneksel gıda tütsülemeyle benzer etkiler gösterir (Lingbeck ve ark., 2014). Geleneksel tütsüleme, gıdalara karakteristik aroma, renk ve lezzet kazandırmasının yanı sıra antimikrobiyal ve antioksidan etkileri sayesinde koruyucu bir yöntem olarak uzun süredir kullanılmaktadır (Milly ve ark., 2005). Ancak geleneksel yöntemde potansiyel olarak mutajenik ve karsinojenik bileşiklerin oluşabilmesi, alternatif teknolojilerin geliştirilmesine yol açmıştır. Likit tütsüleme, bu bağlamda daha güvenli bir seçenek olarak öne çıkmakta olup, kullanım kolaylığı, üretimde tekrar edilebilirlik, homojenlik sağlaması ve karsinojenik bileşiklerin elimine edilmesi gibi avantajlara sahiptir (Budijanto ve ark., 2008; Suñen ve ark., 2001). Likit tütsü esas olarak lignoselülozik biyokütleden türetilen su, asitler, karbonil bileşikleri ve fenoller içermektedir. Bu karmaşık kimyasal bileşik içeriği, likit tütsünün organoleptik özelliklerini, antimikrobiyal etkilerini ve antioksidan kapasitesini belirlemektedir (Xin ve ark., 2021). Ayrıca doğal aroma verici kabul edilen likit tütsüleme Aroma ve Ekstrakt Üreticileri Birliği (Flavor and Extract Manufacturers Association) tarafından GRAS (Genel olarak güvenli kabul edilen) statüsü ile onaylanmıştır. Likit tütsülemenin antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri nedeniyle et ürünleri ve balık filetolarında yaygın biçimde araştırıldığı; *Listeria monocytogenes*'in azaltılması veya duyusal kalite üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur (Gedela ve ark., 2007; Gonulalan ve ark., 2004). Bunun yansıra literatür incelendiğinde likit tütsüleme ve doğal tütsüleme uygulamalarının ayranda mikrobiyal gelişim ve duyusal nitelikler üzerine etkilerinin karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, aşırı miktarda sıvı tütsü kullanımının ayranda uygun olmadığını göstermiş; buna karşın daha düşük miktarlarda likit tütsünün, güvenli ve benzer tada sahip ürünler elde etmek için doğal tütsülemeye uygun bir alternatif olabileceği ortaya konmuştur (Rahim Zadeh ve ark., 2020).

MİKROBİYAL ÇEŞİTLİLİK

Geleneksel süt ürünleri, laktik asit bakterilerinden (LAB) oluşan ve gıdalara belirgin sağlık geliştirici özellikler kazandırabilen zengin ve çeşitli bir mikrobiyotaya sahiptir (Kakabadze ve ark., 2019). Bu mikrobiyota, çiğ sütün özellikleri, kullanılan starter kültürler ve fermantasyon koşulları tarafından şekillendirilmektedir (Li & Gänzle, 2020). Yoğurt, *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* olmak üzere yoğurt bakterilerinin standardize edilmiş süte eklenmesiyle yapılan geleneksel bir fermente süt ürünüdür (Arena ve ark., 2015). Yoğurdun fizikokimyasal, yapısal ve organoleptik özelliklerinin, büyük ölçüde mikrobiyal kompozisyon tarafından belirlendiği göz ardı edilmemelidir (Islam ve ark., 2021). Aynı zamanda yoğurt üretimi sırasında, özellikle *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* olmak üzere laktik asit bakterileri tarafından gerçekleştirilen fermantasyon süreci, yüksek biyolojik değere sahip proteinlerin ve biyoaktif peptitlerin oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bu biyoaktif bileşikler arasında antihipertansif, antioksidan, antimikrobiyal, antidiabetik ve immünomodülatör etkiler gösteren peptitler bulunmakta ve bu fonksiyonlarıyla özellikle yaşlı bireylerde sağlık durumlarını iyileştirme potansiyeli göstermektedir (Munhóz & Baptista, 2025). Bu nedenle, üretilen yoğurtların mikrobiyal yapısının detaylı bir şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Ancak, literatürde yanık yoğurt gibi geleneksel ürünlerin mikrobiyal ve besinsel karakterizasyonuna dair sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu ürünlerin içerdiği mikroflora ve biyoaktif bileşiklerin belirlenmesi, sağlık yararlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Fermente süt ürünlerinin mikrobiyal çeşitliliği hem kültüre dayalı hem de kültüre dayalı olmayan tekniklerle belirlenmektedir (Nyanzi ve ark., 2021). Kültüre dayalı yöntemler zaman alıcı olup, kontaminasyon ve uygulayıcının becerisine bağlı olarak sonuçlar değişebilir ve tekrarlanabilirlikleri düşüktür. Bu nedenle günümüzde kültüre dayalı olmayan teknikler giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Chen ve ark., 2008). Kültüre dayalı olmayan yaklaşımlar arasında özellikle metagenomik analizler ve NGS (Yeni Nesil Sekanslama, Next Generation Sequencing) teknolojileri kullanılarak bu ürünlerin mikrobiyal bileşimi detaylı bir şekilde incelenmeli ve biyoaktif peptit profilleri belirlenmelidir. Bu sayede, yanık yoğurdun potansiyel sağlık yararları daha bilimsel bir temele oturtulabilir ve fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmesi sağlanabilir.

Bunun yanı sıra, Rahim Zadeh ve ark. (2020) likit tütsüleme ve doğal tütsüleme uygulamalarının ayrandaki mikrobiyal gelişim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kontrol örneklerinde laktik asit bakterisi (LAB) sayıları 7 log kob/ml seviyesinde sabit kalırken, geleneksel ve likit tütsüleme uygulamalarında yoğurtlardaki LAB popülasyonlarında hafif bir azalma gözlenmiş, ancak bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca farklı likit tütsüleme konsantrasyonlarının uygulandığı yoğurt içeceklerinde *Staphylococcus* spp. sayıları depolama süresi boyunca önemli ölçüde azalmış, maya ve küf sayıları likit tütsü uygulamalarında düşerken, doğal tütsüleme uygulamalarında stabil kalmıştır. Sonuç olarak, aşırı miktarda likit tütsüleme kullanımının yoğurt içecekleri için uygun olmadığı, ancak düşük miktarlarda likit tütsülemenin güvenli ve duyusal açıdan benzer ürünler elde etmek için doğal tütsülemeye uygun bir alternatif olabileceği ortaya konmuştur.

KİMYASAL RİSKLER VE GIDA GÜVENLİĞİ

Süt ve süt ürünleri, yüksek makro ve mikro besin öğesi içerikleri nedeniyle bebekler, çocuklar ve yetişkinler için önemli besin kaynaklarıdır (Han ve ark., 2014; Iwegbue ve ark., 2014). Fermente süt ürünlerinden biri olan yoğurt, dengeli beslenmede temel bir rol üstlenmektedir (Lee ve ark., 2015). Bununla birlikte, süt ve süt ürünleri çeşitli ısıl işlemlere maruz kaldıklarında, polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH'ların) lipofilik yapısı nedeniyle bu bileşikleri içerebilirler (Lin ve ark., 2016). PAH'lar gıdalar yoluyla vücuda alındığında toksik etkilere neden olabilmektedir. Yoğurt, PAH alımına aracılık edebilen başlıca gıdalar arasında yer almaktadır. Geleneksel bir süzme yoğurt türü olan yanık yoğurt ise üretim sürecinin doğası gereği PAH içerebilir (Akdoğan & Gürsoy, 2020). PAH'lar, biyolojik birikime eğilimli, yağlarda çözünen kalıcı bileşiklerdir (Meador ve ark., 1995). PAH'lar, tütsüleme veya kurutma işlemleri sırasında gıdaları kirletebileceği gibi, çevresel kirlenmenin de bir sonucu olabilir. Dolayısıyla, beslenme, insanların PAH'a maruz kalmasının birincil kaynağıdır ve toplam maruziyetin %70'inden fazlasına katkıda bulunur. Beslenmeden gelen miktar büyük ölçüde pişirme yöntemine ve olası gıda kontaminasyonuna bağlıdır (Battisti ve ark., 2015).

PAH'lar, gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından önemli riskler oluşturan toksik bileşiklerdir. Özellikle tütsüleme, kurutma ve benzeri işlemler sırasında organik bileşenlerin eksik yanması veya pirolizi sonucunda işlenmiş gıdalarda meydana gelmektedir (Hollosi & Wenzl, 2011; Zelinkova & Wenzl, 2015). Doğal toksisiteleri nedeniyle gıda kaynaklı hastalıkların ortaya çıkışında rol oynayabilen bu bileşikler, günümüzde ve gelecek nesiller için kritik bir gıda güvenliği sorunu olarak değerlendirilmektedir (Akdoğan ve ark., 2016; Yan ve ark., 2018). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), PAH'ları kanserojenite potansiyellerine göre üç grupta sınıflandırmış; benzo[a]piren (BaP) ise grup 1'de yer alarak gıdalarda PAH varlığının temel göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Nitekim farklı hayvan modelleri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, metabolik aktivasyon sonrası PAH'ların deri ve akciğer tümörlerine neden olduğunu ortaya koymuş ve bu bulgular insan sağlığı için taşıdıkları riskleri desteklemiştir (Akdoğan & Gürsoy, 2020).İnsanların PAH'lara maruz kalması, yutma, deri ve solunum yoluyla gerçekleşebilir ve meme, cilt, mesane, akciğer ve kolon gibi çeşitli kanserlere yol açabilir (Khanverdiluo ve ark., 2021).
Avrupa mevzuatı, gıdalarda PAH'ların varlığının kontrolünü zorunlu kılmakta ve özellikle 4PAH'a (4PAH: benz[a]antrasen, benzo[a]piren, benzo[b]floranten ve krizene) odaklanmaktadır. İnsan beslenmesinde maruziyeti en aza indirmek amacıyla, yağ ve yağ ürünlerinde (kakao yağı ve hindistancevizi yağı hariç) maksimum düzeyler 2 µg/kg benzo[a]piren (BaP) ve 10 µg/kg toplam 4PAH olarak sınırlandırılmıştır (EC 1881/2006; EC 835/2011). Ayrıca, uzun dönem maruziyetin değerlendirilmesi için 12 PAH'ın izlenmesi önerilmekte ve resmi kontroller kapsamında örnekleme ile analiz yöntemleri de Komisyon düzenlemeleriyle tanımlanmaktadır (EC 836/2011). Özellikle yoğurt gibi yağlı gıda matrislerinde PAH analizinde en yaygın kullanılan yöntem sabunlaştırma sonrası sıvı–sıvı ekstraksiyon (LLE) olup, bu yöntem sabunlaştırma, ekstraksiyon ve temizleme aşamalarını içermektedir (Moazzen ve ark., 2013; Naccari ve ark., 2011). Ekstraksiyon sonrası analitik tayin için ise gaz kromatografisi–alev iyonizasyon dedektörü (GC/FID) ve gaz kromatografisi–kütle dedektörü (GC/MS) yöntemlerinin yanı sıra ultraviyole ve floresan dedektörlerle donatılmış yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC-UV/FL, HPLC-FLD) yaygın olarak kullanılmaktadır (Grova ve ark., 2002).
Avrupa Birliği, süt ve süt ürünlerindeki PAH'ların düzeylerini sınırlamak amacıyla yasal düzenlemeler getirmiştir. EC No 1881/2006'ya göre, bebek maması ve devam sütleri dahil olmak üzere bebek formüllerinde benzo[a]piren (BaP) için maksimum düzey 1.0 µg/kg olarak belirlenmiştir. Daha sonra 2011 yılında yapılan düzenlemelerle (EU) No 835/2011, bebek formüllerinde ve devam sütlerinde 4PAH'ın maksimum düzeyini 1.0 µg/kg olarak sınırlandırmış ve düzenlemeleri detaylandırmıştır. Çocuklarda PAH alım düzeylerinin vücut ağırlığı bazında yetişkinlere göre 2–2.5 kat daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir (Iwegbue ve ark., 2014).
PAH'lara sindirim, solunum, deri ve plasenta yoluyla maruz kalınabilmektedir (Drwal ve ark., 2019; Yebra-Pimentel ve ark., 2015). Özellikle sindirim sistemi temel maruziyet yoludur ve sigara içmeyen bireylerde toplam alımın %88–98'inin diyet kaynaklı olduğu, süt ürünlerinin ise önemli katkı sağladığı bildirilmiştir (Ma & Harrad, 2015; Singh ve ark., 2016). Emilim sonrası PAH'lar özellikle yağ dokusunda birikirken, metabolik aktivasyon ürünleri olan diol epoksitlerin DNA hasarı ve kansere neden olabileceği belirlenmiştir (Martin-Tornero ve ark., 2020). Bu bulgular, süt ürünlerinde PAH risk değerlendirmesinin önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca süt ürünlerinin kalitesi ve güvenliği, yüksek sıklıkla tüketilmesi nedeniyle PAH açısından şimdi olduğundan daha fazla endişeyi hak etmektedir. Özellikle yanık (isli) yoğurt üretim sürecine bağlı PAH oluşumu, halk sağlığı açısından potansiyel bir tehdit oluşturarak daha kapsamlı araştırmalar ve düzenleyici önlemler gerektirmektedir.

YANIK YOĞURDUN BESİNSEL VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

Yoğurt, süt ürünleri içerisinde besin değeri en yüksek olanlardan biridir ve içerdiği protein, karbonhidrat, vitamin ve mineraller sayesinde kolay sindirilebilir, yüksek biyoyararlılığa sahip bir gıda olarak öne çıkmaktadır (Gómez-Gallego ve ark., 2018). Besin bileşimi; kullanılan starter kültür suşları, süt tipi (tam yağlı, yarım yağlı veya yağsız), süt kaynağı (inek, keçi, koyun), fermantasyon süresi ve eklenen süt tozu, tatlandırıcı ya da meyvelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (El-Abbadi ve ark., 2014).

Yoğurttaki süt proteinleri, yüksek biyolojik değere sahip olmalarının yanı sıra tüm esansiyel aminoasitleri içermekte ve özellikle prolin ile glisin açısından zengin yapıları sayesinde kalsiyum emilimini artırma ve bağışıklık sistemini güçlendirme gibi ek işlevler göstermektedir (Mckinley, 2005). Yoğurtta başlıca karbonhidrat laktozdur. Ancak fermantasyon sırasında laktik asit bakterilerinin metabolik aktiviteleri sonucu laktozun %20–30'u parçalanarak glukoz ve galaktoza dönüşmekte, böylece sindirilebilirlik artmaktadır (Schaafsma, 2008). Yağ içeriği ise kullanılan süt karışımına bağlı olarak değişmektedir. Yoğurt üretiminde uygulanan homojenizasyon ve fermantasyon işlemleri, yağın bir kısmının daha kolay sindirilebilen ve emilebilen yağ asitlerine dönüşmesini sağlamaktadır (Mckinley, 2005). Ayrıca yoğurdun kendine özgü üretim prosedürleri ve fermantasyonu nedeniyle, riboflavin, B-6 ve B-12 vitaminleri, kalsiyum, potasyum, çinko ve magnezyum dahil olmak üzere çeşitli mikro besinleri süt gibi diğer süt ürünlerine kıyasla daha yüksek miktarda içerir (Tremblay & Panahi, 2017). Bununla birlikte, vitamin B12 ve B6 düzeyleri, *S. thermophilus*'un bu vitaminleri metabolizması sırasında kullanması nedeniyle süte kıyasla daha düşük bulunabilmektedir. Yoğurdun folat içeriği ise kullanılan laktik asit bakterilerinin kompozisyonuna bağlı olarak değişmekte; bazı türler (ör. *S. thermophilus*, *Bifidobacteria*) folatı sentezleyerek ürünün vitamin değerini artırabilmektedir (Mckinley, 2005).

Sütün ısıl işlemi, yoğurdun tekstürünü etkileyen en önemli üretim parametrelerinden biridir. Serum proteinlerinim önemli ölçüde denatürasyonuna neden olan süte yüksek ısıl işlemin, yoğurdun sertliğini ve yapısını önemli ölçüde etkilediği ve ısıtılmamış sütten yapılan yoğurda kıyasla sinerezisi azalttığı iyi bilinmektedir (Ozcan ve ark., 2015). Isıtılmamış sütten elde edilen serum proteinleri, asit jel ağlarında inert dolgu maddeleridir (Lucey ve ark., 1999). Sütün >70°C'de ısıl işlemi, sütteki başlıca serum proteini olan β-laktoglobulinin önemli ölçüde denatürasyonuna neden olmaktadır (Dannenberg & Kessler, 1988; Kinsella & Whitehead, 1989). Denatürasyon sırasında β-laktoglobulin disülfür köprülemesi ve hidrofobik etkileşimler yoluyla κ-kazein ile etkileşime girebilir (Haque & Kinsella, 1988; Smits & Van Brouwershaven, 1980).

Isıl işlemin faydaları arasında gıda kaynaklı patojenlerin, doğal toksinlerin veya diğer zararlı bileşenlerin etkisiz hale getirilmesi, raf ömrünün uzatılması, besinlerin sindirilebilirliğinin ve biyoyararlanımının iyileştirilmesi, lezzet, tat, doku ve aromanın iyileştirilmesi ve antioksidanların artırılması ve diğer savunma tepkileri veya antimikrobiyal etkinliğin artırılması gibi gelişmiş işlevsel özellikler yer almaktadır. Bununla birlikte, aşırı veya uygunsuz ısıl işlemler bazı olumsuzluklara yol açabilmektedir. Bunlar arasında belirli besin öğelerinin kaybı, akrilamid, furan veya akrolein gibi toksik bileşiklerin oluşumu, duyusal özelliklerde (tat, koku, renk, doku) istenmeyen değişimler yer almaktadır. Dolayısıyla ısıl işlemin, yararlı etkilerin maksimize edilmesi ve olumsuz etkilerin sınırlandırılması amacıyla optimize edilmesi gerekmektedir (van Boekel ve ark., 2010). Bu bağlamda, özellikle yoğurt üretimi gibi geleneksel süreçlerde uygulanan ısıl işlemlerin, istenmeyen yan ürünler arasında yer alan PAH oluşumuyla ilişkisi dikkatle değerlendirilmelidir.

Yoğurt, geleneksel üretim süreçlerine bağlı olarak PAH'lar açısından potansiyel bir risk kaynağıdır. Battisti ve ark. (2015) İtalya'da farklı yağ içeriklerine sahip 20 yoğurt örneğinde 13PAH'ı analiz etmiş ve uçucu PAH'ların (ACE, FLU, PHE) en yüksek seviyelerde bulunduğunu, ayrıca muhtemel kanserojenler olan dibenzo[a,h]antrasen (DBaA) ve benzo[a]pirenin (BaP) bazı örneklerde tespit edildiğini bildirmiştir. Ancak bu çalışma doğrudan yanık yoğurt üzerine odaklanmamıştır. Benzer şekilde, Kacmaz (2019) Türkiye'de tüketilen 17 ticari yoğurt örneğinde 4 AB gösterge PAH'ı incelemiş ve toplam PAH seviyelerinin 1 µg/kg'ın altında olduğunu rapor etmiştir. Bunun aksine, Ge ve ark. (2024) ve Akdoğan ve Gürsoy (2020) çalışmalarında doğrudan pişirilmiş ve yanık yoğurt örneklerini incelemişlerdir.

Ge ve ark. (2024) yanık yoğurtta maillard reaksiyonuna bağlı olarak PAH ve toksik eşdeğerlik değerlerinin diğer yoğurt türlerinden belirgin şekilde yüksek olduğunu ve tam yağlı ürünlerde daha fazla PAH bulunduğunu bildirmişlerdir. Akdoğan ve Gürsoy (2020) ise Denizli'den toplanan yanık yoğurt örneklerinde dört öncelikli PAH'ı GC-MS ile belirlemiş ve ölçülen seviyelerin AB düzenlemeleri altında olduğunu rapor etmişledir. Tüm bu veriler, yanık yoğurdun besinsel ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra üretim sürecine bağlı PAH oluşumunun potansiyel sağlık riskleri açısından değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, yanık yoğurtlarda besinsel değerlerin araştırılması oldukça sınırlıdır ve mevcut literatürde neredeyse bulunmamaktadır. Bu nedenle ileri çalışmaların hem yoğurtların PAH içeriği hem de besin bileşenleri açısından bütüncül değerlendirmeler sunması önemlidir.

ARAŞTIRMA BOŞLUKLARI VE GELECEK PERSPEKTİFLER

Yanık yoğurtlar, geleneksel üretim yöntemleri ve özgün aromatik profilleriyle dikkat çekmektedir. Ancak, bu ürünlerin üretim süreçleri, mikrobiyal çeşitliliği ve gıda güvenliği açısından kapsamlı bilimsel çalışmalar sınırlıdır. Özellikle Karapınar bölgesine özgü yanık koyun yoğurdu üzerine yapılan araştırmaların yokluğu, bu alandaki bilgi eksikliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, tütsülenmiş yoğurtların mikrobiyota düzeyinde incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde, metagenomik, metabolomik analizler ve uçucu aroma profilleme gibi ileri düzey teknikler, bu ürünlerin mikrobiyal bileşenlerini ve aroma bileşenlerini daha ayrıntılı bir şekilde anlamamıza olanak sağlamaktadır. Bu tür analizler, ürünlerin kalitesini ve güvenliğini artırmak için gereklidir (Owusu-Kwarteng ve ark., 2020).

Endüstriyel ölçekte üretim için, yanık yoğurtların standardizasyonu ve güvenlik protokollerinin oluşturulması kritik bir adımdır. Gıda güvenliği yönetim sistemleri, özellikle HACCP (Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları) ve ISO 22000 gibi standartlar, üretim süreçlerinin güvenli ve kontrollü bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır (FAO, 2010). Sistemlerin uygulanması, ürünlerin kalitesini ve tüketici güvenini artırmaktadır.

Son olarak, geleneksel yanık yoğurtların coğrafi işaretleme ve kültürel miras açısından değerlendirilmesi, bu ürünlerin korunması ve tanıtılması açısından önemlidir. Coğrafi işaretleme, ürünün özgünlüğünü ve kalitesini garanti altına alırken, kültürel mirasın korunmasına da katkı sağlar (Crespo-Moncada ve ark., 2025). Bu bağlamda, yanık yoğurtların coğrafi işaretleme süreçlerinin bilimsel verilerle desteklenmesi hem yerel üreticilerin hem de tüketicilerin faydasına olacaktır.

Özetle, yanık yoğurtların üretim süreçleri, mikrobiyal çeşitliliği, gıda güvenliği ve coğrafi işaretleme konularında yapılacak kapsamlı araştırmalar, bu geleneksel ürünlerin sürdürülebilirliğini ve kalitesini artıracaktır. Bu alandaki bilimsel çalışmaların yapılması hem kültürel mirasın korunmasına hem de yerel ekonomilerin güçlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

SONUÇ

Yanık (isli) yoğurt hem kültürel hem de bilimsel açıdan özel bir geleneksel süt ürünüdür. Mevcut literatür ürünün üretim teknolojisi, mikrobiyal çeşitliliği ve PAH içeriği üzerine sınırlı bilgiler sunmaktadır; besinsel ve fonksiyonel özellikleri ise neredeyse hiç araştırılmamıştır. Bu nedenle, yanık yoğurdun üretim süreçlerinin, mikrobiyota yapısının, besin bileşenlerinin ve kimyasal risklerin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, PAH oluşumunun minimize edilmesi, besin değerinin ayrıntılı karakterizasyonu ve ürünün standardizasyonuna odaklanması, hem halk sağlığı açısından güvenli ürünler elde edilmesine hem de yanık yoğurdun kültürel ve bilimsel değerinin korunmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Zhang, J., Ding, Y., & Lyu, F. (2022). Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges-A review. Trends in food science & technology, 129, 558-580.

Akdoğan, A., Buttinger, G., & Wenzl, T. (2016). Single-laboratory validation of a saponification method for the determination of four polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils by HPLC-fluorescence detection. Food Additives & Contaminants: Part A, 33(2), 215-224.

Akdoğan, A., & Gürsoy, O. (2020). Determination of four priority polycyclic aromatic hydrocarbons (4PAHs) by GC-MS in traditional Turkish yoghurts. Food Additives & Contaminants: Part A, 37(3), 391-400.

Arena, M. P., Caggianiello, G., Russo, P., Albenzio, M., Massa, S., Fiocco, D., . . . Spano, G. (2015). Functional starters for functional yogurt. Foods, 4(1), 15-33.

Babio, N., Becerra-Tomás, N., Martínez-González, M. Á., Corella, D., Estruch, R., Ros, E., . . . Arós, F. (2015). Consumption of yogurt, low-fat milk, and other low-fat dairy products is associated with lower risk of metabolic syndrome incidence in an elderly Mediterranean population. The Journal of nutrition, 145(10), 2308-2316.

Battisti, C., Girelli, A. M., & Tarola, A. M. (2015). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in yogurt samples. Food Additives & Contaminants: Part B, 8(1), 50-55.

Budijanto, S., Hasbullah, R., Prabawati, S., Setyadjit, S., & Zuraida, I. (2008). Identification and safety test on liquid smoke made from coconut shell for food product. Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research, 5(1), 32-40.

Buendia, J. R., Li, Y., Hu, F. B., Cabral, H. J., Bradlee, M. L., Quatromoni, P. A., . . . Moore, L. L. (2018). Long-term yogurt consumption and risk of incident hypertension in adults. Journal of hypertension, 36(8), 1671-1679.

Chen, H.-C., Wang, S.-Y., & Chen, M.-J. (2008). Microbiological study of lactic acid bacteria in kefir grains by culture-dependent and culture-independent methods. Food microbiology, 25(3), 492-501.

Crespo-Moncada, B., Posada-Izquierdo, G. D., Velásquez-Rivera, J., Molina-Villamar, J., & García-Gimeno, R. M. (2025). Geographical Indication Labels for Food Products: A Literature Review. Encyclopedia, 5(3), 115.

Dannenberg, F., & Kessler, H. (1988). Thermodynamic approach to kinetics of β-lactoglobulin denaturation in heated skim milk and sweet whey.

Doğan, E., & Çekal, N. (2021). Denizli'ye özgü geleneksel gıdalardan isli (yanık kokulu) yoğurdun üretim ve tüketimi [Yüksek Lisans, Pamukkale Üniversitesi]. Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Drwal, E., Rak, A., & Gregoraszczuk, E. L. (2019). polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)—action on placental function and health risks in future life of newborns. Toxicology, 411, 133-142.

Eales, J., Lenoir-Wijnkoop, I., King, S., Wood, H., Kok, F., Shamir, R., . . . Atkinson, R. (2016). Is consuming yoghurt associated with weight management outcomes? Results from a systematic review. International Journal of Obesity, 40(5), 731-746.

El-Abbadi, N. H., Dao, M. C., & Meydani, S. N. (2014). Yogurt: role in healthy and active aging1234. The American journal of clinical nutrition, 99(5), 1263S-1270S.

European Commission [EC]. 2011. Commission regulation (EU) No 836/2011 of 19 August 2011amending regulation (EC) No 333/2007 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of lead. cadmium. mercury. inorganic tin. 3-MCPD and benzo(a)pyrene in foo. Off J Eur Union. L215:9–16.

European Commission [EC]. 2006. Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Off J Eur Union. L364:5–24.

FAO. (2010). Code of hygienic practice for milk and milk products (CAC/RCP 57-2004).

Farvid, M. S., Malekshah, A. F., Pourshams, A., Poustchi, H., Sepanlou, S. G., Sharafkhah, M., . . . Kamangar, F. (2017). Dairy food intake and all-cause, cardiovascular disease, and cancer mortality: the Golestan Cohort Study. American journal of epidemiology, 185(8), 697-711.

Fernandez, M. A., Panahi, S., Daniel, N., Tremblay, A., & Marette, A. (2017). Yogurt and cardiometabolic diseases: a critical review of potential mechanisms. Advances in nutrition, 8(6), 812-829.

Ge, Y., Wu, S., & Lan, J. (2024). Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contamination in Yogurt: Levels, Compositions, and Risks. ACS Food Science & Technology, 4(10), 2422-2429.

Gedela, S., Escoubas, J. R., & Muriana, P. M. (2007). Effect of inhibitory liquid smoke fractions on Listeria monocytogenes during long-term storage of frankfurters. Journal of food protection, 70(2), 386-391.

Gharibzahedi, S. M. T., & Chronakis, I. S. (2018). Crosslinking of milk proteins by microbial transglutaminase: Utilization in functional yogurt products. Food chemistry, 245, 620-632.

Gijsbers, L., Ding, E. L., Malik, V. S., De Goede, J., Geleijnse, J. M., & Soedamah-Muthu, S. S. (2016). Consumption of dairy foods and diabetes incidence: a dose-response meta-analysis of observational studies. The American journal of clinical nutrition, 103(4), 1111-1124.

Gómez-Gallego, C., Gueimonde, M., & Salminen, S. (2018). The role of yogurt in food-based dietary guidelines. Nutrition reviews, 76(Supplement_1), 29-39.

Gonulalan, Z., Kose, A., & Yetim, H. (2004). Effects of liquid smoke on quality characteristics of Turkish standard smoked beef tongue. Meat science, 66(1), 165-170.

Grova, N., Feidt, C., Crépineau, C., Laurent, C., Lafargue, P. E., Hachimi, A., & Rychen, G. (2002). Detection of polycyclic aromatic hydrocarbon levels in milk collected near potential contamination sources. Journal of Agricultural and Food chemistry, 50(16), 4640-4642.

Han, J.-H., Kim, M.-J., & Shin, H.-S. (2014). Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbon contents and risk assessment for infant formula in Korea. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 57(2), 173-179.

Haque, Z., & Kinsella, J. E. (1988). Interaction between heated κ-casein and β-lactoglobulin: predominance of hydrophobic interactions in the initial stages of complex formation. Journal of Dairy Research, 55(1), 67-80.

Hollosi, L., & Wenzl, T. (2011). Development and optimisation of a dopant assisted liquid chromatographic-atmospheric pressure photo ionisation-tandem mass spectrometric method for the determination of 15+ 1 EU priority PAHs in edible oils. Journal of Chromatography A, 1218(1), 23-31.

Islam, S. M. R., Tanzina, A. Y., Foysal, M. J., Hoque, M. N., Rumi, M. H., Siddiki, A. M. A. M. Z., . . . Mannan, A. (2021). Insights into the nutritional properties and microbiome diversity in sweet and sour yogurt manufactured in Bangladesh. Scientific Reports, 11(1), 22667. https://doi.org/10.1038/s41598-021-01852-9

Iwegbue, C. M., Edeme, J. N., Tesi, G. O., Bassey, F. I., Martincigh, B. S., & Nwajei, G. E. (2014). Polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in commercially available infant formulae in Nigeria: Estimation of dietary intakes and risk assessment. Food and chemical toxicology, 72, 221-227.

Kacmaz, S. (2019). Polycyclic aromatic hydrocarbons in retail Turkish yogurts. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 11(4), 361-367.

Kakabadze, E., Zago, M., Rossetti, L., Bonvini, B., Tidona, F., Carminati, D., . . . Giraffa, G. (2019). Characterisation of lactic acid bacteria isolated from the Georgian, yoghurt-like Matsoni. International Journal of Dairy Technology, 72(3), 373-380.

Khanverdiluo, S., Talebi-Ghane, E., & Heshmati, A. (2021). The concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mother milk: a global systematic review, meta-analysis and health risk assessment of infants. Saudi Journal of Biological Sciences, 28(12), 6869-6875.

Kinsella, J., & Whitehead, D. (1989). Proteins in whey: chemical, physical, and functional properties. Advances in food and nutrition research, 33, 343-438.

Kırdar, S. S., & Doğan, A. M. (2024). Determination of Hydroxymethyl Furfuraldehyde (HMF) Contents in Traditionally Produced Strained Yoghurts. Food Health and Technology Innovations, 7(14), 577-589.

Kok, C. R., & Hutkins, R. (2018). Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. Nutrition reviews, 76(Supplement_1), 4-15.

Lee, S.-Y., Lee, J.-Y., & Shin, H.-S. (2015). Evaluation of chemical analysis method and determination of polycyclic aromatic hydrocarbons content from seafood and dairy products. Toxicological Research, 31(3), 265-271.

Li, H., Liu, T., Yang, J., Wang, R., Li, Y., Feng, Y., . . . Yu, J. (2021). Effect of a microencapsulated synbiotic product on microbiology, microstructure, textural and rheological properties of stirred yogurt. Lwt, 152, 112302.

Li, Q., & Gänzle, M. G. (2020). Host-adapted lactobacilli in food fermentations: impact of metabolic traits of host adapted lactobacilli on food quality and human health. Current Opinion in Food Science, 31, 71-80.

Li, S., Ye, A., & Singh, H. (2021). Effects of seasonal variations on the quality of set yogurt, stirred yogurt, and Greek-style yogurt. Journal of Dairy Science, 104(2), 1424-1432.

Lin, W., Wei, S., Jiang, R., Zhu, F., & Ouyang, G. (2016). Calibration of the complex matrix effects on the sampling of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk samples using solid phase microextraction. Analytica chimica acta, 933, 117-123.

Lingbeck, J. M., Cordero, P., O'Bryan, C. A., Johnson, M. G., Ricke, S. C., & Crandall, P. G. (2014). Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. Meat science, 97(2), 197-206.

Lucey, J., Munro, P., & Singh, H. (1999). Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. International Dairy Journal, 9(3-6), 275-279.

Ma, Y., & Harrad, S. (2015). Spatiotemporal analysis and human exposure assessment on polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor air, settled house dust, and diet: A review. Environment International, 84, 7-16.

Martin-Tornero, E., Luque-Uría, A., Durán-Merás, I., & Espinosa-Mansilla, A. (2020). A novel analytical methodology for the determination of hydroxy polycyclic aromatic hydrocarbons in breast and cow milk samples. Journal of Chromatography B, 1136, 121912.

Mckinley, M. C. (2005). The nutrition and health benefits of yoghurt. International Journal of Dairy Technology, 58(1), 1-12.

Meador, J., Stein, J., Reichert, W., & Varanasi, U. (1995). Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by marine organisms. Reviews of environmental contamination and toxicology, 143(1), 79-165.

Milly, P. J., Toledo, R. T., & Ramakrishnan, S. (2005). Determination of minimum inhibitory concentrations of liquid smoke fractions. Journal of Food Science, 70(1), M12-M17.

Moazzen, M., Ahmadkhaniha, R., Gorji, M. E. h., Yunesian, M., & Rastkari, N. (2013). Magnetic solid-phase extraction based on magnetic multi-walled carbon nanotubes for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meat samples. Talanta, 115, 957-965.

Munhóz, B. A., & Baptista, D. P. (2025). Fermented dairy products as sources of bioactive peptides with potential benefits to older adults' health. Food Research International, 218, 116921.

Naccari, C., Cristani, M., Giofrè, F., Ferrante, M., Siracusa, L., & Trombetta, D. (2011). PAHs concentration in heat-treated milk samples. Food Research International, 44(3), 716-724.

Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. Journal of Dairy Science, 104(1), 1-19.

Owusu-Kwarteng, J., Akabanda, F., Agyei, D., & Jespersen, L. (2020). Microbial safety of milk production and fermented dairy products in Africa. Microorganisms 8 (5): 752. Online: https(9).

Ozcan, T., Horne, D. S., & Lucey, J. A. (2015). Yogurt made from milk heated at different pH values. Journal of Dairy Science, 98(10), 6749-6758.

Rahim Zadeh, G., Tay, A., Regenstein, J. M., Rokhzadi, A., & Dabiri, H. (2020). Evaluation of microbial and sensory properties of flavored yogurt drink produced by Noaea mucronata; and liquid smoke treatment.

Salama, H. H., El-Sayed, H. S., Kholif, A. M., & Edris, A. E. (2022). Essential oils nanoemulsion for the flavoring of functional stirred yogurt: Manufacturing, physicochemical, microbiological, and sensorial investigation. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 21(6), 372-382.

Savaiano, D. A., & Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. Nutrition reviews, 79(5), 599-614.

Schaafsma, G. (2008). Lactose and lactose derivatives as bioactive ingredients in human nutrition. International Dairy Journal, 18(5), 458-465.

Singh, L., Varshney, J. G., & Agarwal, T. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons' formation and occurrence in processed food. Food chemistry, 199, 768-781.

Smits, P., & Van Brouwershaven, J. H. (1980). Heat-induced association of β-lactoglobulin and casein micelles. Journal of Dairy Research, 47(3), 313-325.

Suñen, E., Fernandez-Galian, B., & Aristimuno, C. (2001). Antibacterial activity of smoke wood condensates against Aeromonas hydrophila, Yersinia enterocolitica andListeria monocytogenes at low temperature. Food microbiology, 18(4), 387-393.

Şen, A. (2023). A gastronomic product candidate for geographical indication: Ayranci burnt yogurt. Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel, 6(1), 10-23.

Tan, A. Ö. (2010). Yoghurt in the Turkish kitchen. Cured, Smoked, and Fermented: Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cooking,

Terpou, A., Papadaki, A., Bosnea, L., Kanellaki, M., & Kopsahelis, N. (2019). Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics. Lwt, 105, 242-249.

Tremblay, A., & Panahi, S. (2017). Yogurt Consumption as a Signature of a Healthy Diet and Lifestyle. The Journal of nutrition, 147(7), 1476S-1480S.

Ünsal, A., & Emden, C. (2007). " Silivrim kaymak": Türkiye'nin yoğurtları. YKY.

van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., . . . Eisenbrand, G. (2010). A review on the beneficial aspects of food processing. Molecular nutrition & food research, 54(9), 1215-1247.

Wang, H., Fox, C. S., Troy, L. M., Mckeown, N. M., & Jacques, P. F. (2015). Longitudinal association of dairy consumption with the changes in blood pressure and the risk of incident hypertension: the Framingham Heart Study. British Journal of Nutrition, 114(11), 1887-1899.

Wang, X., Kristo, E., & LaPointe, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. Food Hydrocolloids, 100, 105453.

Wu, L., & Sun, D. (2017). Consumption of yogurt and the incident risk of cardiovascular disease: a meta-analysis of nine cohort studies. Nutrients, 9(3), 315.

Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2021). Transforming biomass pyrolysis technologies to produce liquid smoke food flavouring. Journal of Cleaner Production, 294, 125368.

Yan, J., Kim, M., Haberl, M., Kwok, H., Brunswick, P., MacInnis, C., . . . Shang, D. (2018). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface water using simplified liquid–liquid micro-extraction and pseudo-MRM GC/MS/MS. Analytical Methods, 10(4), 405-416.

Yebra-Pimentel, I., Fernández-González, R., Martínez-Carballo, E., & Simal-Gándara, J. (2015). A critical review about the health risk assessment of PAHs and their metabolites in foods. Critical reviews in food science and nutrition, 55(10), 1383-1405.

Zelinkova, Z., & Wenzl, T. (2015). The occurrence of 16 EPA PAHs in food–a review. Polycyclic aromatic compounds, 35(2-4), 248-284.

UTILIZATION OF BLACK CHICKPEA FLOUR FOR ENHANCEMENT IN GLUTEN-FREE CHIP-TYPE SNACK FORMULATION: PHYSICAL, TEXTURAL, AND SENSORY QUALITY

Nezahat OLCAY
Selcuk University, Beyşehir Ali Akkanat Tourism Faculty, Department of Gastronomy and Culinary Arts
ORCID: 0000-0003-3302-8969

ABSTRACT
The enrichment of gluten-free food products is important to provide product diversity and to increase the daily nutritional intake of individuals adhering to gluten-free diets. Black chickpeas have recently gained attention due to their rich nutritional profile, particularly their high antioxidant content. This study investigated the usage potential of black chickpea flour for nutritional enrichment in gluten-free chip-like snack formulations. For this purpose, black chickpea flour was substituted for gluten-free flour at six different ratios (0, 10, 20, 30, 40, and 50%), and some physical, textural, and sensory properties of the end products were analyzed. The inclusion of black chickpea flour, characterized by its distinct pigment compounds predominantly found in the seed coat, led to a significant reduction in the L^* and b^* values of the end products. The differences between the a^* color values of the samples were found to be statistically insignificant. Increasing the black chickpea flour substitution ratio also decreased the SI and Hue angle values of the chip samples, particularly due to changes in the b^* values. The use of black chickpea flour in the gluten-free chip formulation reduced the diameter of the samples and prevented their spreading. This result caused the hardness of the gluten-free chip samples to increase with the increase in the black chickpea flour substitution ratio. Sensory evaluation indicated that samples containing black chickpea flour were more preferred than the control sample regarding taste. The control sample received higher scores for odor, color, fracturability, and appearance. All samples were deemed acceptable in overall acceptability, with the 10% and 40% substituted samples receiving the most favorable ratings among the enriched variants. The findings suggest that black chickpea flour can be effectively used in gluten-free snack formulations without compromising essential quality attributes. Further research is recommended to assess the biochemical and functional contributions of black chickpea flour in gluten-free product development.
Keywords: Black chickpeas, gluten-free, chips, snacks, enrichment, physical quality, sensory quality.

INTRODUCTION
Chickpea consuption in the daily diet have an important role in promoting health and enhancing nutrient intake. Black chickpea differs from regular chickpea with its black coat, uneven, wrinkled shape, and small size (Yaver, 2022). Besides the rich carbohydrates, protein, essential amino acids, and dietary fiber contents (Kumar et al., 2020), black chickpea is stand with its high content of phenolics and antioxidant compounds, such as anthocyanins and carotenoids (Pasqualone et al., 2019). Black chickpea is considered as an interesting ingrediend with respect to developing new food products such as soups, baked goods, ready-to-eat foods, and snacks due to nutritional value, availability, appealing taste and color (Kumar et al., 2020).
Patients with gluten-related disorders such as celiac disease and non-celiac gluten sensitivity, can experience significant health improvements by adhering to a strict gluten-free diet.

Therefore, the increasing prevalence of gluten-related disorders has led to a growing demand for gluten-free products (Kaplan et al., 2021). Also increasing popularity of gluten-free diet due to possitive effects on autoimmune disorders and weight loss contributed to the grow global gluten-free food market (Mehtab et al., 2024). Malabsorption, one of the most prominent symptoms of celiac disease, can result in inadequate nutrient intake and lead to various clinical complications, including iron and folic acid deficiency (Kaplan et al., 2021). Although commercially available gluten-free products contribute to health of patients with gluten-related disorders with their gluten-free content, they can cause conditions such as hyperglycemia, hyperlipidemia and coronary artery disease due to their nutritionally unbalanced composition (Mehtab et al., 2024). Thus, it is important to enhance nutritional quality of gluten-free products.

This study aims to enrich gluten-free chip-type snacks while maintaining physico-mechanical quality characteristics of end product. In concordance with this purpose, black chickpea flour was substituted with gluten-free flour at varying ratios (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) in chip-type snack formulation. Physical, textural, and sensory properties of the products were evaluated.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Black chickpeas, gluten-free flour (corn starch/rice flour, 1/1, w/w), salt, cumin, red pepper flakes, and garlic powder used in this study were obtained from a local market in Konya, Türkiye. Black chickpeas were ground and sieved through a 500 mm sieve to obtain flour.

Production of Chip-Type Snacks

100 g of gluten-free flour, 2.5 g of salt, 2 g of garlic powder, 1 g of red pepper flakes, 1 g of cumin, and 80 ml of water were used to produce the control chips sample. Gluten-free flour was substituted with black chickpea flour at ratios of 10, 20, 30, 40, and 50% for enriching samples. All ingredients were mixed and kneaded (Hobart N50, Offenburg, Germany) for each sample, separately. Doughs were divided into 2.5 g pieces and baked between two Teflon plates at 300 °C for 2.5 minutes. Samples were stored in polyethylene bags after cooling to room temperature (25 ± 2 °C) until analyses (Aslan et al., 2023).

Color Analysis

Color analysis of the chip samples was performed using a Hunter Lab Chroma Meter (Minolta CR-400, Osaka, Japan) (L^* (brightness), a^* (redness), and b^* (yellowness)). Color measurements were recorded twice at two different points on each chip sample. The hue angle and saturation index were calculated using the following equations according to the a^* and b^* values (Francis, 1998):

$$\text{Saturation Index (SI)} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{eq.1}$$

$$\text{Hue Angle} = \arctan(b^*/a^*) \quad \text{eq.2}$$

Physical Analyses

The diameter and thickness of the chip samples were determined using a digital caliper with a precision of 0.001 mm (Mitutoyo, Tokyo, Japan), following the guidelines of AACC (2010). The spread ratio was obtained by dividing the diameter (mm) by the thickness (mm), as described by Singh and Mohamed (2007).

Textural Measurement

Sample hardness was measured using a TA.XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, England) equipped with a three-point bending rig (HDP/3PB). The testing parameters were set as follows: a pre-test speed of 1.0 mm/s, a test speed of 3.0 mm/s, and a post-test speed of 10.0 mm/s. The test was conducted over a 5 mm distance with a trigger force of 50 g, following the method of AACC (2010).

Sensory Analysis

Sensory evaluation was conducted by a trained panel consisting of 15 members from Selcuk University, aged between 25 and 35 years. Prior to the assessment, panelists were given a brief explanation of the evaluation criteria. Chip samples were randomly coded and presented on a white background. The panel assessed attributes such as taste, odor, color, fracturability, appearance, and overall acceptability using a hedonic scale, where a score of 7 indicated "very good" and a score of 1 indicated "very bad."

Statistical Analysis

Statistical analysis was carried out using JMP software version 5.0.1 (SAS Institute Inc., NC, USA). One-way analysis of variance (ANOVA) was applied to compare the sample data, and significant differences among the means were identified using Tukey's HSD multiple comparison test. Results were expressed as mean ± standard deviation and assessed at a 95% confidence level (Düzgüneş et al., 1987).

RESULTS AND DISCUSSION

The L^* values of the samples varied between 47.06 and 71.26, a^* values between 5.11 and 6.18, and b^* values between 12.49 and 21.65 (Table 1). As the substitution ratio increased from 0% to 50%, the L^* and b^* values of the samples decreased significantly ($p<0.05$). However, it was noteworthy that the difference between the L^* values of the samples with 30, 40, and 50% substitution ratios was found to be insignificant ($p>0.05$).

Similarly, Shirani and Ganesharanee (2009) found that L^* values decreased as the chickpea flour ratio increased in a gluten-free extruded snack formulation. Rababah et al. (2012) found that the L^* and b^* values of the samples decreased while the a^* values increased when chickpea flour was substituted in corn chips. The increase in a^* color values was attributed to the Maillard reaction. In a study on the use of different chickpea varieties in snack production, Gupta et al. (2019) reported that, in addition to the unique color properties of the chickpea variety, the applied processes during production also affected the color properties of the end product. It was reported that the L^* values of the samples decreased, while the a^* and b^* values increased as a result of the Maillard reaction that occurred during cooking. The results obtained from this study were consistent with the studies in the literature, and it can be said that the changes in color values were a result of the unique color properties of black chickpea flour and the reactions that occur during the cooking of the products. The fact that there is no study on snacks produced with black chickpea flour in the literature highlights the originality of the study.

Table 1. Color values of gluten-free chip-type snacks

Substitution ratio	*L**	*a**	*b**	SI	Hue angle
0%	71.26±0.08^{a}	5.11±0.15^{a}	21.65±0.84^{a}	22.24±0.85^{a}	76.72±0.12^{a}
10%	61.16±3.89^{b}	5.26±1.51^{a}	17.09±0.28^{b}	17.90±0.71^{b}	72.99±4.37^{ab}
20%	54.66±1.42^{bc}	6.18±0.42^{a}	15.30±0.25^{bc}	16.50±0.08^{bc}	67.99±1.68^{ab}
30%	52.55±0.07^{c}	5.90±0.62^{a}	14.69±0.44^{c}	15.83±0.64^{bcd}	68.18±1.49^{ab}
40%	50.89±0.74^{c}	5.28±0.49^{a}	13.98±0.30^{cd}	14.94±0.45^{cd}	69.36±1.35^{ab}
50%	47.06±0.95^{c}	5.78±0.19^{a}	12.49±0.59^{d}	13.76±0.62^{d}	65.14±0.33^{b}

As seen in the Table 1, the SI values of the samples decreased from 22.24 to 13.76 with increasing substitution ratio ($p<0.05$). While the highest hue angle was found as 76.72 in the control sample, the lowest hue value was found as 65.14 in the sample with 50% black chickpea flour substitution ($p<0.05$).

SI values represent the purity of the color (Al-Hooti et al., 2000), and hue angle indicates the tonality and brightness of a sample after applied process (Chaux-Gutiérrez et al., 2017). Higher SI values are related with more in-tense pink or red color, while higher hue angle indicates more-gray-brown color (Lien et al., 2002). Decrease in SI value is a sing of the pigment degradation and loss in vividness (Sapers et al., 1981; De Pilli et al., 2014). Therefore, it can be said that there is a high color loss in chip-type snacks with a higher black chickpea flour substitution. This loss probably due to the Maillard reaction that occurs during the cooking phase.

Black chickpea flour substitution caused a significant decrease in the diameter values of gluten-free chip samples ($p<0.05$) (Table 2). However, the difference between the diameter values of the samples with 40% and 50% substitution rates was not significant. The thickness values of the chip samples varied between 1.27 and 1.48 mm, and differences were found t be insignificant ($p>0.05$). Similar to the diameter values, the spread ratio decreased from 38.59 to 27.42 mm with increasing substitution ratio ($p<0.05$).

Summo et al. (2019) reported that black chickpea flour has a significantly higher dietary fiber content compared to wheat flour and kabuli chickpea flour. Another study reported a 35% increase in dietary fiber content in samples produced by substituting black chickpea flour in wheat semolina pasta (De Pasquale et al., 2021). Furthermore, Yaver (2022) found that the weight values of the bread samples increased with the use of fermented black chickpea flour, noting that this increase was due to the higher water retention capacity of black chickpeas, which is linked to their dietary fiber content. As can be understood from these studies reported in the literature, doughs using black chickpea flour have a high dietary fiber content and a high water-holding capacity. Therefore, the decrease in diameter and spread ratio values of the samples with the increase in black chickpea flour usage in chip samples can be attributed to the increase in their water-holding capacity.

Table 2. Physical and textural properties of gluten-free chip type snacks

Substitution ratio	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Spread ratio	Hardness (g)
0%	48.80±0.42^{a}	1.27±0.10^{a}	38.59±3.29^{a}	653.08±44.21^{e}
10%	47.65±0.21^{ab}	1.32±0.02^{a}	36.31±0.65^{ab}	753.08±7.80^{de}
20%	46.20±0.28^{b}	1.35±0.07^{a}	34.28±2.00^{abc}	871.62±61.23^{cd}
30%	43.26±0.88^{c}	1.38±0.05^{a}	31.50±1.86^{abc}	1047.78±50.61^{bc}
40%	41.09±0.49^{d}	1.46±0.08^{a}	28.26±1.88^{bc}	1178.12±10.84^{ab}
50%	40.42±0.42^{d}	1.48±0.04^{a}	27.42±0.94^{c}	1306.70±80.84^{a}

It was determined that black chickpea flour substitution had an increasing effect on the hardness values of chip samples ($p<0.05$). Increasing the substitution ratio from 0% to 50% increased the hardness values from 653.08 to 1306.70 g (Table 2).

Similarly, De Pasquale et al. (2021) reported that substituting black chickpea flour for wheat semolina in pasta increased the hardness values of the samples from 4.31 N to 4.89 N, and substituting fermented chickpea flour increased the hardness values to 4.80 N, and this increase was found to be statistically significant. In another study, substituting black chickpea flour in bread increased the hardness values of the samples from 2.95 N to 12.39 N (Yaver, 2022). Hardness of 3D-printed and conventionally-produced gluten-free snacks that contained chickpea flour was found higher than that contained lupin flour (Agarwal et al., 2022). Altay et al. (2023) reported that the hardness values of the gluten-free chip samples decreased with an increase in the amount of almond flour, and this was associated with the dietary fiber content of almond flour. Therefore, the increase in hardness values determined in gluten-free chip samples with the use of black chickpea flour can be interpreted as a result of increased dietary fiber content. The results of this study are consistent with those in the literature. Since snacks like chips are expected to maintain their hardness until consumption (Kaplan et al., 2021), it can also be concluded that substituting black chickpea flour improves the textural properties of gluten-free chips.

Sensory analysis results for gluten-free chip samples containing black chickpea flour are shown in Figure 1. The taste values of the samples containing black chickpea flour were generally higher than those of the control sample. However, it was noted that samples with a 40% substitution ratio were more favored (7.98).

While the black chickpea flour substitution negatively affected the odor values, the odor values of all samples were found to be acceptable (>7.5). The relatively small differences between the odor values were also noteworthy (Fig. 1).

As seen in the Fig. 1, the color values of the samples decreased with up to 30% black chickpea flour substitution. Color values were found to increase by 40% and 50%, with the sample containing 50% black chickpea flour (7.70) receiving even higher appreciation than the control sample (7.38).

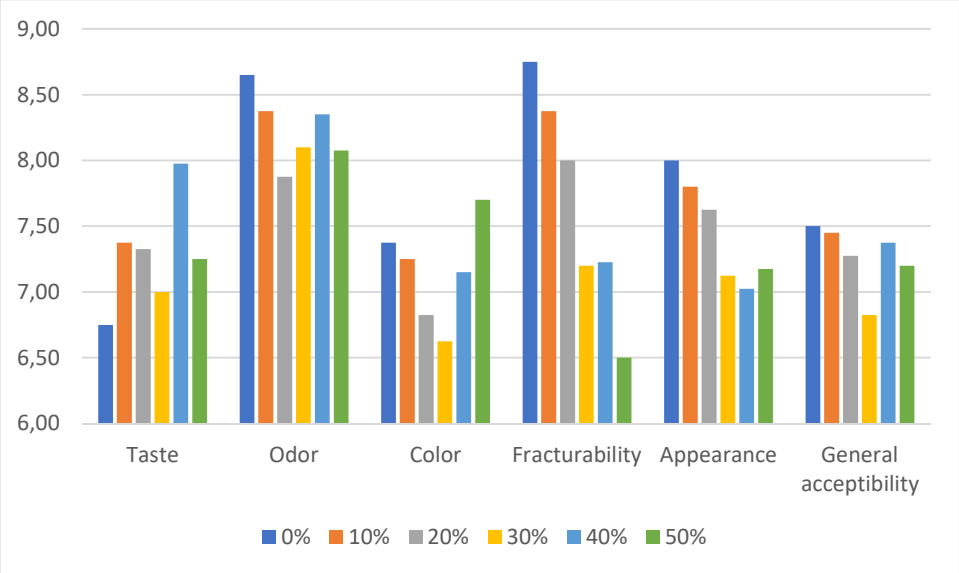


Fig. 1. Sensory evaluation of black chickpea substituted gluten-free chip-type snacks

The highest values for fracturability (8.75) and appearance (8.00) were found in the control sample. The fracturability and appearance values decreased significantly with increasing substitution ratios. However, both fracturability and appearance scores were found to be sensory acceptable (>7) (Fig. 1).

When all samples were evaluated in terms of overall acceptability, the most liked sample was the control sample (7.50), while the least liked sample was the sample with 30% black chickpea flour substitution (6.83). While substituting black chickpea flour up to 30% resulted in a decrease in liking values, the overall liking increases at 40% (7.38) and 50% (7.20) were found to be notable (Fig. 1). This result could be attributed to the consumers' perceptions, which are influenced by the idea that darker colored samples are healthier.

Similarly, Rababah et al. (2012) reported that chickpea flour substitution in corn chips did not negatively affect the sensory properties of the samples. In another study, it was reported that the sensory properties of pasta samples enriched with fermented black chickpeas were higher compared to the control sample, and that the taste of samples containing fermented black chickpeas was perceived better by consumers (De Pasquale et al., 2021). Costantini et al. (2021) found that up to 8% black chickpea flour substitution in gluten-free fresh pasta was sensory acceptable. All these results can be seen as an indication that consumers are preferring new plant-based food formulations that are nutritionally and gastronomically sustainable, healthy, and sensorially acceptable (De Simone et al., 2025).

CONCLUSION

Black chickpeas are a noteworthy pulse due to their high protein and dietary fiber content. Enhancing the nutritional quality of gluten-free food products is essential to reduce the risk of malnutrition among individuals who require gluten-free diets. In this study, black chickpea flour was successfully used to enrich gluten-free chip-type snacks without compromising their physical, textural, or sensory characteristics. Further research is suggested to explore the potential applications of black chickpea flour in gluten-free snack formulations and to investigate its functional and chemical properties.

REFERENCES

AACC. (2010). Approved methods of the AACC International (11th ed.). St. paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.

Agarwal, D., Wallace, A., Kim, E. H. J., Wadamori, Y., Feng, L., Hedderley, D., & Morgenstern, M. P. (2022). Rheological, structural and textural characteristics of 3D-printed and conventionally-produced gluten-free snack made with chickpea and lupin flour. Future Foods, 5, 100134.

Al-Hooti, S. N., Sidhu, J. S., & Al-Saqer, J. M. (2000). Utility of cie tristimulus system in measuring the objective crumb color of high-fiber toast bread formulations. Journal of food quality, 23 (1), 103-116.

Altay, K., Ergün, A. R., Şahin, M., & Deliboran, A. (2023). Physico-mechanical, nutritional, and sensorial properties of gluten-free chips with almond powder dried using different drying methods. Food Science and Engineering, 324-333.

Aslan, M., Olcay, N., Ertaş, N., & Demir, M. K. (2023). Mor havuç tozu ikamesinin cips örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27 (1), 103-112.

Chaux-Gutiérrez, A. M., Santos, A. B., Granda-Restrepo, D. M., & Mauro, M. A. (2017). Foam mat drying of mango: Effect of processing parameters on the drying kinetic and product quality. Drying Technology, 35 (5), 631-641.

Costantini, M., Summo, C., Faccia, M., Caponio, F., & Pasqualone, A. (2021). Kabuli and Apulian black chickpea milling by-products as innovative ingredients to provide high levels of dietary fibre and bioactive compounds in gluten-free fresh pasta. Molecules, 26 (15), 4442.

De Pasquale, I., Verni, M., Verardo, V., Gómez-Caravaca, A. M., & Rizzello, C. G. (2021). Nutritional and functional advantages of the use of fermented black chickpea flour for semolina-pasta fortification. Foods, 10 (1), 182.

De Pilli, T., Giuliani, R., Derossi, A., Severini, C. (2014). Development of Maillard reaction in pasta dried by microwaves. Italian Journal of Food Safety, 26 (2), 183-189.

De Simone, G., Bonfili, L., Eleuteri, A. M., Bordoni, L., & Gabbianelli, R. (2025). Explorative analysis of antioxidant, anti-inflammatory, and intestinal barrier protective effects of *in vitro* digested chickpea-and dark chocolate-based snack: Insights from caco-2 and thp-1 cell models. Antioxidants, 14 (7), 823.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. & Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve deneme metotları. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 295.

Francis, F. J. (1998). Colour analysis In Nielsen, S. S. (Eds.) Food analysis. Maryland, Gaithersnurg, USA: An Aspen Publishers, (Pp: 599-612).

Gupta, S., Liu, C., & Sathe, S. K. (2019). Quality of a chickpea-based high protein snack. Journal of Food Science, 84 (6), 1621-1630.

Kaplan, M., Yüksel, F., & Karaman, K. (2021). In vitro glycemic index, antioxidant capacity and some physicochemical characteristics of deep-fried sorghum based gluten free chips. Journal of Food Science and Technology, 58 (10), 3725-3733.

Kumar, Y., Sharanagat, V. S., Singh, L., & Mani, S. (2020). Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*). Legume Science, 2 (1), e20.

Lien, R., Hunt, M. C., Anderson, S., Kropf, D. H., Loughin, T. M., Dikeman, M. E., & Velazco, J. (2002). Effects of endpoint temperature on the internal color of pork loin chops of different quality. Journal of Food Science, 67 (3), 1007-1010.

Mehtab, W., Agarwal, S., Agarwal, H., Ahmed, A., Agarwal, A., Prasad, S., Chauhan, A., Bhola, A., Singh, N., Ahuja, V., Malhotra, A., & Makharia, G. K. (2024). Gluten-free foods are expensive and nutritionally imbalanced than their gluten-containing counterparts. Indian Journal of Gastroenterology, 43 (3), 668-678.

Pasqualone, A., De Angelis, D., Squeo, G., Difonzo, G., Caponio, F., & Summo, C. (2019). The effect of the addition of Apulian black chickpea flour on the nutritional and qualitative properties of durum wheat-based bakery products. Foods, 8 (10), 504.

Rababah, T. M., Brewer, S., Yang, W., Al-Mahasneh, M. A. J. D. I., Al-U'datt, M. U. H. A. M. M. A. D., Rababa, S., & Ereifej, K. (2012). Physicochemical properties of fortified corn chips with broad bean flour, chickpea flour or isolated soy protein. Journal of Food Quality, 35 (3), 200-206.

Sapers, G. M., Taffer, I., & Ross, L. R. (1981). Functional properties of a food colorant prepared from red cabbage. Journal of Food Science, 46 (1), 105-109.

Shirani, G., & Ganesharanee, R. (2009). Extruded products with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecium*) chickpea and rice: Physical properties, sensory acceptability and glycaemic index. Journal of food engineering, 90 (1), 44-52.

Singh, M., & Mohamed, A. (2007). Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. LWT-Food Science and Technology, 40 (2), 353-360.

Summo, C., De Angelis, D., Rochette, I., Mouquet-Rivier, C., & Pasqualone, A. (2019). Influence of the preparation process on the chemical composition and nutritional value of canned purée of kabuli and Apulian black chickpeas. Heliyon, 5 (3).

Yaver, E. (2022). Nutritional and textural properties and antioxidant activity of breads prepared from immature, mature, germinated, fermented and black chickpea flours. Journal of the Science of Food and Agriculture, 102 (15), 7164-7171.

POSTBİYOTİKLER: GIDA GÜVENLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİM İÇİN YENİ NESİL BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIM

Dr. Öğr. Üyesi Aysun ORAÇ
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü
ORCID: 0000-0002-2974-3356

ÖZET
Postbiyotikler, inaktive edilmiş probiyotik mikroorganizmalar veya bunların metabolik ürünlerinden türetilen, canlı hücre içermeden konakçı sağlığı üzerinde yararlı etkiler gösteren biyoaktif bileşiklerdir. Bileşimlerinde bakteriyosinler, peptitler, organik asitler, yağ asitleri, vitaminler ve enzimler gibi bileşenler bulunmakta; bu moleküller gıda kaynaklı patojenlerin inhibisyonunda ve ürün stabilitesinin korunmasında önemli roller üstlenmektedir. Probiyotiklere kıyasla daha stabil, güvenli, raf ömrü uzun ve üretim koşullarına dayanıklı olmaları, postbiyotiklerin gıda endüstrisinde koruyucu, fonksiyonel ve güvenli bileşenler olarak öne çıkmasını sağlamıştır.
Bu derleme, postbiyotiklerin antimikrobiyal, antioksidan ve immünomodülatör özelliklerinin gıda güvenliğini artırmadaki rolünü kapsamlı biçimde değerlendirmektedir. Postbiyotiklerin süt, et, balık, meyve ve sebze ürünlerinde uygulanması; bozulmayı önleme, raf ömrünü uzatma, duyusal kaliteyi koruma ve patojen kontaminasyonunu azaltma açısından etkili bulunmuştur. Postbiyotik içeren film, kaplama ve yıkama çözeltilerinin kullanımı, sentetik koruyuculara doğal ve çevre dostu bir alternatif sunmakta, kimyasal atık miktarını azaltarak sürdürülebilir gıda üretimine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca postbiyotiklerin üretimi düşük enerji gerektiren ve çevresel yükü minimal düzeyde olan biyoteknolojik bir süreçtir. Canlı mikroorganizma içermemeleri, antibiyotik direnç genlerinin taşınmaması ve enfeksiyon riski oluşturmamaları, onları özellikle bağışıklığı zayıf bireyler ve gelişmekte olan toplumlar için güvenli bir seçenek haline getirmektedir. Bu özellikleriyle postbiyotikler, sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda çevresel, ekonomik ve halk sağlığı yararlarını bir araya getiren yenilikçi bir biyoteknolojik yaklaşımdır. Postbiyotikler, yalnızca gıda güvenliğini artırmakla kalmayıp, sürdürülebilir üretim ve küresel gıda sistemlerinin dirençliliğini destekleyen geleceğin biyolojik koruyucuları olarak değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Postbiyotik, probiyotik, gıda güvenliği, antimikrobiyal, biyoaktif, sürdürülebilir

POSTBIOTICS: A NEXT-GENERATION BIOTECHNOLOGICAL APPROACH FOR FOOD SAFETY AND SUSTAINABLE PRODUCTION

ABSTRACT
Postbiotics are bioactive compounds derived from inactivated probiotic microorganisms or their metabolic products that exert beneficial effects on the host without containing viable cells. Their composition includes bacteriocins, peptides, organic acids, fatty acids, vitamins, and enzymes, all of which play crucial roles in inhibiting foodborne pathogens and maintaining product stability. Compared to probiotics, postbiotics offer greater safety, stability, longer shelf life, and resistance to processing conditions, making them promising, functional, and secure ingredients for the food industry.
This review comprehensively evaluates the antimicrobial, antioxidant, and immunomodulatory properties of postbiotics and their impact on food safety enhancement.

Applications of postbiotics in dairy, meat, fish, fruit, and vegetable products demonstrate their ability to prevent spoilage, extend shelf life, preserve sensory quality, and reduce microbial contamination. The integration of postbiotic-based films, coatings, and washing solutions provides a natural and eco-friendly alternative to synthetic preservatives, minimizing chemical residues and contributing to sustainable food production. Furthermore, the production of postbiotics is an energy-efficient biotechnological process with minimal environmental burden. Their non-viable nature eliminates the risks of antibiotic resistance gene transfer and systemic infections, making them particularly suitable for immunocompromised individuals and populations in developing regions. From a sustainability perspective, postbiotics represent an environmentally and economically viable approach aligned with global development and food security goals. Their multifunctional nature supports the transition toward cleaner production systems, waste reduction, and the development of safe, resilient, and circular food chains. In conclusion, postbiotics not only enhance food safety and quality but also contribute to sustainable development by integrating health, environmental, and economic benefits. As next-generation bioprotective agents, they represent a promising and eco-conscious strategy for the advancement of modern food biotechnology and the global food industry.
Keywords: Postbiotic, probiotic, food safety, antimicrobial, bioactive, sustainable

GİRİŞ

Postbiyotikler, yapılarına, elementel bileşimlerine veya fizyolojik işlevlerine göre geniş bir şekilde sınıflandırılabilen probiyotik bakteriler tarafından üretilen veya metabolik sürecinin bir parçası olarak üretilen ve doğrudan veya dolaylı olarak konakçı üzerinde faydalı bir etkiye sahip olan maddelerdir. ISAPP (Uluslararası Probiyotik ve Prebiyotik Bilim Derneği) ise postbiyotiği "konakçıya sağlık açısından fayda sağlayan cansız mikroorganizmalar ve/veya bileşenlerinden oluşan bir preparat" olarak tanımlamıştır (B. Mishra vd., 2024; Tomičić vd., 2025). Postbiyotikler, inaktive edilmiş mikrobiyal hücrelerin hücre fraksiyonları ve hücre metabolitlerinden oluşmaktadır (Shafipour Yordshahi vd., 2020). Bu yapılar içlerinde proteinler, karbonhidratlar lipitler, organik asitler, bakteriyosinler, enzimler, B kompleks vitaminleri ve diğer kompleks molekülleri barındırır (Tomičić vd., 2025). Mikrobiyal hücreler serbest kaldığında ve konakçının bağırsağında ayrıştığında salgılanırlar ya da fermantasyon sürecinde probiyotik hücreler prebiyotikleri kullanırlar ve çeşitli postbiyotikler üretirler (Homayouni Rad vd., 2021). Ancak günümüzde bu bileşikler ısıl işlem, ultraviyole radyasyon, formalin inaktivasyonu, iyonlaştırıcı radyasyon, yüksek basınç ve sonikasyon gibi yöntemlerle de üretilebilmektedir (Rad vd., 2020).

Postbiyotikler, bağışıklık düzenleyici, enfeksiyon önleme, bağırsak bariyer fonksiyonlarını geliştirme, antioksidan, anti-obezite, anti-hipertansif, anti tümör, antikanser, antimikrobiyal, lipit/kolesterol metabolizması düzenleyici ve antiproliferatif özellikler gibi sağlığa faydalı özellere sahip olmalarının yanı sıra kesin kimyasal yapı, güvenlik profili ve daha uzun raf ömrü sağlama gibi özelliklere de sahiptir (Aguilar-Toalá vd., 2018; Rad, Aghebati-Maleki, Kafil, ve Abbasi, 2021; Rafique vd., 2023). Birçok probiyotik ısı, ışık ya da mide asidi ile aktivitesini kaybederken postbiyotikler bu faktörlere karşı oldukça stabil ve dirençlidir (Bourebaba vd., 2022). Bu sebeple postbiyotiklerin gıda formülasyonlarına dahil edilmeleri ve muhafazaları daha kolaydır. Postbiyotikler canlı hücre içermediği için soğutma vb. muhafaza tekniklerine, ortamın pH'ı gibi faktörlere dikkat edilmeksizin yiyecek ve içeceklere ilave edilebilir (Barros vd., 2020; Moradi vd., 2020).

Postbiyotiklerin diğer avantajı da güvenli olmalarıdır. Probiyotiklerin bağırsaktan kan dolaşımına ve oradan da hayati organlara taşındığını ve bunun sistemik enfeksiyonları tetikleyebileceği bildirilmiştir (Rad, Aghebati-Maleki, Kafil, Gilani, vd., 2021).

Bu sebeple özellikle bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerde enfeksiyon veya aşırı üreme riski vardır. Postbiyotikler canlı mikroorganizma içermediğinden, beraberinde gelen riskler daha düşüktür (Binda vd., 2020). Probiyotiklerin kullanımı ile ilgili diğer bir endişe, bazı probiyotik suşlarının yatay gen aktarımı ile antibiyotik dirençli genleri bulaşıcı mikroorganizmalara taşımasıdır (Puccetti vd., 2020). Direnç genlerinin aktarılamaması nedeniyle, postbiyotikler probiyotiklere göre daha avantajlıdır (Aggarwal vd., 2022). Postbiyotikler, gıdalarda bozulmaya sebep olan ve patojen bakterileri engellemede antibiyotiklere ve kimyasal koruyuculara iyi bir alternatif olabilir. *Bacillus cereus*, *Salmonella enterica* ve *Staphylococcus aureus* gibi gıda kaynaklı patojenik bakterilerin büyümesini engellemede etkili olan çeşitli biyoaktif bileşiklerden kaynaklanan önemli antimikrobiyal özellikler sergilerler (Aghebati-Maleki et al., 2022).

POSTBİYOTİKLER VE GIDA GÜVENLİĞİ

Gıda güvenliği ve dolayısı ile gıda sektörü açısından postbiyotiklerin en önemli bileşenleri, bakteriyosinler, yağ asitleri, peptitler, hidrojen peroksit ve organik asitlerdir (Tomičić vd., 2025).

Peptitler ve Bakteriyosinler

Antimikrobiyal peptitler hücre membranın bozulması, makromolekül üretiminin engellenmesi gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla mikroorganizmaları inhibe ederler (Waghu ve Idicula-Thomas, 2020). Mikroorganizma tarafından üretilen ribozomal peptitler mikrobiyal membranları parçalayarak güçlü bir antimikrobiyal etki gösterir. Peptitler hücre zarı içinde asitlik geliştirme, zarda hücresel içeriğinin sızmasını sağlayan delikler oluşturma, hidrolazlar ile hücre duvarına saldırma ve hücre içi hassas yapılara zarar verme gibi mekanizmalarla antimikrobiyal etki yaratırlar (Hanson vd., 2019). Ribozomal olmayan peptitler de enzim inhibisyonu, bağışıklık modülasyonu ve biyofilm bozulması gibi mekanizmalarla antimikrobiyal aktiviteye katkıda bulunabilirler (Hernández-Granados ve Franco-Robles, 2020).

Güçlü antimikrobiyal aktiviteler gösteren diğer bir peptit yapısı veya protein fraksiyonu ise bakteriyosinlerdir. Antibakteriyel mekanizmaları, sitoplazmik membranı hasara uğratarak patojenlerin büyümesini ve gelişimini engelleme şeklindedir. Diğer bir avantajları ise ısı ve pH'a karşı oldukça dirençli olmalarıdır. Geleneksel antibiyotiklerin aksine bakteriyosinler, aynı ekosistemdeki diğer popülasyonları etkilemeden belirli bir bakteri türünü hedef alarak antimikrobiyal etki gösterir (Vieco-Saiz et al., 2019). Zhang vd. (2020) *Lactobacillus plantarum* LPL-1'den elde edilen bakteriyosinlerin *Listeria monocytogenes* üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmasında bakteriyosinlerin *L. monocytogenes* hücre zarını asitleştirerek ve gözenekler oluşturarak *L. monocytogenes*'in büyümesini engelleyebildiğini tespit etmiştir. Ayrıca ribozomal olarak sentezlenen bakteriyosinin, hücre etkileşimlerini bozma, hücre içi algılama sinyallerinin kaybına neden olma yoluyla patojen bakterilerin biyofilm oluşumunu engellemede etkili olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise *Lactobacillus taiwanensis* tarafından üretilen bakteriyosinlerin *Salmonella gallinarum* ve *Escherichia coli*'nin sitoplazmik membranını hasara uğratarak gelişimlerinin engellendiği tespit edilmiştir (Kim vd., 2020).

Yağ asitleri

Yağ asitleri, doymuş veya doymamış bir karbon zincirine hidrofilik bir karboksilik grubun bağlanması ile açığa çıkmaktadır. Yağ asitleri önemli antibakteriyel etkilere sahip postbiyotikler arasında yer almaktadır (Patil vd., 2019).

Eikosapentaenoik asit, Gram pozitif bakterilerin büyümesini engellerken Laurik ve meristik asitler mikroorganizmaların büyümesi ve gelişimi üzerinde güçlü bir inhibitör etkiye sahiptir (B. Mishra vd., 2024).
Yağ asitleri, hücrenin parçalanması, membran geçirgenliğinin arttırılması, elektron taşıma zincirinin bozulması, enzim yapısının ve aktivitesinin bozulması gibi mekanizmalarla mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki yaratır (Yoon vd., 2018). Higashi vd. (2020) *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus paracasei* tarafından üretilen yağ asitlerinin hücre duvarını parçalayarak *Klebsiella oxytoca*'nın büyümesini engellediğini tespit etmişlerdir.

Hidrojen peroksit
Hidrojen peroksit tüm bakteriler tarafından üretilmekle laktik asit bakterilerinin (LAB) ana metabolitidir (Reid, 2008). Hidrojen peroksitin inhibitör ve antibakteriyel etkisi çeşitli faktörlere bağlı olmakla birlikte genellikle antimikrobiyal etki yaratacak konsantrasyonu ile ilişkilidir. Bu metabolit bu aktiviteyi bakteri üzerine güçlü okside edici etkisi ve hücre içi proteinlere verdiği hasar ile sağlamaktadır (Osborn ve Akoh, 2002). Bu kapsamda Abbasi vd. (2020), çeşitli probiyotik bakterilerin metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*'a karşı antimikrobiyal etkisini araştırmıştır. Araştırma sonunda bakterilerin ürettiği hidrojen peroksit ile Staphylococcus aureus'un büyümesinin engelleyebileceği ifade edilmiştir.

Organik asitler
Organik asitler ortamın pH'ını düşürerek in vitro ve/veya in vivo koşullarda patojenlerin büyümesini engelleyebilmektedir (Mani-López vd., 2012). Bu inhibe edici etki hücre içi asitliğin arttırılması ve zar bütünlüğünün bozulması ile sağlanmaktadır (Šušković vd., 2010). Asetik asit, tartarik asit, sitrik asit ve malik asidin patojenleri inhibe etmedeki rolü hücre içi pH'ı düşürmek iken, laktik asit membran bütünlüğünü azaltır (Mani-López vd., 2012). Yüksek konsantrasyonlarda organik asit ve düşük pH, bozulmaya ve hastalığa neden olan mikroorganizmaların büyümesini engelleyebilir (Kareem vd., 2014). Yapılan bir çalışmada, üç *Lactobacillus plantarum* suşu tarafından üretilen organik asitlerin patojenik bakterilere (*Escherichia coli* ve *Salmonella*) karşı antimikrobiyal etkisi araştırılmış ve organik asitlerin patojenik bakterilerin gelişimini engellediğini bulunmuştur (Hu vd., 2019). Tong ve ark. tarafından yürütülen diğer bir çalışmada ise, *Bacillus amyloliquefaciens* ve *L. plantarum* SN4 tarafından üretilen postbiyotiğin sulu özütünün gıda kaynaklı patojenlere karşı güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiği ve bu özütte ana antibakteriyel bileşenlerin laktik ve asetik asit olduğu bildirilmiştir (Tong vd., 2025).

Vitaminler
Bağırsaktaki probiyotik bakteriler tarafından vitamin üretimi çok düşük olmasına rağmen, özellikle süt ürünleri gibi besin matrislerinde vitaminlerin üretimi önemli ölçüde artmaktadır (Georgieva vd., 2019). İn vitro modellerde, vitamin bileşikleri probiyotik bakterilerin parçalanması ile üretilir (Rossi vd., 2011). C vitamini bakteri hücre zarı lipitlerinin asiditesini artırarak hücre zarının ve hücre duvarının parçalanmasına neden olur (Pedrós-Garrido vd., 2020). C vitamini diğerlerine kıyasla daha büyük bir antimikrobiyal etkiye sahiptir.

POSTBİYOTİKLERİN GIDA ENDÜSTRİSİNDEKİ UYGULAMALARI

Süt ve Süt Ürünleri
Süt ürünleri, probiyotiklerin üremeleri için ideal bir ortama sahiptir (Gao vd., 2021). Ancak, süt bileşiklerinin dış etkenler nedeniyle bozulması, işleme ve depolama boyunca probiyotik suşların hayatta kalmasını olumsuz etkileyebilmektedir (Homayouni-rad vd., 2021).

Süt ürünlerinde postbiyotik kullanımı, süt ürünlerinin güvenliğini artırmanın yeni bir yoludur. Postbiyotikler, süt ürünlerinin korunması ve paketlenmesi için probiyotiklere bir alternatif sunarak endüstride karşılaşılan probiyotiklerle ilişkili sınırlamaların önüne geçmektedir. Postbiyotikler, fermente süt üretimi sırasında postbiyotikler, nihai ürünün duyusal ve fizikokimyasal özelliklerini olumlu yönde etkileyerek daha iyi doku, stabilite ve verim sağlayabilir (Aguilar-Toalá vd., 2018). Ancak postbiyotiklerin geliştirildikleri ortam süt ürünlerinde kullanımı kısıtlayabilmektedir. Nitekim yapılan bir araştırmada MRS ile hazırlanan postbiyotiklerin ürünün duyusal özelliklerini önemli ölçüde etkilediği ve bu durumun tüketici kabulü üzerinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır (Moradi, Mardani, vd., 2019). Diğer bir araştırmada sütte geliştirilen üç probiyotik suştan hazırlanan postbiyotiklerin yarı sert peynir ve ekşi kremada mantar bozulmasını önlemedeki etkisi araştırılmış ve duyusal özellikler etkilenmeden mantar popülasyonları önemli ölçüde azalmıştır (Guilhaumou vd., 2019).

Lactobacillus, *Pediococcus* ve *Saccharomyces* cinsleri süt ürünlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. *L. plantarum*, çeşitli metabolitler üreterek mantar büyümesini engellemekte ve hatta bazı metabolitler yoluyla mikotoksinleri bağlamaktadır (Fahim vd., 2021). *Pediococcus* cinsi, ısıya ve aside dirençli bir bileşik olan pediosin ürettiği için süt ürünlerinde kullanıma uygundur (Gutiérrez-Cortés vd., 2018). *P. pentosaceus* tarafından üretilen bakteriyosinler *L. monocytogenes* gibi gram pozitif bakterileri inhibe ettiği için gıda ambalajlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Jutinico-Shubach vd., 2020). *Saccharomyces* türlerinden elde edilen postbiyotikler, poliaminler, organik asitler, proteazlar, biyoaktif peptitler, B vitaminleri gibi çok sayıda bileşen içerirler (Chan ve Liu, 2022). *Saccharomyces* postbiyotikleri, proteolitik etkileri sebebi ile peynir gibi ürünlerin ürünlerinin olgunlaşma sürecini dolayısı ile duyusal özelliklerini direkt etkilemektedir (Calasso et al., 2017).

Postbiyotiklerin uygulanmasıyla ilgili olarak en kapsamlı şekilde çalışılan süt ürünü peynirdir. Postbiyotiklerin fungal-bakteriyel bozulma ve patojen karşıtı etkileri tüm peynir türlerinde yaygın olarak kullanılmasına sebep olmuştur. *Lactobacillus casei* ATCC 39392'nin liyofilize formdaki postbiyotikleri ile yapılan bir çalışmada postbiyotikler *E. coli* ATCC 25922 aşılanmış ticari sterilize süte eklenmiştir. 800 mg/mL miktarında ilave edilen postbiyotikler antimikrobiyal etki yaratmış, 4 °C'de 5 günlük depolamanın ardından *E. coli*'de 0,83 log kob/ml'lik bir azalma gözlemlenmiştir (Hossain vd., 2021). Diğer bir araştırmada çeşitli bakteriyosinlerin peynirdeki geç şişme bozulmasının önlenmesinde oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Ávila vd., 2014). Garnier vd. (2019) ise süt ve süt permeatında geliştirilen laktik asit bakterisinden hazırlanmış postbiyotikleri ekşi krema ve peynirde mantar gelişimini engellemek için kullanmış ve özellikle peynirin mantar popülasyonu önemli ölçüde azalmıştır. Postbiyotikler *Aspergillus* spp., *L. monocytogenes* ve *E. coli* gibi mikroorganizmaları kontrol altına almak için süt tozu (Fahim vd., 2021), tam yağlı süt (Hartmann vd., 2011), peynir (Calasso vd., 2017) ve yoğurt (Lakhlifi vd., 2021) gibi süt ürünlerinde kullanılmıştır. Pecorino peyniri üzerine yapılan bir araştırmada *L. casei* LC01, *H. alvei* ATCC 51815, *D. hansenii* DSM70590 ve *S. cerevisiae* A4 postbiyotiklerinin liyofilize formları kullanılmış ve çoklu postbiyotik uygulaması peynir mikrobiotasını olumlu yönde etkilerken olgunlaşma periyodunun sonunda maya ve küfler üzerinde yüksek antimikrobiyal etki gözlemlenmiştir (Calasso vd., 2017). Diğer bir çalışmada *P. acidophilus* ATCC 25741, *Streptococcus thermophilus* NCFB 2392, *Lactococcus lactis subsp. lactis* IL 1403 ve *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* DSMZ 20346 postbiyotiklerinin farklı gıda kaynaklı patojenler tarafından biyojenik aminlerin üretimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Postbiyotikler sayesinde patojenler tarafından tiramin üretimi %50'ye varan seviyelerde kısıtlanmıştır (Toy vd., 2015).

Peynir gibi süt ürünlerinde postbiyotik uygulamanın diğer bir yolu postbiyotik içeren kaplama ya da film üretmektir. Postbiyotik içeren filmler ve kaplamalarda postbiyotik metabolitlerin kontrollü salınımı ve postbiyotik ile gıda matrisi arasında doğrudan temas olmaması, antimikrobiyal performanslarını artırabilir. Nitekim *P. pentosaceus* 147'nin postbiyotiklerinin ilave edildiği kitosan kaplamanın taze peynirin depolama sürecinde *L. monocytogenes*'in büyümesini engellediğini görülmüştür (Jutinico-Shubach vd., 2020). Başka bir çalışmada, *L. plantarum*'un çeşitli suşlarından elde edilen postbiyotikleri içeren filmler Penicillium spp. aşılanmış dilimlenmiş peynir üzerine uygulanmış ve güçlü antifungal etkiler gözlemlenmiştir (Dopazo vd., 2022). Sharafi vd. (2022) *L. acidophilus* LA5 ve *B. animalis* BB1 postbiyotiklerini sıvı formda mozzarella geleneksel koruma solüsyonunun yerine kullanmış ve postbiyotiklerin depolama sırasında mozzarellanın mikrobiyal kalitesinin korunmasında önemli bir etki yarattığı bildirilmiştir.

Et ve Et Ürünleri

Son araştırmalar probiyotiklerin et ürünlerinde gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini azalttığını doğrulamıştır. Güvenli, ısıya dayanıklı ve patojen mikroorganizmalara karşı etkili olan probiyotik metabolitlerinin et ürünleri üretiminde kullanım potansiyeli yüksektir (Munekata vd., 2022). Antimikrobiyal içeriğe sahip postbiyotikler balık, et kıyması gibi ürünlerde direkt ya da spreyleme yöntemi ile kullanılabileceği gibi fileto balık, et dilimi gibi ürünlerde kaplama formülasyonuna dahil edilmeleri daha fonksiyonel olmaktadır. Et, et ürünleri ve deniz ürünleri söz konusu olduğunda, *L. plantarum*, *Lactococcus lactis* ve *Pediococcus acidilactici* postbiyotik üretimi için en çok çalışılan LAB arasında yer alırken, kümes hayvanlarında çeşitli LAB suşları kullanılmıştır. *L. plantarum*'un birçok suşu antimikrobiyal etkiyi ürettiği bakteriyosinle sağlarken *L. paracasei*'nin antimikrobiyal aktivitesi peptitler, organik asitler ve çeşitli fenolik bileşikler kaynaklıdır (G. Hamad vd., 2022).

Gómez-Sala vd. (2016) *Lactobacillus curvatus* BCS35 tarafından üretilen postbiyotiği taze balıklar üzerine uygulamış ve buzdolabında muhafaza edilen balıkların muhafazasını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Koo vd. (2015) ise *Leuconostoc* spp.'den elde edilen liyofilize postbiyotikleri kıymaya uygulamış ve kıymadaki arka plan mikroorganizmalarının ve *E. coli* O157:H7'nin büyümesini en aza indirdiğini bildirmiştir. Kıyma üzerine yapılan bir diğer araştırmada kıymaya *L. salivarius* postbiyotiği eklenmiş ve 4 ◦C'de 9 günlük depolama sürecinde psikrotrofik bakteri sayısında >2 log azalma bildirilmiştir (Moradi, Tajik, vd., 2019). Diğer bir araştırmada 11 LAB suşundan hazırlanan postbiyotiklerin çiğ sığır etindeki yedi gıda kaynaklı patojen suşuna karşı etkileri incelendi. Sonuçlar, *L. plantarum* NRRL B-4496 postbiyotiklerinin *Salmonella Typhimurium* ve *L. monocytogenes* popülasyonu üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermiştir (Arrioja-Bretón vd., 2020). *Lactobacillus rhamnosus* EMCC 1105'in postbiyotikleri ise tavuk kıymasında 6 ◦C'de depolamanın 4. gününde *Clostridium perfringens*'i ortadan kaldırmıştır (G. M. Hamad vd., 2020).

Et matrisinin etkilerini azaltmak için postbiyotikler kaplama şeklinde de et yüzeyine uygulanmaktadır. Örneğin, *L. paracasei* ATCC 55544 postbiyotikleri %8 oranında kaplama solüsyonuna dahil edilerek kuzu eti örnekleri kaplandığında 4 °C'de 10 günlük depolamanın sonunda yüksek antimikrobiyal etkinlik tespit edilmiştir (Ozma vd., 2023). Benzer şekilde *L. plantarum* Lp6SH ve *L. rhamnosus* Yoba postbiyotikleri daldırma solüsyonundaki tropikal pembe karideslere eklendi ve termotolerant koliformlar ve stafilokoklarda 1,5-2 log kob/g'lık bir azalma gözlemlendi (Nga Ombede vd., 2019). Shafipour Yordshahi vd. (2020) ise *L. plantarum* ATCC 14917'den elde edilen postbiyotikleri bakteriyel nanoselüloz bazlı filme dahil etmiş 4°C'de depolamanın dokuzuncu gününde *L. monocytogenes*'te yaklaşık 5 log kob/g'lık bir azalma olduğunu gözlemlenmiştir.

Sebze ve Meyveler

Probiyotiklerin doğrudan meyve sebze matrisine ilave edilmesi organik asit üretimi sebebi ile meyve sebzenin rengi ve duyusal özelliklerini olumsuz etkileyebilir (Speranza vd., 2018). Elma gibi meyvelerde ise probiyotiklerin pektolitik aktivitesi sebebi ile meyvede yumuşaklık artabilir (Bustos vd., 2023). Bu sebeple postbiyotik kullanımı bu dezavantajlara iyi bir çözüm sunabilir. Postbiyotiklerin sahip olduğu bakteriyosinler, meyve ve sebzelerin korunmasına yardımcı olurken (Kumariya vd., 2019) ekzopolisakkaritler meyve ve sebzelerin lezzet ve dokusu olumlu yönde etkileyebilir (Badea vd., 2022). Örneğin bir araştırmada *Leuconostoc* suşlarından elde edilen postbiyotikler, MRS sıvı besiyerinde hazırlanmış ve doğrudan ıspanak yapraklarına uygulanmıştır. Suşlar arasında, PM36 postbiyotikleri en güçlü antibakteriyel etkiyi gösterirken, 4 °C'de 5 gün depolamanın ardından, PM36 postbiyotikleri, kontrole kıyasla duyusal özelliklerde önemli bir değişiklik olmaksızın, *E. coli* ve *L. monocytogenes* popülasyonunu sırasıyla 1,5 ve 1 log kob/g azaltmıştır (Thangavel ve Subramaniyam, 2019). Farklı postbiyotiklerin antifungal özellikleri de kapsamlı bir şekilde araştırılmış olup, özellikle meyvelerdeki fungal bozulmaya önemli ölçüde katkıda bulunan *Penicillium* ve *Aspergillus* spp.'ye odaklanılmıştır. Bir çalışmada, dokuz LAB postbiyotik suşu MRS besiyerinde hazırlanmış ve daha sonra *Penicillium expansum* ve *Aspergillus flavus* ile aşılanmış domatesler için doğal koruyucu olarak kullanılmıştır. En etkili antifungal aktivite, *L. plantarum* TR7 ve *L. plantarum* TR71'den elde edilen postbiyotiklerde gözlenmiştir. Bu postbiyotikler, mikrobiyal sayıyı kontrole kıyasla 1,98-3,89 log10 spor/g azaltmıştır (Luz vd., 2020). Güvenli LAB postbiyotikleri, meyve sebze endüstrinde gıda yıkama dezenfektanı gibi çözelti formunda da kullanılabilir. Örneğin, *Lactobacillus brevis* WK12 ve *Leuconostoc mesenteroides* WK32 postbiyotikleri, üzüm çekirdeği ekstresi ile beraber yıkama çözeltisinde kullanılmış ve yapraklı sebzelerin doğal mikrobiyotasında >1,5 log; gıda kaynaklı patojenlerde (*Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes*) ise 3 loga yakın bir azalma sağlamıştır (Lee vd., 2016). Buna göre, üzüm çekirdeği ekstresi ve postbiyotiklerin kombine çözeltisi, sebzelerin mikrobiyal dekontaminasyonu için klor bazlı dezenfektanlara güvenli ve doğal bir alternatif olarak işlev görebilir. Meyve ve sebzelerin tazeliğini ve kalitesini korumak için diğer bir yöntem de polimerli veya polimersiz bir daldırma tekniği kullanarak postbiyotik uygulamaktır. Yapılan bir çalışmada (Khalil vd., 2020), mısır nişastası, *L. plantarum*'dan elde edilen postbiyotikleri dahil etmek için bir polimer olarak kullanılmıştır. Bu kombinasyonun antibakteriyel etkileri, iki farklı mevsimde domateslerde araştırılmıştır. 5 °C'de 14 gün bekletildikten sonra, ilk mevsimde domateslerde 1,4 ila 2,48 log kob/g arasında değişen bir azalma gözlemlenirken, ikinci mevsimde 1,18-2,22 log kob/g arasında bir azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, vitamin içeren postbiyotikler, dilimlenme esnasında oluşan vitamin ve besin kaybını telafisinde etkili olabilir (Badea vd., 2022).

GELECEK BEKLENTİLERİ VE SONUÇ

Postbiyotikler, gıda güvenliğini artırmak, kimyasal koruyuculara olan bağımlılığı azaltmak ve sürdürülebilir üretim sistemlerine geçişi desteklemek açısından umut vadeden biyoteknolojik bileşiklerdir. Probiyotiklerin sahip olduğu canlılık gereksinimi, stabilite ve güvenlik kısıtlamalarını ortadan kaldıran postbiyotikler, ısıl işlem, pH değişimi ve depolama koşullarına karşı yüksek dirençleriyle endüstriyel uygulamalarda önemli avantajlar sunmaktadır. Antimikrobiyal, antioksidan ve immünomodülatör aktiviteleri sayesinde hem patojenlerin kontrolünde hem de ürün kalitesinin korunmasında etkili olmaları, onları fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde stratejik bir bileşen haline getirmektedir. Gıda sistemlerinde postbiyotiklerin daha yaygın kullanımı, özellikle süt, et, meyve ve sebze gibi bozulmaya açık ürünlerde mikrobiyal riskleri azaltarak gıda israfının önlenmesine katkı sağlayabilir.

Bu yönüyle postbiyotikler yalnızca bir güvenlik aracı değil, aynı zamanda ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği güçlendiren bir biyoteknolojik yenilik olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, postbiyotiklerin biyoaktif bileşiminin üretildikleri mikroorganizmaya, ortam koşullarına ve inaktivasyon yöntemine bağlı olarak değişkenlik göstermesi, standardizasyon ve mevzuat açısından çözülmesi gereken önemli bir konudur. Gelecekte, postbiyotiklerin üretim süreçlerinin optimize edilmesi, etki mekanizmalarının moleküler düzeyde açıklığa kavuşturulması ve güvenlik profillerinin farklı gıda matrislerinde sistematik biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, postbiyotiklerin sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle entegrasyonu, özellikle düşük gelirli ve gelişmekte olan bölgelerde gıda güvencesine yönelik kalıcı çözümler geliştirilmesine olanak sağlayacaktır. Bu bağlamda, akademi–endüstri iş birlikleri ve politika destekli Ar-Ge faaliyetleri, postbiyotiklerin gelecekte gıda güvenliği, halk sağlığı ve çevre dostu üretim sistemleri açısından küresel ölçekte dönüştürücü bir role sahip olmasını mümkün kılacaktır.

KAYNAKLAR

Abbasi, M., Dolatabadi, S., Ghorbannezhad, G., Sharifi, F., & Rahimi, H. R. (2020). The role of probiotics in inhibition mechanism of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *McGill Journal of Medicine*, *18*(1). https://doi.org/10.26443/mjm.v18i1.156

Aggarwal, S., Sabharwal, V., Kaushik, P., Joshi, A., Aayushi, A., & Suri, M. (2022). Postbiotics: From emerging concept to application. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.887642

Aghebati-Maleki, L., Hasannezhad, P., Abbasi, A., & Khani, N. (2022). Antibacterial, antiviral, antioxidant, and anticancer activities of postbiotics: A review of mechanisms and therapeutic perspectives. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, *12*(2). https://doi.org/10.33263/BRIAC122.26292645

Aguilar-Toalá, J. E., Garcia-Varela, R., Garcia, H. S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A. F., Vallejo-Cordoba, B., & Hernández-Mendoza, A. (2018). Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science and Technology*, *75*. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.009

Arrioja-Bretón, D., Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2020). Antimicrobial activity and storage stability of cell-free supernatants from lactic acid bacteria and their applications with fresh beef. *Food Control*, *115*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107286

Ávila, M., Gómez-Torres, N., Hernández, M., & Garde, S. (2014). Inhibitory activity of reuterin, nisin, lysozyme and nitrite against vegetative cells and spores of dairy-related *Clostridium* species. *International Journal of Food Microbiology*, *172*. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.002

Badea, F., Diguță, C. F., & Matei, F. (2022). The use of lactic acid bacteria and their metabolites to improve the shelf life of perishable fruits and vegetables. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, *26*.

Barros, C. P., Guimarães, J. T., Esmerino, E. A., Duarte, M. C. K., Silva, M. C., Silva, R., Ferreira, B. M., Sant'Ana, A. S., Freitas, M. Q., & Cruz, A. G. (2020). Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. *Current Opinion in Food Science*, *32*. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.12.003

Binda, S., Hill, C., Johansen, E., Obis, D., Pot, B., Sanders, M. E., Tremblay, A., & Ouwehand, A. C. (2020). Criteria to Qualify Microorganisms as "Probiotic" in Foods and Dietary Supplements. *Frontiers in Microbiology*, *11*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01662

Bourebaba, Y., Marycz, K., Mularczyk, M., & Bourebaba, L. (2022). Postbiotics as potential new therapeutic agents for metabolic disorders management. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 153. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113138

Bustos, A. Y., Font, G., & Taranto, M. P. (2023). Fruit and vegetable snacks as carriers of probiotics and bioactive compounds: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, *58*(6). https://doi.org/10.1111/ijfs.16400

Calasso, M., Mancini, L., De Angelis, M., Conte, A., Costa, C., Del Nobile, M. A., & Gobbetti, M. (2017). Multiple microbial cell-free extracts improve the microbiological, biochemical and sensory features of ewes' milk cheese. *Food Microbiology*, *66*. https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.011

Chan, M. Z. A., & Liu, S. Q. (2022). Fortifying foods with synbiotic and postbiotic preparations of the probiotic yeast, *Saccharomyces boulardii*. *Current Opinion in Food Science*, 43. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.12.009

Dopazo, V., Luz, C., Calpe, J., Vila-Donat, P., Rodríguez, L., & Meca, G. (2022). Antifungal properties of whey fermented by lactic acid bacteria in films for the preservation of cheese slices. *International Journal of Dairy Technology*, *75*(3). https://doi.org/10.1111/1471-0307.12847

Fahim, K. M., Badr, A. N., Shehata, M. G., Hassanen, E. I., & Ahmed, L. I. (2021). Innovative application of postbiotics, parabiotics and encapsulated *Lactobacillus plantarum* RM1 and *Lactobacillus paracasei* KC39 for detoxification of aflatoxin M1 in milk powder. *Journal of Dairy Research*, *88*(4). https://doi.org/10.1017/S002202992100090X

Gao, J., Li, X., Zhang, G., Sadiq, F. A., Simal-Gandara, J., Xiao, J., & Sang, Y. (2021). Probiotics in the dairy industry—Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *20*(4). https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755

Garnier, L., Mounier, J., Lê, S., Pawtowski, A., Pinon, N., Camier, B., Chatel, M., Garric, G., Thierry, A., Coton, E., & Valence, F. (2019). Development of antifungal ingredients for dairy products: From in vitro screening to pilot scale application. *Food Microbiology*, *81*, 97-107. https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.003

Georgieva, V., Kamolvit, W., Herthelius, M., Lüthje, P., Brauner, A., & Chromek, M. (2019). Association between vitamin D, antimicrobial peptides and urinary tract infection in infants and young children. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, *108*(3). https://doi.org/10.1111/apa.14499

Gómez-Sala, B., Herranz, C., Díaz-Freitas, B., Hernández, P. E., Sala, A., & Cintas, L. M. (2016). Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin. *International Journal of Food Microbiology*, *223*. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.005

Guilhaumou, R., Benaboud, S., Bennis, Y., Dahyot-Fizelier, C., Dailly, E., Gandia, P., Goutelle, S., Lefeuvre, S., Mongardon, N., Roger, C., Scala-Bertola, J., Lemaitre, F., & Garnier, M. (2019). Optimization of the treatment with beta-lactam antibiotics in critically ill patients - Guidelines from the French Society of Pharmacology and Therapeutics (Société Française de Pharmacologie et Thérapeutique - SFPT) and the French Society of Anaesthesia and Intensive Care Medicine (Société Française d'Anesthésie et Réanimation - SFAR). *Critical Care*, *23*(1). https://doi.org/10.1186/s13054-019-2378-9

Gutiérrez-Cortés, C., Suarez, H., Buitrago, G., Nero, L. A., & Todorov, S. D. (2018). Characterization of bacteriocins produced by strains of Pediococcus pentosaceus isolated from Minas cheese. *Annals of Microbiology*, *68*(6). https://doi.org/10.1007/s13213-018-1345-z

Hamad, G. M., Abdelmotilib, N. M., Darwish, A. M. G., & Zeitoun, A. M. (2020). Commercial probiotic cell-free supernatants for inhibition of Clostridium perfringens poultry meat infection in Egypt. *Anaerobe*, *62*. https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2020.102181

Hamad, G., Ombarak, R. A., Eskander, M., Mehany, T., Anees, F. R., Elfayoumy, R. A., Omar, S. A., Lorenzo, J. M., & Abou-Alella, S. A. E. (2022). Detection and inhibition of *Clostridium botulinum* in some Egyptian fish products by probiotics cell-free supernatants as bio-preservation agents. *LWT*, *163*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113603

Hanson, M. A., Dostálová, A., Ceroni, C., Poidevin, M., Kondo, S., & Lemaitre, B. (2019). Synergy and remarkable specificity of antimicrobial peptides in vivo using a systematic knockout approach. *eLife*, *8*. https://doi.org/10.7554/eLife.44341

Hartmann, H. A., Wilke, T., & Erdmann, R. (2011). Efficacy of bacteriocin-containing cell-free culture supernatants from lactic acid bacteria to control *Listeria monocytogenes* in food. *International Journal of Food Microbiology*, *146*(2). https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.02.031

Hernández-Granados, M. J., & Franco-Robles, E. (2020). Postbiotics in human health: Possible new functional ingredients? *Food Research International*, *137*. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109660

Higashi, B., Mariano, T. B., de Abreu Filho, B. A., Gonçalves, R. A. C., & de Oliveira, A. J. B. (2020). Effects of fructans and probiotics on the inhibition of Klebsiella oxytoca and the production of short-chain fatty acids assessed by NMR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, *248*. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116832

Homayouni Rad, A., Aghebati Maleki, L., Samadi Kafil, H., & Abbasi, A. (2021). Postbiotics: A novel strategy in food allergy treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(3). https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1738333

Homayouni-rad, A., Oroojzadeh, P., & Abbasi, A. (2021). The Effect of Yeast *Kluyveromyces marxianus* as a Probiotic on the Microbiological and Sensorial Properties of Set Yoghurt during Refrigerated Storage. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*, *20*(2). https://doi.org/10.52547/jarums.20.2.254

Hossain, M. I., Mizan, M. F. R., Roy, P. K., Nahar, S., Toushik, S. H., Ashrafudoulla, M., Jahid, I. K., Lee, J., & Ha, S. Do. (2021). *Listeria monocytogenes* biofilm inhibition on food contact surfaces by application of postbiotics from *Lactobacillus curvatus* B.67 and *Lactobacillus plantarum* M.2. *Food Research International*, *148*. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110595

Hu, C. H., Ren, L. Q., Zhou, Y., & Ye, B. C. (2019). Characterization of antimicrobial activity of three *Lactobacillus plantarum* strains isolated from Chinese traditional dairy food. *Food Science and Nutrition*, *7*(6). https://doi.org/10.1002/fsn3.1025

Jutinico-Shubach, A., Gutiérrez-Cortés, C., & Suarez, H. (2020). Antilisterial activity of chitosan-based edible coating incorporating cell-free supernatant from *Pediococcus pentosaceus* 147 on the preservation of fresh cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(9). https://doi.org/10.1111/jfpp.14715

Kareem, K. Y., Ling, F. H., Chwen, L. T., Foong, O. M., & Anjas Asmara, S. (2014). Inhibitory activity of postbiotic produced by strains of *Lactobacillus plantarum* using reconstituted media supplemented with inulin. *Gut Pathogens*, *6*(1). https://doi.org/10.1186/1757-4749-6-23

Khalil, O. A. A., Mounir, A. M., & Hassanien, R. A. (2020). Effect of gamma irradiated *Lactobacillus* bacteria as an edible coating on enhancing the storage of tomato under cold storage conditions. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *13*(1). https://doi.org/10.1080/16878507.2020.1723886

Kim, S. W., Ha, Y. J., Bang, K. H., Lee, S., Yeo, J. H., Yang, H. S., Kim, T. W., Lee, K. P., & Bang, W. Y. (2020). Potential of bacteriocins from *Lactobacillus taiwanensis* for producing bacterial ghosts as a next generation vaccine. *Toxins*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/toxins12070432

Koo, O. K., Kim, S. M., & Kang, S. H. (2015). Antimicrobial potential of *Leuconostoc* species against E. coli O157:H7 in ground meat. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, *58*(6). https://doi.org/10.1007/s13765-015-0112-0

Kumariya, R., Garsa, A. K., Rajput, Y. S., Sood, S. K., Akhtar, N., & Patel, S. (2019). Bacteriocins: Classification, synthesis, mechanism of action and resistance development in food spoilage causing bacteria. *Microbial Pathogenesis*, *128*. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.002

Lakhlifi, T., Es-Sbata, I., Eloirdi, S., El Aamri, L., Zouhair, R., & Belhaj, A. (2021). Biopreservation of yogurt against fungal spoilage using cell-free supernatant of *Lactiplantibacillus pentosus* 22B and characterization of its antifungal compounds. *Food Biotechnology*, *35*(4). https://doi.org/10.1080/08905436.2021.1980004

Lee, K. J., Park, H. W., Choi, E. J., & Chun, H. H. (2016). Effects of CFSs produced by lactic acid bacteria in combination with grape seed extract on the microbial quality of ready-to-eat baby leaf vegetables. *Cogent Food and Agriculture*, *2*(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1268742

Luz, C., D'Opazo, V., Quiles, J. M., Romano, R., Mañes, J., & Meca, G. (2020). Biopreservation of tomatoes using fermented media by lactic acid bacteria. *LWT*, *130*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109618

Mani-López, E., García, H. S., & López-Malo, A. (2012). Organic acids as antimicrobials to control Salmonella in meat and poultry products. *Food Research International*, *45*(2). https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.043

Mishra, B., Mishra, A. K., Mohanta, Y. K., Yadavalli, R., Agrawal, D. C., Reddy, H. P., Gorrepati, R., Reddy, C. N., Mandal, S. K., Shamim, M. Z., & Panda, J. (2024). Postbiotics: the new horizons of microbial functional bioactive compounds in food preservation and security. *Food Production, Processing and Nutrition*,*6*(1). BioMed Central Ltd. https://doi.org/10.1186/s43014-023-00200-w

Moradi, M., Kousheh, S. A., Almasi, H., Alizadeh, A., Guimarães, J. T., Yılmaz, N., & Lotfi, A. (2020). Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *19*(6), 3390-3415. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12613

Moradi, M., Mardani, K., & Tajik, H. (2019). Characterization and application of postbiotics of *Lactobacillus* spp. on *Listeria monocytogenes* in vitro and in food models. *LWT*, *111*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.072

Moradi, M., Tajik, H., Mardani, K., & Ezati, P. (2019). Efficacy of lyophilized cell-free supernatant of *Lactobacillus salivarius* (Ls-bu2) on *Escherichia coli* and shelf life of ground beef. *Veterinary Research Forum*, *10*(3). https://doi.org/10.30466/vrf.2019.101419.2417

Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Tomasevic, I., Domínguez, R., da Silva Barretto, A. C., Santos, E. M., & Lorenzo, J. M. (2022). Functional fermented meat products with probiotics—A review. *Journal of Applied Microbiology*, *133*(1). https://doi.org/10.1111/jam.15337

Nga Ombede, S. N., Kaktcham, P. M., Seydi, M., & Zambou Ngoufack, F. (2019). Changes in sensory, physicochemical, and microbiological properties of fresh captured tropical pink shrimps (*Penaeus duorarum notialis*) inoculated with *Lactobacillus plantarum* Lp6SH, *Lactobacillus rhamnosus* Yoba, and their cell-free culture supernatants during storage at 4°C. *Journal of Food Safety*, *39*(1). https://doi.org/10.1111/jfs.12579

Osborn, H. T., & Akoh, C. C. (2002). Structured lipids-novel fats with medical, nutraceutical, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *1*(3). https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00010.x

Ozma, M. A., Abbasi, A., & Sabahi, S. (2023). Characterization of Postbiotics Derived from *Lactobacillus paracasei* ATCC 55544 and its Application in Malva sylvestris Seed Mucilage Edible Coating to the Improvement of the Microbiological, and Sensory Properties of Lamb Meat During Storage. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, *13*(3). https://doi.org/10.33263/BRIAC133.267

Patil, S., Sawant, S., Hauff, K., & Hampp, G. (2019). Validated Postbiotic Screening Confirms Presence of Physiologically-Active Metabolites, Such as Short-Chain Fatty Acids, Amino Acids and Vitamins in Hylak® Forte. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *11*(4). https://doi.org/10.1007/s12602-018-9497-5

Pedrós-Garrido, S., Clemente, I., Calanche, J. B., Condón-Abanto, S., Beltrán, J. A., Lyng, J. G., Brunton, N., Bolton, D., & Whyte, P. (2020). Antimicrobial activity of natural compounds against listeria spp. and their effects on sensory attributes in salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Food Control*, *107*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106768

Puccetti, M., Xiroudaki, S., Ricci, M., & Giovagnoli, S. (2020). Postbiotic-enabled targeting of the host-microbiota-pathogen interface: Hints of antibiotic decline? *Pharmaceutics*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12070624

Rad, A. H., Abbasi, A., Kafil, H. S., & Ganbarov, K. (2020). Potential Pharmaceutical and Food Applications of Postbiotics: A Review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, *21*(15). https://doi.org/10.2174/1389201021666200516154833

Rad, A. H., Aghebati-Maleki, L., Kafil, H. S., & Abbasi, A. (2021). Molecular mechanisms of postbiotics in colorectal cancer prevention and treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *61*(11). https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765310

Rad, A. H., Aghebati-Maleki, L., Kafil, H. S., Gilani, N., Abbasi, A., & Khani, N. (2021). Postbiotics, as dynamic biomolecules, and their promising role in promoting food safety. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, *11*(6). AMG Transcend Association. https://doi.org/10.33263/BRIAC116.1452914544

Rafique, N., Jan, S. Y., Dar, A. H., Dash, K. K., Sarkar, A., Shams, R., Pandey, V. K., Khan, S. A., Amin, Q. A., & Hussain, S. Z. (2023). Promising bioactivities of postbiotics: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, *14*. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100708

Reid, G. (2008). Probiotic Lactobacilli for urogenital health in women. *Journal of clinical gastroenterology: 42*(3). https://doi.org/10.1097/mcg.0b013e31817f1298

Rossi, M., Amaretti, A., & Raimondi, S. (2011). Folate production by probiotic bacteria. *Nutrients*, *3*(1). https://doi.org/10.3390/nu3010118

Shafipour Yordshahi, A., Moradi, M., Tajik, H., & Molaei, R. (2020). Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nanopaper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, *321*. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108561

Sharafi, H., Moradi, M., & Amiri, S. (2022). Application of Cheese Whey Containing Postbiotics of *Lactobacillus acidophilus* LA5 and *Bifidobacterium animalis* BB12 as a Preserving Liquid in High-Moisture Mozzarella. *Foods*, *11*(21). https://doi.org/10.3390/foods11213387

Speranza, B., Campaniello, D., Bevilacqua, A., Altieri, C., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R. (2018). Viability of Lactobacillus plantarum on fresh-cut chitosan and alginate-coated apple and melon pieces. *Frontiers in Microbiology*, *9*(OCT). https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02538

Šušković, J., Kos, B., Beganović, J., Pavunc, A. L., Habjanič, K., & Matoć, S. (2010). Antimicrobial activity - The most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. *Food Technology and Biotechnology*, *48*(3).

Thangavel, G., & Subramaniyam, T. (2019). Antimicrobial Efficacy of Leuconostoc spp. Isolated from Indian Meat against *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* in Spinach Leaves. *Food Science of Animal Resources*, *39*(4), 677. https://doi.org/10.5851/KOSFA.2019.E60

Tomičić, Z., Šarić, L., & Tomičić, R. (2025). Potential Future Applications of Postbiotics in the Context of Ensuring Food Safety and Human Health Improvement. *Antibiotics*, *14*(7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/antibiotics14070674

Tong, Y., Abbas, Z., Zhang, J., Wang, J., Zhou, Y., Si, D., Wei, X., & Zhang, R. (2025). Antimicrobial activity and mechanism of novel postbiotics against foodborne pathogens. *LWT*, *217*, 117464. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2025.117464

Toy, N., Özogul, F., & Özogul, Y. (2015). The influence of the cell free solution of lactic acid bacteria on tyramine production by food borne-pathogens in tyrosine decarboxylase broth. *Food Chemistry*, *173*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.001

Vieco-Saiz, N., Belguesmia, Y., Raspoet, R., Auclair, E., Gancel, F., Kempf, I., & Drider, D. (2019). Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. *Frontiers in Microbiology, 10*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00057

Waghu, F. H., & Idicula-Thomas, S. (2020). Collection of antimicrobial peptides database and its derivatives: Applications and beyond. *Protein Science*, *29*(1). https://doi.org/10.1002/pro.3714

Yoon, B. K., Jackman, J. A., Valle-González, E. R., & Cho, N. J. (2018). Antibacterial free fatty acids and monoglycerides: Biological activities, experimental testing, and therapeutic applications. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(4). https://doi.org/10.3390/ijms19041114

Zhang, Y., Qin, Y., Wang, Y., Huang, Y., Li, P., & Li, P. (2020). *Lactobacillus plantarum* LPL-1, a bacteriocin producing strain, changed the bacterial community composition and improved the safety of low-salt fermented sausages. *LWT*, *128*. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109385

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

BADEM SÜTÜNÜN FERMANTASYONU: BESİNSEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ, TEKNOLOJİK ZORLUKLARI

Fatma ÖZDEMİR
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
ORCID: 0009-0002-2781-9828

Dr. Öğr. Üyesi Gamze ÜÇOK
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
ORCID: 0000-0002-7692-9700

ÖZET
Bitki bazlı sütler, son yıllarda talebi ve tüketimi artan içecekler arasında yer almaktadır. İnek sütü protein, kalsiyum ve B12 vitamini bakımından zengin olmasına rağmen, bazı bireyler laktoz intoleransı, süt alerjisi veya vegan/vejetaryen beslenme tercihleri nedeniyle inek sütünü diyetlerinden çıkarmakta ya da tüketimini sınırlandırmaktadır. Badem sütü, öğütülmüş bademlerin su ile karıştırılıp süzülmesiyle elde edilen, kolesterol ve laktoz içermeyen bitkisel bir içecektir ve bu özelliğiyle söz konusu beslenme tercihleri için uygun bir alternatif oluşturmaktadır. Bu eğilimlerle birlikte popüler hale gelen bitki bazlı sütler, aynı zamanda diyet lifi, antioksidanlar, mineraller ve vitaminler bakımından zengindir ve düşük glisemik indeksleri sayesinde insan sağlığına katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, düşük protein içeriği ve sınırlı fermente edilebilir karbonhidrat miktarı nedeniyle fermantasyon süreci bazı teknolojik zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Laktik asit bakterileri —özellikle *Lactobacillus* ve *Streptococcus* türleri— badem sütü fermantasyonunda en yaygın kullanılan mikroorganizmalardır. Ancak besin maddesi eksikliği, bakteri gelişimini sınırlamakta; bu durum ürünün kıvamını ve pH profilini etkilemektedir. Badem sütü üretiminde karşılaşılan temel teknolojik zorluklar arasında zayıf jel ve ağ yapısına bağlı düşük viskozite, faz ayrılması, istenmeyen acı tat bileşikleri (aldehitler, fenoller) ile anti-besin bileşikleri (fitatlar, tanenler, oksalatlar) nedeniyle biyoyararlanımın azalması ve olumsuz duyusal özellikler yer almaktadır. Bu sorunlar, fermente badem sütü ürünlerinin istenen doku, tat ve stabiliteye ulaşmasını güçleştirmektedir. Bu derlemede, badem sütünün besinsel ve duyusal özellikleri, fermantasyon süreci ve üretim teknolojisi üzerine yapılmış önceki araştırmalar özetlenmiş ve mevcut zorlukların aşılmasına yönelik öneriler sunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Badem sütü, Bitki bazlı süt, Fermantasyon, Laktik asit bakterileri, Süt alternatifi, Teknolojik zorluklar

FERMENTATION OF ALMOND MILK: NUTRITIONAL AND SENSORY PROPERTIES, TECHNOLOGICAL CHALLENGES

ABSTRACT
Plant-based milks are among the beverages with increasing demand and consumption in recent years. Although cow's milk is rich in protein, calcium, and vitamin B12, some individuals exclude it from their diets or limit its consumption due to lactose intolerance, milk allergy, or vegan/vegetarian preferences. Almond milk, a cholesterol- and lactose-free plant-based beverage obtained by mixing and filtering ground almonds with water, represents a suitable alternative for such dietary needs. Owing to this growing trend, plant-based milks have gained significant popularity. They are rich in dietary fiber, antioxidants, minerals, and vitamins, and contribute to human health through their low glycemic index.

However, the fermentation of almond milk poses certain technological challenges due to its low protein content and limited fermentable carbohydrates. Lactic acid bacteria, particularly *Lactobacillus* and *Streptococcus* species, are the most commonly used microorganisms in almond milk fermentation. Nevertheless, the lack of essential nutrients may restrict bacterial growth, thereby affecting the consistency and pH profile of the final product. The main technological issues associated with almond milk production include low viscosity resulting from poor gel and network formation, phase separation, reduced bioavailability caused by undesirable bitter taste compounds (aldehydes, phenols) and anti-nutritional factors (phytates, tannins, oxalates), and unfavorable sensory properties. These limitations make it challenging for fermented almond milk products to achieve the desired texture, flavor, and stability. This review summarizes previous research on the nutritional and sensory properties, fermentation process, and production technology of almond milk, and provides suggestions to overcome the current technological challenges.
Keywords: Almond milk, Dairy alternative, Fermentation, Plant-based milk, Lactic acid bacteria, Technological challenges

GİRİŞ

İnek sütü tüketimi MÖ 7. yüzyıla kadar uzanan bir geçmişe sahip olup, dünya genelinde gıda üretimi ve kültürlerde köklü bir yeri bulunmaktadır. Ancak günümüzde, etik, çevresel ve sağlık kaygılarının etkisiyle, tüketicilerin; yağlı tohumlar, baklagiller ve tahıllar gibi bitkisel kaynaklı sulu özütlerden elde edilen süt alternatifi içeceklere yönelik ilgisi giderek artmaktadır (Zhang, Hughes, ve Grafenauer 2020).

Bu ürünlere yönelik artan tüketici ilgisinin ardındaki temel faktörler arasında sağlık, çevresel ve etik kaygılar yer almaktadır. Tüketiciler, laktoz intoleransı ve hayvansal ürünlerdeki yağ ile kolesterol içeriğine yönelik endişeler nedeniyle bitki bazlı sütleri daha "sağlıklı" bir alternatif olarak görmektedir (Stall ve Adams 2017). Ayrıca, etik ve sürdürülebilirlik kaygıları, hayvan refahını önemseyen tüketiciler arasında bu ürünlerin çekiciliğini artırmaktadır. Bu ürünlerin hayvansal gıdalara kıyasla daha az doğal kaynak kullanımı, daha düşük sera gazı emisyonu ve daha az atık üretimi gibi daha hafif bir çevresel ayak izine sahip olduğu düşünülmektedir (Dhiman vd. 2025). Bununla birlikte, bitki bazlı süt alternatiflerinin çevresel faydalarının mutlak olmadığı vurgulanmalıdır. Bu ürünlere yönelik artan talebin, hayvancılık üretimi üzerinde ne ölçüde bir azalmaya yol açtığı halen belirsizliğini koruyan bir konudur (Slade 2023). Örneğin, badem bazlı sütler yüksek su kullanımı, yulaf bazlı sütler yüksek arazi kullanımı ve pirinç bazlı sütler ise yüksek sera gazı emisyonları ve ötrofikasyona neden olabilmektedir. Dolayısıyla, çevresel faydalar büyük ölçüde üretilen bitki bazlı sütün türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Yazıcı vd. 2023).

Laktoz, neredeyse tüm memeli sütlerinde bulunan temel karbonhidrattır. Laktoz intoleransı, ince bağırsakta yeterli miktarda laktaz enzimi sentezlenemediği için laktozun parçalanamaması ve emilememesi durumunda meydana gelen sindirim bozukluğudur. Sindirilmemiş laktozun kolona geçerek, buradaki bağırsak florası tarafından fermantasyona uğraması sonucunda laktik asit, diğer organik asitler, kısa zincirli yağ asitleri, karbondioksit, hidrojen ve metan gazı üretilir. Bahsedilen gaz ve asitlerin üretimi gaz, kramp, ishal ve şişkinlik gibi rahatsız edici semptomlara yol açar (Gbadamonsi vd. 2020; Şanlı 2017). Geleneksel olarak, bu soruna yönelik bir çözüm olarak laktozun sütten uzaklaştırılması veya parçalanması yoluyla üretilen laktozsuz sütler geliştirilmiştir (Demirgül ve Demirgül 2019). Ancak, hem laktoz intoleransı hem de inek sütü proteini alerjisi nedeniyle süt ve süt ürünlerine karşı vücudu olumsuz tepki gösteren bireyler için, bitkisel bazlı süt alternatifleri temel bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Akpınar, Erk, ve Seven 2019).

Bitkisel sütler; tohum, kuruyemiş, baklagil ve tahıl gibi bitkisel materyallerin suda parçalanması, ekstrakte edilmesi ve homojenizasyonu sonucu elde edilen, inek sütünün görünüm ve viskozitesini taklit eden içeceklerdir. (Daryani, Pegua, ve Aryaa 2024). İşlenmiş bitki materyallerinden oluşan bu bitki bazlı süt alternatiflerinin üretiminde, nihai ürünün inek sütü ile benzer bir duyusal profil (aroma, doku, görünüm) sergilemesi hedeflenmektedir (Harmer, Craddock, ve Charlton 2025). Bu ürünler, hayvansal sütte bulunmayan diyet lifi, sağlıklı yağ asitleri, demir ve bakır gibi mineraller ile izoflavonlar (soya), avenantramidler (yulaf) ve sesamolin (susam) gibi biyoaktif bileşikleri içermeleri açısından besinsel avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bitkisel sütlerde proteinlerin düşük sindirilebilirliği ve minerallerin sınırlı biyoyararlanımı önemli bir endişe kaynağıdır. Bu sorunlar, alerjen ve antinutrisyonel faktörlerin (fitatlar, lektinler vb.) uzaklaştırılması ve kalsiyum-fosfat gibi minerallerle zenginleştirme yoluyla büyük ölçüde iyileştirilebilmektedir (Daryani vd. 2024). Bitkisel sütlerin besinsel çeşitliliğini göstermek amacıyla, temel makro ve mikro besin öğelerinin karşılaştırması Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. İnek sütü ve bazı bitki bazlı sütlerin besin bileşenlerinin karşılaştırılması (100 g referans)*

Bileşenler	İnek Sütü	Badem Sütü	Hindistan Cevizi Sütü	Pirinç Sütü	Soya Sütü
Karbonhidrat (g)	4,65	1,32 ± 0,90	1,19 ± 0,56	25,28 ± 1,70	5,00 ± 1,83
Yağ (g)	3,66	2,71 ± 0,48	4,38 ± 0,48	2,33 ± 0,31	4,35 ± 1,14
Doymuş Yağ Asidi	2,28	0	4,13 ± 0,63	0,16 ± 0,22	0,64 ± 0,38
Tekli Doymamış Yağ Asidi	1,06	1,67 ± 0,29	-	1,16 ± 0,59	0,84 ± 0,23
Çoklu Doymamış Yağ Asidi	0,14	0,67 ± 0,28	-	0,83 ± 0,75	2,40 ± 0,65
Kolesterol (mg)	14,00	0	0	0	0
Protein (g)	3,28	1,67 ± 1,63	0	0,85 ± 0,75	8,71 ± 1,6
Mineraller (mg)					
Kalsiyum	119,00	325,29 ± 193,55	244,75 ± 206,84	245,50 ± 149,67	205,86 ± 173,54
Magnezyum	13,00	21,00 ± 9,90	35,00	35,00	49,00 ± 20,40
Potasyum	151,00	65,00 ± 58,84	46,67 ± 11,55	50,00	364,29 ± 66,30
Çinko	0,38	0,56 ± 0,46	0,66 ± 0,40	0,75 ± 0,27	0,75 ± 0,19
Vitaminler					
Vitamin C (mg)	1,50	0	0	0	0
Tiamin (mg)	0,04	-	-	-	0,08 ± 0,02
Riboflavin (mg)	0,16	0,19 ± 0,15	-	0,30 ± 0,04	0,24 ± 0,12
Niasin (mg)	0,08	-	-	-	0,28 ± 0,23
B6 Vitamini (mg)	0,04	-	-	-	0,096 ± 0,024
Folat, DFE (µg)	5,00	19,2 ± 0,00	19,2 ± 0,00	-	33,6 ± 20,37
B12 Vitamini (µg)	0,36	1,00 ± 0,00	0,75 ± 0,29	1,00 ± 0,00	0,68 ± 0,38
A Vitamini (µg)	33,00	77,14 ± 45,35	60,00 ± 0,00	67,5 ± 61,85	32,57 ± 28,32
E Vitamini (µg)	-	3,84 ± 2,15	-	3,00	4,00
D Vitamini (µg)	-	2,32 ± 0,88	2,92 ± 0,48	2,09 ± 1,48	1,86 ± 0,97
Enerji (kcal)	64	36,43 ± 6,90	48,75 ± 7,5	133,00 ± 13,04	95,00 ± 15,6

*Vanga ve Raghavan (2018)'dan uyarlanmıştır.

Türkiye'de üretim miktarı her geçen yıl artan ve sadece yemiş formunda değil aynı zamanda çeşitli gıda endüstrilerinde katkı maddesi olarak da yaygın şekilde kullanılan badem, zengin besin içeriğinin yanı sıra bilimsel olarak kanıtlanmış çeşitli terapötik özelliklere sahiptir. Bu bağlamda badem ve badem bazlı ürünlerin kullanım yelpazesini genişleterek tüketicilere yeni fonksiyonel süt ürünleri sunmak ve ülke ekonomisine katkı sağlamak önemli bir araştırma hedefi olarak öne çıkmaktadır(Ersan ve Topçuoğlu 2019). Bu derlemede, badem sütünün besinsel özellikleri, fermantasyon sürecine uygunluğu ve üretiminde karşılaşılan teknolojik zorluklar ele alınmıştır.

BİTKİSEL SÜT ÜRETİMİ VE TEKNOLOJİK ZORLUKLAR

Bitki bazlı süt üretimi, temel olarak öğütme işlemine dayalı yöntemlerle gerçekleştirilmekte olup, bu yöntemler ıslak işleme ve kuru işleme olarak ikiye ayrılmaktadır. Kolay işlenebilirliği nedeniyle en yaygın kullanılan yöntem, ıslak işleme yoluyla ekstraksiyondur. Bu yöntemde, ön işlem görmüş hammaddeye, boyut küçültme işleminden önce veya işlem sırasında su ilave edilmektedir. Bitki bazlı sütün nihai konsantrasyonu ve verimi; ekstraksiyon sıcaklığı, pH, su/hammadde oranı ve ekstraksiyon süresi gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Kuru işlemede ise, öncelikle kolloidal değirmenler gibi ekipmanlar kullanılarak toz formunda öğütme işlemi gerçekleştirilmekte, ardından elde edilen toza su eklenerek süt analoğu hazırlanmaktadır (Daryani vd. 2024).

Bitkisel bazlı süt benzeri içeceklerin üretim süreci temel aşamalar bakımından benzerlik gösterse de, kullanılan hammaddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak farklı teknolojik uygulamalar gerektirmektedir. Genel olarak üretim; yaş öğütme, filtrasyon, besin öğesi takviyesi, ısıl işlem, homojenizasyon ve dolum gibi basamakları içermektedir. Ancak badem gibi bazı bitkisel kaynakların yapısal özellikleri nedeniyle, üretim aşamalarında kabuk soyma, haşlama, kavurma veya enzimatik işlemler gibi ek ön işlemler de uygulanabilmektedir (Bengü ve Ersan 2022).

Bitki bazlı sütlerin ilk örnekleri soya sütü olsa da, günümüzde badem, hindistan cevizi, pirinç, keten, kenevir ve çok tahıllı karışımlar gibi çok çeşitli seçeneklerle ürün yelpazesi genişlemiştir. Her bir ürün, çeşitli gıda kombinasyonları için süt benzeri bir kıvam arayan tüketiciler için tatmin edici bir alternatif sunmaktadırlar (Stall ve Adams 2017).

Bitkisel süt formülasyonlarında en temel zorluk stabilizasyon problemidir. Sedimantasyon eğilimi, viskozite, renk, görünüm ve bulanıklık gibi parametreler bitkisel sütlerin işlevsel özellikleri arasında kritik öneme sahiptir ve bu ürünlerin duyusal kabul edilebilirliğini doğrudan belirlemektedir. Piyasada bulunan bitkisel süt alternatiflerinde yaygın olarak karşılaşılan faz ayrımı ve homojensizlik gibi stabilite sorunları, genellikle yüksek miktarda stabilizatör ve emülgatör ilavesiyle çözülmektedir. Bunun yanı sıra, ultra yüksek basınçlı homojenizasyon (UHPH), ultrasonikasyon ve yüksek basınçlı homojenizasyon (HPP) gibi yenilikçi fiziksel işlem teknikleri de bu stabilizasyon sorunlarının giderilmesinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Sarangapany vd. 2022).

UHPH, ürün stabilitesini artırmada ve mikrobiyal inaktivasyon sağlamada etkinlik göstermektedir. HPP ise mikrobiyal yükü kontrol altına alırken besin ögelerini korumakta ve bu sayede raf ömrü ile duyusal kalitede önemli gelişmeler sağlamaktadır. Darbeli Elektrik Alanı (PEF) teknolojisi, minimal ısıl işlem etkisiyle gerçekleştirdiği hızlı proses sayesinde ekstraksiyon verimliliğini artırmakta ve reolojik özellikleri iyileştirmektedir (Bernat vd. 2013). Tablo 2'de, bitkisel süt üretim sürecinde karşılaşılan temel teknolojik zorluklar ve bu zorlukların aşılmasına yönelik geliştirilen işleme stratejileri sistematik bir şekilde özetlenmiştir.

Besinsel açıdan en iyi alternatif olarak değerlendirilen soya sütü, bazı besin eksiklikleri ve fasulyemsi tat gibi duyusal kısıtlamalara sahiptir. Bu durum, duyusal profili daha olumlu değerlendirilen badem sütü gibi alternatiflere olan ilgiyi artırmıştır (Akpınar vd. 2019). Nitekim Slade (2023), tüketicilerin badem sütünü soya sütünden önemli ölçüde daha lezzetli bulduğunu ve tüketiminin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Bitkisel sütlerin fermantasyonuyla geliştirilen yeni fermente ürünler, hem lezzet profilinin iyileşmesini hem de tüketici beğenisinin artmasını sağlamaktadır (Öztürk 2022). Laktik asit bakterileri ile fermantasyon, bitki bazlı sütlerin organoleptik niteliklerini artırmakta ve istenmeyen ağır tatları azaltmada oldukça etkili olmaktadır. Örneğin, *Lactiplantibacillus plantarum* ile fermente edilen soya sütünün, bitki proteinleriyle ilişkilendirilen çimensi tadını önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Sun vd. 2025). Soya sütünün duyusal kısıtlamaları, fermantasyona olan ilgiyi badem sütü gibi diğer bitkisel matrislere de yöneltmiştir (Akpınar vd. 2019).

Fermantasyonun rolü, yalnızca ürün çeşitliliğini ve lezzeti zenginleştirmekle sınırlı değildir. Bu proses aynı zamanda alerjenleri azaltmak ve gıdaların sindirilebilirliğini artırmak için de önem taşımakta ve bu ürünleri gıda intoleransı olan bireyler için daha güvenli bir seçenek haline getirmektedir (Dhiman vd. 2025).

Tablo 2. Bitki Bazlı Sütlerde Teknolojik Zorluklar ve Uygulanan İşlem/Teknoloji Yaklaşımları*

Teknolojik Zorluk	Uygulanan İşlem / Teknoloji Yaklaşımları
Raf Ömrünün İyileştirilmesi	***Ultra yüksek basınçlı homojenizasyon (UHPH)*** — mikrobiyal inaktivasyon ve raf ömrü artışı ***Ultrasonik işlem*** — mikrobiyal inaktivasyon, fiziksel stabilite artışı ***Darbeli elektrik alan (PEF) işlemi*** — mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon ***Hurdle (engeller) teknolojisi*** — ılık ısıtma + HHP + UV-C kombinasyonları
Kötü Tat ve Aromaların Giderilmesi (off-flavor removal)	***PEF / Yüksek basınç / Ohmik ısıtma*** — enzim inaktivasyonu ***Soğuk plazma*** — enzim ve aroma bileşiği azaltımı ***Süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SC-CO_2)*** — yağ oksidasyon ürünlerinin uzaklaştırılması ***Katı faz mikroekstraksiyonu (SPME)*** — istenmeyen uçucu bileşiklerin uzaklaştırılması ***Hidratasyonlu öğütme*** (rapid-hydration grinding) — lipoksigenaz azaltımı
Sedimantasyonun Önlenmesi ve Ürün Stabilitesinin Artırılması	***Ultrasonik homojenizasyon*** — partikül küçültme, viskozite iyileşmesi ***Yüksek basınçlı / ultra yüksek basınçlı homojenizasyon*** — nano-emülsiyon, kolloidal stabilite artışı ***Emülgatör ve stabilizatör kullanımı*** (lesitin, xanthan gum vb.)
İnhibitörlerin İnaktivasyonu	***PEF*** — lipoksigenaz inhibitörlerinin azaltılması ***Isıl işlemler (UHT, kaynatma, pastörizasyon)*** — tripsin inhibitörü ve diğer antinutrisyonel faktörlerin azaltılması ***Mikrodalga işlemi*** — tripsin inhibitörü inaktivasyonu (>%90) ***b-siklodekstrin bazlı yöntemler*** — inhibitör ve aromatik bileşik bağlanması

*(Aydar, Tutuncu, ve Ozcelik 2020; Paul vd. 2020)

BADEM SÜTÜ: BESİN PROFİLİ VE ÜRETİM ZORLUKLARI

Besinsel Bileşimi

Badem (*Prunus dulcis*), tüm kuruyemişler arasında en popüler ve en çok tüketilenlerden biri olmakla birlikte, bu popülerliğini yüksek besin değeri ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerine borçludur. Yoğun bir besin kaynağı olan badem; sağlıklı bir lipid profiline, bağışıklık güçlendirici ve antioksidan etkilere sahiptir. Badem, özellikle oksidatif stresi önlemede kritik bir rol oynayan α-tokoferolün (E vitamini) önemli bir kaynağıdır. Ayrıca, magnezyum, bakır ve fosfor gibi mineraller yönünden zengin ve yüksek lif içeriğine sahiptir. Yaklaşık %25 oranında protein içeren bademdeki bu proteinin büyük kısmını oluşturan amandin, yüksek seviyelerde koşullu esansiyel amino asit olan arjinin içermektedir (Kundu, Dhankhar, ve Sharma 2018). Bademin yağ içeriği de oldukça yüksektir, bu yağın büyük kısmı kalp sağlığı için faydalı olduğu bilinen tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) oluşur. Bunlara ek olarak, badem kardiyoprotektif özelliklere sahip polifenoller ve fitosteroller (β-sitosterol, stigmasterol, kampesterol vb.) de içermektedir (Kundu vd. 2018).

Badem Sütünün Besin Profili

Badem sütü, son dönemde giderek daha fazla tercih edilen yüksek katma değerli bir bitkisel süt alternatifidir. Bu popülerliğin temelinde, başta laktoz içermemesi yer almakta, bunun yanı sıra bademin dengeli bir protein ve yağ profiline sahip olması, ayrıca lif, vitamin ve mineral bakımından zengin bir besin kaynağı oluşturması yatmaktadır (Hasan 2012).

Badem sütünün besin kompozisyonu, ham bademin zengin içeriğini yansıtmakta, ancak üretim prosesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Badem sütü; yüksek kaliteli proteinler, düşük glisemik indeksli karbonhidratlar, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri (oleik asit ve linoleik asit), E vitamini, riboflavin (B2), magnezyum, potasyum, bakır, fosfor, kalsiyum, diyet lifi ve çeşitli fenolik bileşikler açısından zengindir (Dhakal vd. 2014; Yazıcı vd. 2023). Bileşimindeki bu biyoaktif bileşenler, badem sütü tüketiminin plazma LDL kolesterol seviyelerini düşürerek koroner kalp hastalığı riskini azaltmasıyla ilişkilendirilmesine olanak tanımaktadır (Dhakal vd. 2014). Bademde yüksek oranda bulunan ve sindirilebilirliği yüksek olan arjinin amino asidi, badem sütünün besleyici değerine katkıda bulunmaktadır (Kavas ve Kavas 2022). Besin içeriğiyle ilgili olarak, badem sütünün karbonhidrat (%0,25-3) ve protein (%1-5) içeriği ile toplam kalori değerinin (30-50 kcal) nispeten düşük olduğu, ancak E vitamini içeriği ile bir yetişkinin günlük ihtiyacının önemli bir kısmını (%10-50) karşılayabildiği bildirilmektedir (Yazıcı vd. 2023).

Badem Sütü Üretim Teknolojisi ve Karşılaşılan Zorluklar

Badem gibi bazı bitkisel kaynakların yapısal özellikleri nedeniyle, üretim aşamalarında kabuk soyma, haşlama, kavurma veya enzimatik işlemler gibi ek ön işlemler de uygulanabilmektedir (Bengü ve Ersan 2022). Badem sütü üretiminde, haşlama (blanching) işlemi kabuk yapının uzaklaştırılması, lipaz enziminin inaktivasyonu ve mikrobiyel yükün azaltılması gibi amaçlarla uygulanabilmektedir (Yazıcı vd. 2023).

Badem sütünün bu popülaritesine rağmen, üretiminde raf ömrü, duyusal kusurlar ve fiziksel stabilite gibi teknolojik zorluklarla karşılaşılmaktadır. Badem sütünün stabilitesini artırmak, kalite özelliklerini ve besinsel niteliklerini geliştirmek amacıyla formülasyona çeşitli bileşenler ilave edilmektedir. Vitamin ve minerallerin yanı sıra tuz, bitkisel yağlar, tatlandırıcılar, aroma vericiler, emülsifiyerler ve stabilizatörler ürün formülasyonunu iyileştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Bengü ve Ersan 2022; Yazıcı vd. 2023). Ürünün duyusal kalitesini geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla bu tip katkı maddelerinin kullanımı badem sütü üretiminde önemli bir yer tutmaktadır.

Bu tip teknolojik zorlukların üstesinden gelmek ve ürün kalitesini daha da artırmak için fermantasyon da etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Sun vd. 2025). Genel olarak bitki bazlı sütlerin, farklı teknolojik uygulamalar ve bileşenlerle yeni fonksiyonel ürünler geliştirilmesine olanak sağlamaları, ayrıca faydalı mikroorganizmaların gelişimi için uygun bir matris oluşturmaları yönüyle de gıda pazarındaki yeri her geçen gün artmaktadır (Öztürk 2022).

BİTKİSEL SÜTLERDE FERMANTASYON

Fermantasyon, insanlık tarihi boyunca gıda üretiminde kullanılan en kadim ve doğal yöntemlerden biri olup, günümüzde fermente ürünlere olan ilgi ve talep oldukça fazladır. Bu talebin ardında, fermente bitkisel sütlerin vegan tüketiciler için laktik asit bakterileri (probiyotikler dahil) sağlayan yenilikçi bir taşıyıcı sistem olma potansiyeli taşıması ve geleneksel süt ürünlerine başarılı bir alternatif oluşturması yatmaktadır. Bitki bazlı gıda matrislerine uygulanan fermantasyon, besinsel, duyusal ve teknolojik özellikleri iyileştirmenin yanı sıra, sağlığı geliştirici bileşiklerin sentezini teşvik etmesi nedeniyle doğal ve etkili bir biyoteknolojik strateji olarak tanımlanmaktadır. (Łopusiewicz 2023).

Fermantasyon işlemi, bitkisel sütlere birden fazla açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. İlk olarak, tahıl ve baklagillerde doğal olarak bulunan ve mineral emilimini (örneğin çinko) engelleyen fitik asitin parçalanmasını sağlayarak besinlerin biyoyararlanımını artırmaktadır. İkinci olarak, özellikle soya sütü gibi ürünlerde istenmeyen fasulyemsi tattan sorumlu uçucu bileşenlerden biri olan hekzanolün seviyesini düşürerek duyusal kaliteyi iyileştirmektedir (Baba, Bozatlı, ve Dikici 2024). Fermantasyonun faydaları bunlarla sınırlı kalmamaktadır. Bu biyoproses, aynı zamanda alerjenik bileşenleri azaltabilmekte ve bitki proteinlerinin sindirilebilirliğini artırabilmektedir. Bu da, fermente bitkisel ürünleri gıda intoleransı olan bireyler için daha güvenli bir seçenek haline getirmektedir (Dhiman vd. 2025). Bu süreçte, laktik asit bakterileri, bitki bazlı fermantasyonda en yaygın kullanılan mikroorganizma grubunu oluşturmaktadır (Łopusiewicz 2023).

BADEM SÜTÜNÜN FERMENTASYONU

Fermantasyonun Besinsel ve Duyusal Etkileri

Badem sütü genellikle sade bir içecek olarak tüketilse de, son çalışmalar farklı starter kültürler kullanılarak fermente edilmesiyle, süt esaslı olmayan yeni ve fonksiyonel ürünler geliştirilmesi üzerine odaklanmaktadır (Kavas ve Kavas 2022). Fermantasyon süreciyle birlikte, ürünün raf ömrünü, duyusal özelliklerini ve fonksiyonelliğini daha da artırması beklenmektedir. Badem sütünün fermantasyonu, makro besin ögeleri, mineral biyoyararlanımı ve biyoaktif bileşenlerin varlığı üzerinde önemli değişikliklere yol açan bir dizi biyokimyasal süreci başlatmaktadır.

Badem sütünün fermantasyonu, besinsel profilinde çok boyutlu iyileştirmeler sağlamaktadır. Süreç, doğal olarak düşük protein içeriği nedeniyle geleneksel süt ürünlerine kıyasla daha sınırlı laktik asit üretimiyle sonuçlansa da (Bernat vd. 2014), mineral biyoyararlanımı üzerinde önemli olumlu etkiler göstermektedir. Duran ve Çevik (2022) fermantasyonun badem sütü ile zenginleştirilmiş yoğurtlarda kalsiyum ve magnezyum gibi temel minerallerin çözünürlüğünün ve emilimini artırdığını belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra, probiyotik kültürlerin fitat ve tanen gibi besin değerini düşürücü faktörleri parçalayarak mineral bağlanmasını azalttığı ve besin emilimini optimize ettiği kanıtlanmıştır (Kannan vd. 2021). Fermantasyonun diğer önemli katkıları arasında biyoaktif peptitler ve organik asitler gibi sağlığı geliştirici metabolitlerin sentezlenmesi (Shi, Kraft, ve Guo 2020) ve karbonhidrat metabolizmasına bağlı olarak glisemik indekste gözlemlenen düşüş yer almaktadır (Lipan vd. 2020). Tüm bu bulgular, fermantasyonun badem sütünü besin yoğunluğu ve fonksiyonel özellikleri gelişmiş bir ürün haline getirdiğini ortaya koymaktadır.

Fermantasyon işlemi, badem sütünün duyusal profilini çok yönlü olarak iyileştirmektedir. Yılmaz-Ersan vd. (2022), badem sütüyle zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtta yaptıkları duyusal panel değerlendirmelerinde, fermantasyon sürecinin ürünün lezzet ve aroma özelliklerinde belirgin iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur. Bu iyileşmenin temel mekanizmalarından biri, *Lactobacillus plantarum* gibi spesifik mikroorganizmaların badem sütündeki acımsı bileşiklerle ilişkili istenmeyen aromaları azaltma kapasitesinden kaynaklanıyor olması muhtemeldir (Kalkan vd. 2025). Aromatik iyileşme, fermantasyon sırasında badem içeceğindeki uçucu bileşik profilinde meydana gelen önemli değişikliklerle daha da zenginleşmektedir (Shi vd. 2020).

Duyusal kaliteye katkıda bulunan bir diğer faktör ise tekstürel özelliklerdeki gelişmedir. Duran ve Çevik (2022), portakal suyu gibi bileşenlerin eklenmesiyle viskozitede gözlemlenen artışın, fermente badem ürününün kremamsılığını ve ağız hissini önemli ölçüde iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak fermantasyon, hem tat-aroma bileşenlerini optimize ederek hem de tekstürü geliştirerek badem sütü bazlı ürünlerin genel duyusal kabul edilebilirliğini artıran kapsamlı bir iyileştirme stratejisi sunmaktadır.

Genel Teknolojik Zorluklar

Bitkisel süt matrislerinin bileşimi, fermantasyon sürecinin verimliliğini sınırlayan bazı teknolojik zorluklara yol açmaktadır. Ticari bitki bazlı süt içeceklerin lezzet profilinin inek sütüne kıyasla sınırlı kalması, daha zengin aromatik ürünlere olan talep ve yüksek yağ/nişasta içeriğine bağlı fiziksel stabilite sorunları (faz ayrımı gibi), bu ürünlerin fermente edilerek iyileştirilmesi ve çeşitlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur (Baba vd. 2024). Nitekim, fermente ürünlerin yoğurt gibi geleneksel fermente süt ürünlerine benzerlik göstermesi ve bu ürünlerle özdeşleşmiş sağlıklı imajı taşıması, onların fonksiyonel gıda olarak kabul görmesini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır (Łopusiewicz 2023).

Hayvansal sütlerde kazein proteinlerinin pıhtılaşmasıyla oluşan jel yapısının aksine, bitkisel kaynaklar kazein içermemektedir. Protein eksikliği, fermente üründe zayıf bir jel ağ yapısının oluşmasına neden olmakta; bu durum ise yüksek sinerezis (serum ayrılması) eğilimi, düşük viskozite ve yetersiz stabilite ile sonuçlanmaktadır (Valencia-Flores vd. 2013). Söz konusu yapısal dengesizlik, badem sütünün doğasında bulunan yüksek yağ içeriği ile birleştiğinde, ürünün duyusal kalitesini olumsuz etkileyen tanelilik (graininess) gibi istenmeyen tekstürel özelliklerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, fermente üründe sinerezis kontrolü ve istenen viskozite/jel sertliğinin sağlanması için alternatif jel oluşturucu sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bazı bitkisel matrislerde laktik asit bakterilerinin yetersiz asit üretimi, zayıf bir jel yapısına ve düşük viskoziteye yol açan temel bir teknolojik kısıt olarak öne çıkmaktadır (Mohd Zaini vd. 2023).

Bitkisel proteinler, proteaz inhibitörler, fitatlar, tanninler, and oksalatlar, lektinler ve nişasta olmayan polisakkaritler (NSP) gibi antinutrisyonel faktörler (ANF'ler) nedeniyle genellikle daha düşük besin değerine ve sindirilebilirliğe sahiptir. Bu bileşenler, minerallerin biyoyararlanımını ve proteinlerin sindirimini olumsuz etkileyerek nihai ürünün besin değerini sınırlandırmaktadır (Dhiman vd. 2025; Mohd Zaini vd. 2023; Ranvare vd. 2025). Bitkisel protein kaynaklarının çoğu, hayvansal proteinin sunduğu dengeli esansiyel amino asit profilini (tam protein) sağlayamamaktadır. Tahıllar genellikle lizin açısından yetersiz, baklagillerin ise metiyonin ve sistein bakımından eksik kalması buna örnek olarak gösterilebilir. Bu besinsel dengesizlikler, takviye ve formülasyon optimizasyonu stratejilerini gerekli kılmaktadır (Mohd Zaini vd. 2023).

Araştırmalar, fermantasyon sürecinin, laktik asit üretiminin artmasına bağlı olarak bitkisel sütlerin genel besin profilini iyileştirebileceğini, asitlik seviyelerini düzenleyerek mikrobiyolojik stabiliteyi potansiyel olarak artırabileceğini göstermiştir (Bernat vd. 2014).

Badem Sütüne Özgü Zorluklar ve Çözüm Önerileri

Badem sütünün üretimi ve fermantasyonu, yapısal bileşenlerinin doğası gereği çeşitli teknolojik zorluklar barındırmaktadır. Bunların başında, düşük protein içeriğinden kaynaklanan sorunlar gelmektedir. Düşük protein içeriği, laktik asit bakterilerinin metabolik aktivitesini sınırlayarak optimal asitlik gelişimini engellemekte, zayıf jel yapısına neden olmakta ve sonuçta fermantasyon verimliliği ile tekstürel kalite üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır(Bernat vd. 2014; Kalkan vd. 2025).

Bunun yanı sıra, yetersiz fermente edilebilir karbonhidrat varlığı mikrobiyal gelişimi kısıtlamakta ve besin takviyesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Kannan vd. 2021). Söz konusu faktörler, fermantasyon kinetiği ve tamponlama kapasitesi üzerinde doğrudan etkili olarak pH dalgalanmalarına yol açmakta ve proses kontrolünü zorlaştırmaktadır (Bernat vd. 2015). Ayrıca, depolama sırasında gözlemlenen belirgin faz ayrışması da ürün stabilitesi üzerinde ek bir risk faktörü oluşturmaktadır (Burrowes ve Hekmat 2022).

Proteinlerin fonksiyonel özellikleri de kritik bir öneme sahiptir. Badem sütüne uygulanan yüksek basınçlı işlemlerin proteinlerin çözünürlüğünü önemli ölçüde azalttığı ve bu durumun da proteinlerin biyoyararlanımını olumsuz yönde etkileyebildiği bildirilmiştir (Dhakal, Giusti, ve Balasubramaniam 2016). Bu bulgular, fermente badem sütü üretiminde hem formülasyon (protein takviyesi gibi) hem de işlem parametrelerinin dikkatle optimize edilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

UHPH ultrason ve PEF gibi yenilikçi işleme teknolojileri, badem sütü fermantasyonundaki yapısal ve mikrobiyolojik zorluklara yönelik umut verici çözümler sunmaktadır. UHPH işleminin, ürünün duyusal kalitesinden ödün vermeden etkili bir mikrobiyal inaktivasyon sağladığı bildirilmiştir. Bu yöntem aynı zamanda daha homojen bir partikül dağılımı sağlayarak ürünün ağız hissini iyileştirmekte ve raf ömrünü uzatmaktadır (Avelar vd. 2021; Briviba vd. 2016). HPP teknolojisinin, gelişmiş emülsiyon stabilitesi sağlayarak badem sütünün zaman içindeki fiziksel kararlılığını artırdığı tespit edilmiştir (Sethi, Tyagi, ve Anurag 2016). Benzer şekilde, bitkisel süt matrislerinde yapılan araştırmalar, UHPH ve HPP gibi teknolojilerin, krema stabilitesini artırarak ve depolama sırasında ayrılma riskini azaltarak genel olarak duyusal profil ve doku üzerinde olumlu etkileri olabileceğine işaret etmektedir (Großmann vd. 2021). Bu bulgular, söz konusu iyileştirici stratejilerin fermente badem sütüne uyarlanmasının potansiyel faydalarına dair güçlü bir temel oluşturmaktadır.

Fermente badem sütünün duyusal özellikleri, tüketici kabulü açısından kritik bir rol oynamaktadır. Seçilen starter kültürlerin canlılığı ve metabolik etkinliği, fermantasyon verimliliğinin temel belirleyicisi olup, nihai ürünün hem duyusal kalitesini hem de besinsel profilini doğrudan etkilemektedir. Badem sütünde yapılan bir çalışmada, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus reuteri* gibi laktik asit bakterilerinden ile fermentasyonu sonucunda, ürünün viskozitesinin ve beyazlığının artarak, ağız hissinin ve genel duyusal çekiciliğinin iyileştiği gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada, kullanılan bu bakterilerin yalnızca asitlik ve aroma profili gibi duyusal özelliklere katkıda bulunmakla kalmayıp, aynı zamanda metabolik aktiviteleri yoluyla besin değerini düşürücü faktörlerin (ANF'ler) etkinliğini azaltmaya da yardımcı olabileceği de gösterilmiştir (Huang vd. 2023). Fermantasyon verimliliğini etkileyen bir diğer önemli faktör de şeker ilavesidir. (Zhao vd. 2021) tarafından yapılan çalışmada, badem yoğurdu üretiminde şeker ilavesinin yarattığı ozmotik basıncın, laktik asit bakterilerinin metabolik aktivitesini ve canlılığını destekleyerek fermantasyon sürecine önemli katkı sağladığı bildirilmiştir.

Fermantasyon işleminin, badem sütünün güvenlik ve raf ömrü özellikleri üzerinde önemli iyileştirici etkiler sağladığı da açıktır. (Hill vd. 2017) tarafından yapılan çalışmalar, fermentasyon işleminin patojenik mikroorganizmaların gelişimini baskılayarak ürün güvenliğini artırdığını ortaya koymuştur. Probiyotik suşların fermantasyon sürecine dahil edilmesi ise bu etkiyi daha da güçlendirmekte; yalnızca güvenliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda üründe faydalı bir mikrobiyota oluşturarak raf ömrünü uzatmaktadır (Liu 2025). Fermantasyonun koruma teknolojileriyle kombine edilmesi ise bu olumlu etkileri daha da pekiştirmektedir. (Lipan vd. 2020) tarafından yapılan araştırmalar, fermantasyonun HPP gibi teknolojilerle birlikte uygulanmasının, fermente badem içeceklerinin stabilitesini ve uzun ömürlülüğünü önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Bu bulgular, fermantasyonun badem sütü ürünlerinde çok yönlü bir koruma ve stabilizasyon stratejisi olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Fermente bitki bazlı ürünler son derece çabuk bozulmakta ve kalite ve güvenliklerinin korunması için dikkatli bir depolama ve dağıtım gerektirmektedir (Dhiman vd. 2025). Yüksek nem içeriği ve besin yoğunlukları nedeniyle, fermente bitkisel sütler özellikle mikrobiyal bozulmaya ve patojen gelişimine karşı hassastır.

Bu nedenle, pastörizasyon, HPP ve aseptik dolum gibi titiz işleme ve paketleme teknikleri, güvenli bir ürün ve yeterli raf ömrü sağlamak için kritik öneme sahiptir (Di Renzo vd. 2025). Ayrıca, bazı bölgelerde yeterli soğuk zincir altyapısının olmaması, bozulmaya ve kontaminasyona yol açarak tedarik zincirini daha da karmaşık hale getirmektedir (Dhiman vd. 2025).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derlemede, bitkisel süt pazarında öne çıkan bir ürün olan badem sütünün besinsel profilinin yanı sıra fermantasyon yoluyla fonksiyonel bir gıdaya dönüştürülmesi sürecindeki fırsatlar ve zorluklar kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Artan laktoz intoleransı, inek sütü proteini alerjisi ve vegan beslenme eğilimleri, badem sütü ve ondan üretilen fermente ürünleri değerli birer alternatif haline getirmiştir. Badem sütünün düşük kolesterol ve doymuş yağ içeriği, yüksek E vitamini ve sağlıklı yağ asitleri profili bu popülerliğin temel dayanaklarındandır.

Ancak, bu ürünlerin ticari ölçekte başarısı, badem sütünün doğal bileşiminden kaynaklanan bazı teknolojik zorlukların aşılmasına bağlıdır. Badem sütünün düşük protein içeriği ve sütteki kazein ağını oluşturan proteinlerin yokluğu, fermente üründe kararlı bir jel yapısının oluşmasını engellemekte; bu da yüksek sinerezis (serum ayrılması) ve zayıf tekstür ile sonuçlanmaktadır. Ayrıca, inek sütünden farklı besin profili, geleneksel starter kültürlerin aktivitesini ve probiyotik canlılığını olumsuz etkileyebilmekte, bu da fermantasyon verimliliğini düşürmektedir.

Fermente badem sütü ürünlerinin kalite parametrelerinin iyileştirilmesi ve ticari uygulanabilirliğinin artırılması için çok boyutlu bir yaklaşım benimsenmelidir:

- *Ürün formülasyonunun optimizasyonu*: Doğal stabilizatörler ve bitkisel protein takviyelerinin stratejik kullanımı, hem tekstürel özellikleri hem de besin değerini geliştirmeye katkı sağlayacaktır.
- *İleri işlem teknolojilerinin uygulanması*: Yüksek basınçlı homojenizasyon (HPH) ve ultrason gibi yenilikçi yöntemlerin ürün stabilitesi ve raf ömrü üzerindeki olumlu etkilerinden yararlanılması tavsiye edilmektedir.
- *Fermantasyon parametrelerinin optimizasyonu*: Badem sütünün kimyasal kompozisyonuna uyum sağlayabilecek özgün starter kültürlerin geliştirilmesi ve fermantasyon koşullarının (sıcaklık, süre, pH) sistematik olarak optimize edilmesi kritik öneme sahiptir.

Bu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için gıda mühendisliği, mikrobiyoloji, beslenme ve diyetetik, alanlarını kapsayan disiplinler arası bir iş birliği sağlanması, fermente badem sütünün hem fonksiyonel hem de ticari açıdan sürdürülebilir bir ürün olarak potansiyelini tam olarak gerçekleştirmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Akpınar, Aslı, Gizem Erk, ve Ahmet Seven. 2019. "Vegan ve Vejetaryan Beslenmede Probiyotik Bitkisel Bazlı Süt Ürünlerinin Yeri". *Gıda* 44(3):453-62. doi:10.15237/gida.GD18083.

Avelar, Zita, António A. Vicente, Jorge A. Saraiva, ve Rui M. Rodrigues. 2021. "The Role of Emergent Processing Technologies in Tailoring Plant Protein Functionality: New Insights". *Trends in Food Science & Technology* 113:219-31. doi:10.1016/j.tifs.2021.05.004.

Aydar, Elif Feyza, Sena Tutuncu, ve Beraat Ozcelik. 2020. "Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects". *Journal of Functional Foods* 70:103975. doi:10.1016/j.jff.2020.103975.

Baba, Gülçe, Sümeyye Betül Bozatlı, ve Abdullah Dikici. 2024. "Bitkisel Süt Üretimi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi". *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8(1):80-89.

Bengü, İlay, ve Lütfiye Yılmaz Ersan. 2022. "İçecek Sektöründe Yükselen Yeni Trend: Süt Benzeri Bitkisel Bazlı İçecekler". *Uluslararası Bilim Teknoloji ve Tasarım Dergisi* 3(2):83-101.

Bernat, Neus, Maite Cháfer, Amparo Chiralt, ve Chelo González-Martínez. 2013. "Vegetable Milks and Their Fermented Derivative Products". *International Journal of Food Studies* 3(1). doi:10.7455/ijfs/3.1.2014.a9.

Bernat, Neus, Maite Cháfer, Amparo Chiralt, ve Chelo González-Martínez. 2014. "Development of a Non-Dairy Probiotic Fermented Product Based on Almond milk and Inulin". *Food Science and Technology International* 21(6):440-53. doi:10.1177/1082013214543705.

Bernat, Neus, Maite Cháfer, Amparo Chiralt, ve Chelo González-Martínez. 2015. "Probiotic Fermented Almond 'Milk' as an Alternative to Cow-Milk Yoghurt". *International Journal of Food Studies* 4(2):201-11. doi:10.7455/ijfs/4.2.2015.a8.

Briviba, Karlis, Volker Gräf, Elke Walz, B. Güamis, ve Peter Butz. 2016. "Ultra High Pressure Homogenization of Almond Milk: Physico-Chemical and Physiological Effects". *Food Chemistry* 192:82-89. doi:10.1016/j.foodchem.2015.06.063.

Burrowes, Ruth, ve Sharareh Hekmat. 2022. "Development of Probiotic Yogurt From Almond and Cow's Milk Using Lacticaseibacillus Rhamnosus GR-1". *Nutrition & Food Science* 53(6):995-1004. doi:10.1108/nfs-06-2022-0194.

Daryani, Drushti, Kakoli Pegua, ve Shalini S. Aryaa. 2024. "Review of plant-based milk analogue: its preparation, nutritional, physicochemical, and organoleptic properties". *Food Science and Biotechnology* 33(5):1059-73.

Demirgül, Furkan, ve Recep Demirgül. 2019. "Laktoz İntoleransın Prevalansi, Teşhisi Ve Laktozsuz Beslenme Tavsiyeleri". *Food and Health* 5(4):281-90.

Dhakal, Santosh, M. Mónica Giusti, ve V. M. Balasubramaniam. 2016. "Effect of High Pressure Processing on Dispersive and Aggregative Properties of Almond Milk". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(11):3821-30. doi:10.1002/jsfa.7576.

Dhakal, Santosh, Changqi Liu, Ying Zhang, Kenneth H. Roux, Shridhar K. Sathe, ve VM Balasubramaniam. 2014. "Effect of high pressure processing on the immunoreactivity of almond milk". *Food Research International* 62:215-22.

Dhiman, Sunny, Sukhminderjit Kaur, Babita Thakur, Pankaj Singh, ve Manikant Tripathi. 2025. "Nutritional Enhancement of Plant-Based Fermented Foods: Microbial Innovations for a Sustainable Future". *Fermentation* 11(6). doi:10.3390/fermentation11060346.

Di Renzo, Tiziana, Antonela G. Garzón, Stefania Nazzaro, Pasquale Marena, Angela Daniela Carboni, Maria Cecilia Puppo, Silvina Rosa Drago, ve Anna Reale. 2025. "An Overview of the Microbiological, Nutritional, Sensory and Potential Health Aspects of Tree Nut-Based Beverages". *Beverages* 11(5):144.

Duran, Gülseven, ve Mutlu Çevik. 2022. "Investigation of the Changes in Rheological Properties and Some Quality Characteristics of Probiotic Fermented Almond Milk With Added Different Ratios of Orange Juice". *Journal of Food Processing and Preservation* 46(5). doi:10.1111/jfpp.16562.

Ersan, Lütfiye Yılmaz, ve Esra Topçuoğlu. 2019. "Badem sütü ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların mikrobiyolojik ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri". *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 33(2):321-39.

Gbadamonsi, Awo Abdoulaye, Aysar Shihab Ahmed, Ahmed Seioudy, Turgay Taşkın, Sait Engindeniz, Çağrı Kandemir, ve Nedim Koşum. 2020. "Süt Tüketiminde Laktoz Duyarlılığının (İntolerans) Analizi: İzmir İli Bornova İlçesi Örneği". *Journal of Animal Production* 61(2):127-34.

Großmann, Lutz, Amanda J. Kinchla, Alissa A. Nolden, ve David Julian McClements. 2021. "Standardized Methods for Testing the Quality Attributes of Plant-based Foods: Milk and Cream Alternatives". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20(2):2206-33. doi:10.1111/1541-4337.12718.

Harmer, Isobel, Joel C. Craddock, ve Karen E. Charlton. 2025. "How do plant-based milks compare to cow's milk nutritionally? An audit of the plant-based milk products available in Australia". *Nutrition & Dietetics* 82(1):76-85. doi:10.1111/1747-0080.12906.

Hasan, Nor Aishah. 2012. "Almond milk production and study of quality characteristics". *Journal of Academia* 2(1):1-8.

Hill, Daragh, Ivan Sugrue, Elke K. Arendt, Colin Hill, Catherine Stanton, ve R. Paul Ross. 2017. "Recent Advances in Microbial Fermentation for Dairy and Health". *F1000research* 6:751. doi:10.12688/f1000research.10896.1.

Huang, Wenkang, Anran Dong, Huong Thi Pham, C. Zhou, Zhaotong Huo, Anders Peter Wätjen, Sangeeta Prakash, Claus Heiner Bang-Berthelsen, ve Mark S. Turner. 2023. "Evaluation of the Fermentation Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated From Herbs, Fruits and Vegetables as Starter Cultures in Nut-Based Milk Alternatives". *Food Microbiology* 112:104243. doi:10.1016/j.fm.2023.104243.

Kalkan, Selin, Kübra Incekara, Mustafa Remzi Otağ, ve Emel Ünal Turhan. 2025. "The Influence of Hazelnut Milk Fortification on Quality Attributes of Probiotic Yogurt". *Food Science & Nutrition* 13(5). doi:10.1002/fsn3.70235.

Kannan, Deepak, Akash Kumaran, Sanjay Venkatesan, ve S. Prabhu. 2021. "Development of Novel Fermented Almond Milk Tea and It's Evaluation as Antidiabetic Drink". *Journal of Pharmaceutical Research International* 75-87. doi:10.9734/jpri/2021/v33i231150.

Kavas, Nazan, ve Gökhan Kavas. 2022. "Yumurta beyazı protein tozu ve farklı disakkaritler ile zenginleştirilen badem sütünden yoğurt benzeri ürün üretimi". *Journal of Agriculture Faculty of Ege University* 59(2):335-46.

Kundu, Preeti, JyotiKA Dhankhar, ve AShA Sharma. 2018. "Development of non dairy milk alternative using soymilk and almond milk". *Current Research in Nutrition and Food Science Journal* 6(1):203-10.

Lipan, Leontina, Bogdan Rusu, Esther Sendra, Francisca Hernández, Laura Vázquez-Araújo, Dan Cristian Vodnar, ve Ángel A. Carbonell-Barrachina. 2020. "Spray Drying and Storage of Probiotic-enriched Almond Milk: Probiotic Survival and Physicochemical Properties". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100(9):3697-3708. doi:10.1002/jsfa.10409.

Liu, Yujun. 2025. "Application of Microbial Fermentation Technology in Improving Food Safety and Shelf Life". *Cell Biology Research* 6(3):56-61. doi:10.18063/cbr.v6i3.644.

Łopusiewicz, Łukasz. 2023. "Comparison of Homemade and Commercial Plant-Based Drinks (Almond, Oat, Soy) Fermented with Yogurt Starter Culture for Fresh Consumption". *Fermentation* 10(1):35.

Mohd Zaini, Nurul Solehah, Abedelazeez J. D. Khudair, Gengghatarani Gengan, Muhamad Hafiz Abd Rahim, Anis Shobirin Meor Hussin, Hamidah Idris, ve Aliah Zannierah Mohsin. 2023. "Enhancing the nutritional profile of vegan diet: A review of fermented plant-based milk as a nutritious supplement". *Journal of Food Composition and Analysis* 123:105567. doi:10.1016/j.jfca.2023.105567.

Öztürk, Rabia. 2022. "Pirinç sütü ve nohut sütü kullanılarak probiyotik fermente içecek üretimi". Yüksek Lisans Tezi, 81s, Bursa Uludag Universitesi, Bursa.

Paul, Anna Aleena, Satish Kumar, Vikas Kumar, ve Rakesh Sharma. 2020. "Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(18):3005-23. doi:10.1080/10408398.2019.1674243.

Ranvare, Abhishek R., Avinash Singh, Ankita Gautam, Sandeep G. M. Prasad, Suvartan Ranveer, ve Ganesh D. Khule. 2025. "A Mini-Review on Millet Milk: Extraction Techniques, Antinutrient Reduction and Product Development". *Asian Food Science Journal* 24(11):1-8. doi:10.9734/afsj/2025/v24i11823.

Sarangapany, Ashwin Kumar, Amirtha Murugesan, Amrutha Sri Annamalai, Azhagendran Balasubramanian, ve Akalya Shanmugam. 2022. "An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties–A Review". *Applied Food Research* 2(2):100130.

Sethi, Swati, Sanjeev Tyagi, ve Rahul Kumar Anurag. 2016. "Plant-Based Milk Alternatives an Emerging Segment of Functional Beverages: A Review". *Journal of Food Science and Technology* 53(9):3408-23. doi:10.1007/s13197-016-2328-3.

Shi, Hao, Jana Kraft, ve Mingruo Guo. 2020. "Physicochemical and Microstructural Properties and Probiotic Survivability of Symbiotic Almond Yogurt Alternative Using Polymerized Whey Protein as a Gelation Agent". *Journal of Food Science* 85(10):3450-58. doi:10.1111/1750-3841.15431.

Slade, Peter. 2023. "Does plant-based milk reduce sales of dairy milk? Evidence from the almond milk craze". *Agricultural and Resource Economics Review* 52(1):112-31.

Stall, Sharon, ve Gretchen Adams. 2017. "Can almond milk be called milk?" *Journal of Renal Nutrition* 27(3):e15-17.

Sun, Qingyang, Xiaowen Shi, Yue Zhao, Ruiguo Cui, Yaya Yao, Xiaoyu Liu, Haoran Wang, Li Zhang, ve Lijun Song. 2025. "Fermented Plant-Based Milks Based on Chestnut and Soybean: Comprehensive Evaluation of Fermentation Characteristics and Aroma Profiles Using Four Lactic Acid Bacteria Strains". *Foods* 14(14):2511.

Şanlı, Ezgi. 2017. "Yetişkin Bireylerde Süt ve Süt Ürünleri Tüketim Alışkanlığı ve Süte Karşı Hassasiyet Belirtileri Üzerine Bir Araştırma". Yüksek Lisans Tezi, 73s, Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ), Gazimağusa, Kuzey Kıbrıs.

Valencia-Flores, D., M. M. Hernàndez-Herrero, B. Güamis, ve V. Ferragut. 2013. "Comparing the Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization and Conventional Thermal Treatments on the Microbiological, Physical, and Chemical Quality of Almond Beverages". *Journal of Food Science* 78(2). doi:10.1111/1750-3841.12029.

Vanga, Sai Kranthi, ve Vijaya Raghavan. 2018. "How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?" *Journal of Food Science and Technology* 55(1):10-20. doi:10.1007/s13197-017-2915-y.

Yazıcı, G., T. Taşpınar, M. Güven, ve M. S. Özer. 2023. "An Overview of Plant-based Milk Alternatives". *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 11(3):587-602.

Yılmaz-Ersan, Lutfiye, Saliha Şahin, Tülay ÖZCAN, Arzu Akpinar-Bayizit, Buse Usta-Gorgun, Melike Ciniviz, ve Gokce Keser. 2022. "Interaction of Probiotic Activity, Antioxidative Capacity, and Gamma- Amino Butyric Acid (GABA) in Chestnut Milk-fortified Yogurt". *Journal of Food Processing and Preservation* 46(12). doi:10.1111/jfpp.17266.

Zhang, Yianna Y., Jaimee Hughes, ve Sara Grafenauer. 2020. "Got Mylk? The Emerging Role of Australian Plant-Based Milk Alternatives as A Cow's Milk Substitute". *Nutrients* 12(5). doi:10.3390/nu12051254.

Zhao, Jia, Bhesh Bhandari, Claire Gaiani, ve Sangeeta Prakash. 2021. "Physicochemical and microstructural properties of fermentation-induced almond emulsion-filled gels with varying concentrations of protein, fat and sugar contents". *Current research in food science* 4:577-87.

GIDA TEKNOLOJİSİNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ALP
KTO Karatay Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Pilotaj Bölümü
ORCID: 0000-0003-4272-8449

Dr. Öğr. Üyesi Halime ALP
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü
ORCID: 0000-0001-5833-9611

ÖZET
Son yıllarda bilim ve teknolojideki gelişmeler, gıda endüstrisinin çeşitli uygulama alanlarında yeni teknolojilerin uygulanmasına neden olmuştur. Yapay zekâ uygulamaları, birçok alanda olduğu gibi gıda mühendisliği ve teknolojisi alanında da ilgi çeken bir teknoloji haline gelmiştir. Yapay zekâ uygulamalarında bilgisayarların, bilgi toplama, algılama, yorumlama ve karar verme gibi insan zekâsına özgü yeteneklerle donatılması amaçlanmaktadır. Yapay zekâ temelli akıllı sistemlerin, gıdaların kalitesinin belirlenmesi, kontrol süreçleri, duyusal analizlerin gerçekleştirilmesi, gıdaların sınıflandırılması, tüketici eğilimlerinin ve raf ömrünün tahmini, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerindeki değişikliklerin erken belirlenmesi, gıda güvenliği, üretim, işleme, paketleme ve dağıtım gibi çeşitli aşamalardaki fonksiyonları, gıda endüstrisindeki uygulanma taleplerini artırmıştır. Ayrıca yapay zekâ teknolojileri, gıda sektörlerinin farklı alanlarındaki performansı artırmak için disiplinler arası ve gelecek vaat eden bir yaklaşım olup, gıda işleme teknolojisindeki çeşitli sorunların ölçülmesine yardımcı olmaktadır. Gıda teknolojisinde sorunların çözümü ve analizlerinin yapılmasında son yıllarda yaygın kullanılan yapay zekâ uygulamalarından bazıları; yapay sinir ağları (Neural Network), bulanık mantık (Fuzzy Logic), genetik algoritma (Genetic Algorithm) dır. Yapay zekâ uygulamaları ile, birçok değişken kısa zamanda analiz edilerek sonuçlandırılabilmekte ve araştırmaların hızlandırılması sağlanabilmektedir. Gıda güvenliği yönetim sistemlerinde ise yapay zekâ, tehlikelerin önlenmesi ve risklerin azaltılmasında veriye dayalı proaktif bir yaklaşım ile etkili bir rol oynamaktadır. Yapay zekâ uygulamalarının gıda teknolojisinde kullanımı ile, yenilikçi çözümler üretilerek verimliliğin artması ve daha akıllı, sürdürülebilir, izlenebilir ve tüketici odaklı çözümlerin üretildiği önemli bir dönüşüm süreci sağlanacaktır.
Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, gıda endüstrisi, gıda bilimi.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN FOOD TECHNOLOGY

ABSTRACT
In recent years, advances in science and technology have led to the application of new technologies in various application areas of the food industry. Artificial intelligence applications have become a technology of interest in food engineering and technology, as in many other fields. These applications aim to equip computers with capabilities unique to human intelligence, such as information gathering, perception, interpretation, and decision-making. The functions of AI-based intelligent systems in various stages, such as food quality determination, control processes, sensory analysis, food classification, consumer trends and shelf life prediction, early detection of changes in chemical and microbiological properties, food safety, production, processing, packaging, and distribution, have increased their demand for applications in the food industry. Furthermore, AI technologies are a promising interdisciplinary approach to improving performance in various areas of the food sector and help measure various problems in food processing technology.

Some of the AI applications widely used in recent years for problem solving and analysis in food technology include artificial neural networks, fuzzy logic, and genetic algorithms. With AI applications, many variables can be analyzed and concluded quickly, accelerating research. In food safety management systems, AI plays an effective role in preventing hazards and mitigating risks with a proactive, data-driven approach. The use of AI applications in food technology will enable a significant transformation process, resulting in increased efficiency by generating innovative solutions and more intelligent, sustainable, traceable, and consumer-focused solutions.
Keywords: Artificial intelligence, food industry, food science.

GİRİŞ

Son 40 yılda bilim ve teknolojideki özellikle bilgisayar donanım ve yazılım alanlarındaki hızlı gelişmeler, yeni algoritma ve metotların ortaya çıkması; birçok farklı bilim alanında olduğu gibi gıda endüstrisinde de yeni teknolojilerin uygulanmasına neden olmuştur. Bu yeni teknolojilerden olan yapay zekâ uygulamaları birçok avantajlarından dolayı, diğer disiplinlerde olduğu gibi gıda mühendisliği ve teknolojisi alanında ilgi çeken bir teknoloji haline gelmiştir.

Yapay zekâ tanımı literatürde birden farklı şekilde tanımlanmıştır. Bunlardan en yayın ve kabul gören 1999 yılında (Yurtoğlu, 2005) tarafından kapsamlı şekilde aşağıdaki gibi verilmektedir.

“Bir sinir ağı, basit işlem birimlerinden oluşan, deneyimsel bilgileri biriktirmeye yönelik doğal bir eğilimi olan ve bunların kullanılmasını sağlayan yoğun bir şekilde paralel dağıtılmış bir işlemcidir. Bu işlemci iki şekilde beyin ile benzerlik göstermektedir:

1. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreciyle çevreden elde edilir.
2. Elde edilen bilgileri biriktirmek için sinaps ağırlıkları olarak da bilinen nöronlar arası bağlantı güçleri kullanılır.”

Yapay sinir ağının (YSA) kökeni insan beyni nasıl çalışır modelini örnek alarak psikolojiye dayanmaktadır. Yapay sinir ağı paralel çalışan basit elementlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu elementler biyolojik sinir sisteminden ilham alarak nöron ismiyle anılmaktadır. Doğada olduğu gibi, çoğunlukla ağ fonksiyonu elementler arasındaki bağlantılar vasıtasıyla belirlenmektedir. Bir yapay sinir ağ, elementler arasındaki bağlantı ağırlıklarının değerlerini ayarlamak suretiyle özel bir fonksiyonu belirlemek için eğitilebilir (Alp, 2007).

Yapay zekâ temelli zeki sistemlerin uygulanmasıyla gıda üretim, işleme, kontrol, paketleme, dağıtım ve kalite süreçleri, duyusal analizlerin yapılması, gıda sınıflandırılması, gıdalarda mikrobiyolojik ve kimyasal özellik değişimlerin erken tespiti, tüketici taleplerinin belirlenmesi ve raf ömürlerinin daha gerçekçi tahmini, gıda güvenliği vb. alanlarda etkin kullanılmasıyla gıda endüstrisindeki uygulanma taleplerini artırmıştır. Son yıllarda, gıda teknolojisinde sorunların çözümü ve analizlerinin yapılmasında yaygın olarak yapay zekâ uygulamaları kullanılmaktadır. Yapay zekâ uygulamaları yardımıyla birçok kompleks problemler kısa zamanda analiz edilerek sonuçlandırılabilmekte ve araştırmaların hızlandırılması sağlanabilmektedir. Gıda güvenliği yönetim sistemlerinde yapay zekâ yöntemlerinin kullanılmasının temel amacı; veriye dayalı proaktif bir yaklaşım ile tehlikelerin önlenmesi ve risklerin azaltılmasıdır.

Gıda teknolojisinde yapay zekâ metotlarının kullanımıyla yenilikçi çözümler üretilmesi, verimliliğin artırılması, sürdürülebilir, izlenebilir ve tüketici odaklı çözümlerin daha hızlı elde edildiği geleneksel yöntemlere kıyasla yeni bir süreç başlanmış olacaktır.

Öğrenme algoritmaları, kendi kendine öğrenen veya adaptif algoritmalardır diye tanımlanır. Öğrenme algoritmaları bütün çözüm kümesi arasından bir çözüm kümesi arar. Fakat en uygun çözümü bulmayı garanti etmezler.

Buda öğrenme algoritmalarını doğru çözümden çok yaklaşım çözüm algoritmaları yapmaktadır. Bu yüzden kendi kendine öğrenen algoritmaları kullanırken daha iyi sonuçları elde etmek deneyimle olmaktadır. En popüler algoritmalar yapay sinir ağları, bulanık mantık ve genetik algoritmalardır (Alp, 2007).

- Yapay sinir ağları (Neural Network),
- Bulanık mantık (Fuzzy Logic),
- Genetik algoritma (Genetic Algorithm) dır.

YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

Günümüzde Yapay Sinir Ağları; Yapay zekâ alanında en yaygın olarak kullanılan metotlar arasında ilk sırada yer almaktadır. Yapay sinir ağları temel olarak daha önce karşılaşılmayan konular için verilen örnek verileri işleyerek karar veren mekanizmalar diye tanımlanabilir. Yapay sinir ağlarının (YSA) kökeni insan beyni nasıl çalışır modelini örnek alarak psikolojiye dayanmaktadır. Yapay sinir ağı paralel çalışan basit elementlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bu elementler biyolojik sinir sisteminden ilham alarak nöron ismiyle anılmaktadır. Doğada olduğu gibi, çoğunlukla ağ fonksiyonu elementler arasındaki bağlantılar vasıtasıyla belirlenmektedir. Bir yapay sinir ağ, elementler arasındaki bağlantı ağrılıklarının değerlerini ayarlamak suretiyle özel bir fonksiyonu belirlemek için eğitilebilir (Alp, 2007).

Yapay sinir ağları eğitim sonunda elde edilen, saklanan ağırlık değerleri ve fonksiyonlarını kullanarak bir genelleme yapabilmektedir. Veri sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama ve filtreleme, tahmin yetenekleri, sayesinde birçok alanda olduğu gibi gıda teknolojilerinde de en uygun şekle sokma, modelleme, süreç izleme, kalite kontrolü gibi amaçlarla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde yapay sinir ağları donanımsal olarak mikro kontroller üzerinde yer alan elektronik devreler vasıtasıyla veya yazılımsal olarak bilgisayarlar, telefonlar, tabletler vb. cihazlar üzerinde gerçekleştirilebilmektedir. Yapay sinir ağlarının temel özelliklerini sıralamak gerekirse; sayısal veriler yerine sembolik işlem yapma yeteneği, deneyime dayalı problem çözme yeteneği, matematiksel olarak formüle edilemeyen problemlerde yaklaşım yapılarak modelleme yapılması, öğrenme ve ezberleme yeteneklerinin olması (ezberleme yeteneği istenmeyen bir durum süreç boyunca kontrol edilmesi gerekmektedir.), doğru fonksiyonlar ve yapay sinir ağı modeli kurulmadığında hata oranının yüksek olması şeklinde sıralanabilmektedir.

Yapay sinir ağları klasik yöntemlere göre öğrenme, nonlineer çözümlerdeki başarı oranının yüksek olması, hata toleransı, büyük veri setleri ile çalışma gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca günümüzde hazır paket programların olması ve donanımlar üzerinde yapay zekâ çiplerinin tümleşik olarak gelmesi üstünlüklerinden dolayı tercih edilmektedir.

Yapay sinir ağları; Uzay Mühendisliği, Uçak Mühendisliği, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Sistem Kontrol Mühendisliği, Bilgisayar Mühendisliği, Kimya Mühendisliği, Gıda bilimi ve teknolojisi, İnşaat Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Savunma Teknolojileri, İşletme, Finans, Hukuk gibi pek çok alanda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Gıda bilimi ve teknolojisinde yapay zekâ ile görüntü işleme yöntemleri ile kalite kontrol ve süreç optimizasyonları başarılı olarak yürütülmektedir.

BULANIK MANTIK

Bulanık mantık ilk olarak 1965 yılında Lütfü Aliasker Zade' nin yayınladığı bir makale ile ortaya çıkmıştır. Temel olarak bulanık mantık insan beyninin çalışma prensibini örnek alarak ortaya çıkmış matematiksel sistem olarak tanımlanabilir. Bulanık mantık yapay zekâ bilim dalının alt dallarından biridir. Bulanık mantık küme teorisine dayanmaktadır.

Klasik mantık yöntemin de kontrol sistemlerinin temelinde mantıksal ifadeler ve bunlar arasındaki ilişkiler kullanılmaktadır. Bulanık mantık da ise sistemin matematiksel modeline gerek duyulmadan, dilsel değişkenler diye tarif edilen sıcak, az sıcak, çok sıcak, soğuk, çok soğuk, nemli, az nemli, çok nemli v.b. değişkenler kullanılarak karar verme işlemleri yapılmaktadır. Klasik mantıkta kümeler "0" veya "1" olarak ifade edilmesine rağmen, bulanık mantık insan mantığını taklit ederek belirsiz durumlarda karar vererek işlem yapabilmektedir. Klasik mantıkta bir eleman sadece bir kümenin elemanı olmasına rağmen bulanık mantıkta birden fazla kümenin elamanı olabilmektedir. Yapay sinir ağları gibi matematiksel olarak formüle edilemeyen veya nonlineer sistemlerde kolaylıkla uygulanabilmektedir.
Bulanık mantık insan beyni çalışma prensibinin örnek alarak belirsiz durumlarda daha iyi karar verebildiği için sistemlerin kontrol ve denetleme durumlarında daha iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca Gıda teknolojileri alanında sınıflandırma, süreç kontrolü, karar verme ve ürün değerlendirme, biyokimyasal süreçler ve eniyileme amaçlı olarak bulanık mantık yöntemleri kullanılmaktadır.

GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritmalar (GA), doğada yer alan biyolojik evrimi taklit eden ve doğal bir seçilim sürecine dayalı kısıtlı veya kısıtlı olmayan en iyileştirme problem çözüm yöntemi diye tarif edilmektedir. Genetik algoritmanın temelleri 1960 yılında John Henry Holland tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonrasında Michigan Üniversitesi öğrencileri ve J. Holland tarafından genetik algoritmalar geliştirilmiştir. Genetik algoritmalar geliştirilirken ilk hedef problem çözme metotları bulmak değildi. Asıl hedef evrende bulunan doğal uyarlama mekanizmasını bilgisayar ortamında sayısallaştırmaktı. J..Holland 1975' te yayınladığı Doğal ve Yapay Sistemlerde Uyarlama "Adaptation in Natural and Artifical Systems" isimli kitabında biyolojik evrim yasalarından esinlenerek en iyileştirme metodu olarak yaptığı çalışmaları genetik algoritma olarak özetlemiştir.
Genetik algoritma çalışma prensibi, bireysel çözümlerden oluşan nüfus dağılımını tekrar tekrar değiştirir. Genetik algoritmalar her iterasyonda mevcut nüfus dağılımından bireyleri rastgele seçer ve bunları bir sonraki neslin çocuklarını üretmek için ebeveyn olarak kullanır. Sonraki nesiller boyunca nüfus dağılımı en iyileştirme çözümüne doğru ilerler.
Literatür taramasında süreksiz, türevlenemez, stokastik veya doğrusal olmayan (nonlineer) problemler için standart en uygun şekle sokma algoritmaları kullanımı uygun olmadığı görülmüştür. Bu tür problemleri çözmek için genetik algoritmalar kullanılması daha uygun olacaktır. Klasik yöntemlerle genetik algoritmalar kıyaslandığında iki önemli fark olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunlar; ilk olarak klasik algoritmalar her tekrarda en iyileştirme çözümü için tek bir değer üretmesine rağmen, genetik algoritmalar ise en iyileştirme çözümü için nüfus dağılımındaki en iyi değer çözüme yaklaşmaktadır. Klasik algoritmalar çözüm dizisindeki bir sonraki değeri kesin olarak hesaplama ile seçer. Oysa genetik algoritma yönteminde rastgele olarak üretilen sayı dizileri bir sonraki nüfus değerleri için kullanılır.
Genetik algoritma uygulamalarında uzman bir matematik ve algoritma geliştirme bilgisine ihtiyaç duyulmadan problemler çözülebilmektedir. Birçok bilim dalında uygulandığı gibi Gıda ve Teknolojisi alanlarında ürün geliştirme, süreç modelleme, kalite kontrol, kapasite tahmini v.b. alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

YAPAY ZEKÂ VE GIDA ENDÜSTRİSİ

Süt Sektöründe Yapay Zekâ

Süt içme sütü ve çeşitli süt ürünlerin üretilmesinde kullanılmak üzere, farklı üretim merkezlerinden süt kamyonlarıyla süt fabrikalarına taşınmaktadır. Bazı ön işlemlerden geçtikten sonra, pastörize edilmekte ve pastörize edilmiş süt, farklı süt ürünlerinin yapımında kullanılmaktadır. Pastörizasyon, sütteki bakterileri uzaklaştırmak ve sütün raf ömrünü uzatmak için yapılmaktadır. İdeal sütün pH değeri yaklaşık 6.7 olmalıdır ve bu değerin altında veya üstünde süt çok çabuk bozulmaktadır. Süt soğutma işlemine tabi tutularak bozulması önlenebilmektedir. Genellikle soğutma işlemi süt istasyonunda yapılır ve süt bozulmadan önce araç toplama noktasına yönlendirilir. Bu sorunu çözmek için, yapay zekâ konseptlerine sahip kablosuz sensör ağı gibi etkili bir sistem gereklidir.

Yapay zekâ, süt endüstrisinde ineklerin sağımında da aktif bir rol oynar. İneklerin elle sağılması genellikle daha fazla zaman gerektirir. Bu süreyi kısaltmak için otomatik sağım makinesi veya sağım robotları kullanılmaktadır. Bu teknoloji 2000 yılında ABD' de ortaya çıkmış, fakat 1992 yılında Avrupa tarafından geliştirilmiştir (Meshram, Adil, & Ranvir, 2018). Yaklaşık 1754 adet sağım robotu kullanılmış olup, 2002 yılında beş yıl içinde 8190' a, 2010 yılında ise 16 bine ulaşmıştır. 2010 yılında sağım robotlarının % 30' u Almanya ve Fransa'da kullanılmıştır (Ramesh Babu, Nabokov, & Skvortsov, 2017).

İnekler robotik sağım süreci için eğitildikten sonra her ineğe, robotun ineği tanımlamasına ve yem vermesine yardımcı olan elektronik bir etiket takılır. Robot, meme uçlarına sağım kaplarını takar ve sağıma başlar. Daha sonra, her çeyrek sağımını tamamladıktan sonra kaplar çıkarılır ve robot inekten ayrılmadan önce bazı dezenfektanlar ile ineğin memesine püskürtülerek dezenfeksiyon sağlanır. Robotlar ayrıca lazer tarayıcı, ultrason ve Optik Rehberlik Sistemi (Optical Guidance System) yardımıyla sütte hastalık tespiti yapar. Herhangi bir hastalık işareti yoksa, süt soğutmaya gönderilir (Khoroshailo & Kozub, 2020). Bu robotlar, yapay zekâ programının bir parçası olan makine öğrenimi aracılığıyla bilgisayar görüşü elde edilmesini, algılamasını ve insanlardan öğrenmesini sağlayacak şekilde programlanmıştır.

Programlanmış CIP (Cleaning In Place) sistemleri yıkama düzenlemelerini gerçekleştirir. Bu CIP' ler iki farklı program içerirler: a) Yüzeyleri ve pastörizatörleri ısıtmak için ekipman içeren döner yıkamaya dayalı CIP programı. b) Saflaştırılmış sütün toplanması için tankları içeren döner yıkamaya dayalı CIP programları. Yapay zekâyı kullanarak, operatör belirli bir adımı seçme ve sistemden alınan sinyaller yardımıyla programı çalıştırma seçeneğine sahiptir. Bu sinyaller, farklı tanklardaki belirli sıvıların sıcaklık seviyelerini değerlendirmeye yardımcı olur (Memisi, Moracanin, Milijasevic, Babic, & Djukic, 2015). Süt ürünleri işletmesinde, robotlar tüketicinin istediği boyut ve şekillere göre çedar paketleme, kesme ve peynir kesiminde kullanılmaktadır. Özel tutucu sistem, çedar bloklarının alınmasını ve daha ileri işleme için bir taşıyıcıya yerleştirilmesini sağlamaktadır (Addanki, Patra, & Kandra, 2022; Meshram ve diğerleri, 2018).

Süt kalitesi, süt sektöründe analiz edilmektedir. Sütün sıcaklığı sürekli olarak izlenmektedir ve sıcaklığı düşük aralıkta (2-4°C) olmalıdır. Aksi takdirde süt bozulmaktadır. Süt kalitesini zamanında değerlendirmek zordur, ancak yapay sinir ağı teknolojisinin yardımıyla bozulmayı önlemek için çiğ süt sürekli olarak izlenmektedir (O'connell, Ruegg, Jordan, O'brien, & Gleeson, 2016). Bulanık mantık, çiğ sütün bozulmasını önlemek için depolanmasına yardımcı olur. Çiğ sütün bozulmasını önlemek için üç adım vardır: 1. Bulanık çıkarımlar kullanılarak sıcaklığın tahmin edilmesi. 2. Sıcaklık bilgilerini bulanık işlemeye yerleştirmek. 3. Süt çiftliklerindeki çalışanları alarma geçirmek. Sinir ağı ve bulanık mantık yardımıyla sütün bozulmasını önlemek mümkündür (Addanki ve diğerleri, 2022; Ma, Fan, Li, & Tang, 2018).

Gıdaların iç kalite özelliklerinin (doku, besleyicilik kalitesi ve bazı pestisitlerden kaynaklanan kusurlar) ve dış kalite özelliklerinin (şekil, boyut ve depolama sırasında renk değişimi, raf ömrü tahmini, kararma ve erime) belirlenmesi genel olarak, gıda denetçileri veya eğitimli denetçiler tarafından ya da cihazlar kullanılarak yapılmaktadır. Ayrıca ürünlerin kalite özelliklerinin belirlenmesinde, farklı türde Bilgisayarlı Görüntüleme Sistemleri (CVS) de kullanılmaktadır (Addanki ve diğerleri, 2022; Lakshmi ve diğerleri, 2017).

İçecek Endüstrisinde Yapay Zekâ

İçecekler üç kategoriye ayrılmaktadır: (a) alkollü içecekler, (b) alkolsüz içecekler, (c) sıcak içecekler. Alkollü içecekler arasında bira, şarap, sert içkiler bulunurken; alkolsüz içecekler arasında meyve suları, soda, süt ve Coca Cola, Thums Up, Miranda gibi gazlı içecekler yer alır. Sıcak içecekler ise çay, kahve, sıcak çikolata gibi içecekleri kapsamaktadır (Gonzalez Viejo, Torrico, Dunshea, & Fuentes, 2019).

Biranın fermantasyon süreci, mayanın havalandırılmış şıraya eklenmesiyle başlamaktadır. Maya, şırada bulunan besinleri tüketmeye başlar ve büyür. Bu sırada maya, alkol ve metabolitlerin üretilmesine yardımcı olmaktadır. Bu fermantasyon, şıradaki şekerler önceden belirlenmiş bir konsantrasyon seviyesine düştüğünde sona erer, şıra hafifledikçe şekerlerden daha fazla alkol üretilmektedir. Fermantasyon sürecinde düzenlenmesi gereken faktörler oksijen içeriği, sıcaklık ve mayalanma hızıdır. Fermantasyonu etkileyen diğer faktörler ise şıra bileşimi ve maya durumudur. Maya ve şıranın tutarsızlığı dengelenebilmektedir. Bu şekilde, mayanın etkinliği sınırlı olduğunda, damıtma tesisleri mayalama oranını artırabilir veya oksijen seviyelerini ve sıcaklığı bir miktar yükseltebilirler. Geleneksel proseste sürekli izleme mümkün olmasa da, yapay zekâ ve programlanmış araçları yardımıyla bira üretim süreci izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir (Addanki ve diğerleri, 2022; Vassileva & Mileva, 2010).

CVS, bulanık mantık, sinir ağı ve hibrit zekâ yöntemi gibi yapay zekâ yaklaşımları kullanılarak bira üretim sürecinin kontrolü sağlanabilmektedir. Biranın kalitesi, yüksek alkoller ve yağ asitlerini tespit etmek için gerçek proses verilerine dayalı bulanık kurallar kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Yapay Sinir Ağı, biranın fermantasyon sürecinin raporlanmasına yardımcı olmaktadır (Vassileva & Mileva, 2010).

Alkolsüz İçeceklerde Yapay Sinir Ağları (ANN)

Derin Evrişimli Sinir Ağı (DCNN) adı verilen bir yapay sinir ağı sınıfı, kilo alımını veya obeziteyi kontrol etmek için alkolsüz içeceklerin besin değerlerinin analizine yardımcı olmaktadır. Bu teknik ile, besinsel içerik şişe boyutu ve kap oranına göre tahmin edebilmektedir. Sadece gazlı içecekler için değil, diğer meyve bazlı içecekler için de kullanılabilmektedir (Hafiz, Haque, Rakshit, & Uddin, 2022).

Sıcak İçeceklerde Yapay Sinir Ağları

Elektronik burun, koku alma duyusunun incelenmesinde bir yeniliktir. İnsanların koku alma sisteminin prensibi üzerinde çalışmakta, şarap ve kahve endüstrilerinde koku alma amacıyla kullanılabilen gaz sensörlerini kullanmaktadır. Elektronik burun, gıda endüstrilerinde ve içeceklerde ürünlerin kalitesini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Kavrulmuş kahvenin verimliliği, Amerika Özel Kahve Birliği (SCAA) Teknik Standartlar Komitesi tarafından belirlenen standartlara uygun olarak, kahve tadım yöntemiyle belirlenmektedir (Thazin, Pobkrut, & Kerdcharoen, 2018).

Başlangıçta 5 g kahve çekirdeği toz haline getirilmiş, ardından 93–97°C sıcaklıkta kaynar suda 3–5 dakika demlenmiştir (Lingle & Menon, 2017). Veriler, radyal tabanlı YSA fonksiyonu ile tahmin edilen kupalama yöntemi kullanılarak toplanmıştır.

E-burun' da bulunan gaz sensörlerinden gelen sinyaller, LabVIEW programı kullanılarak bilgisayarda analiz edilir. E-burun' dan gelen veriler, çok değişkenli veri analizi ile analiz edilir. Bu deney prosedürü üç bölüme ayrılmıştır: birincisi, sıvı kahvelerin sıcaklığının (10°C ila 90°C) etkisi (koku özellikleri) ve ikincisi, farklı kahve kavurma derecelerinin asitlik seviyelerinin sınıflandırılmasıdır. Son olarak, acılık seviyeleri insanlar tarafından test edilir ve radyal tabanlı YSA fonksiyonu ile yönlendirilir (Thazin ve diğerleri, 2018).
E-buruna benzer şekilde, elektronik dil de süt, kahve, çay, şarap ve bira gibi farklı içecek türlerinin kalitesini kontrol etmek için kullanılır. Bu e-dil kullanılarak tespit edilen parametreler tuzluluk, ekşilik ve acılıktır (Addanki ve diğerleri, 2022; Tan & Xu, 2020).

Meyve ve Sebzelerin Kesilmesi ve Sınıflandırılmasında Yapay Zekâ

Meyve ve sebzeler ülkeye önemli katkılarda bulunsa da yanlış yetiştirme, bakım eksikliği, hasat ve hasat sonrası kayıplar ve artan işçilik maliyetleri nedeniyle meyve ve sebzelerin üretimi yavaş yavaş azalmaktadır. Verimliliği artırmak ve kayıpları azaltmak için otomasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu otomasyon, yapay zekânın bir parçası olan bilgisayarlı görüntülemeyi (CV) gerektirmektedir. CV, sebze ve meyveleri kalitelerine göre sınıflandırmak ve ayrıca içlerindeki hasarları tespit etmek için farklı yazılımlar kullanmaktadır (Gill, Sandhu, & Singh, 2014; Makkar, Verma, Yogesh, & Dubey, 2017).
X-ışını görüntüleme teknolojisi, hastalıkları tespit etmeye yardımcı olan en iyi tahribatsız yöntemlerden biridir. Örneğin mangoların kalitesi, X-ışını görüntüleme teknikleri ve geliştirilen Yapay Bağışıklık Sistemleri (AIS) kullanılarak tespit edilir. Görüntü işleme tekniği adı verilen bir diğer teknik ise mangoların renk, şekil, boyut ve yüzey alanı gibi fiziksel özelliklerini görüntülerden analiz eden, tespit eden ve segmentlere ayıran bir yöntemdir. Ayrıca yapılan bir çalışmada da Temel Bileşen Analizi (PCA) ve Doğrusal Ayrım Analizi (LDA) gibi diğer bazı teknikler, mangoların en iyi verimi elde etmek için 7. veya 8. haftada verim sağladığını belirtmektedir (Addanki ve diğerleri, 2022) .
Rekabetçi Öğrenme Sinir Ağı sınıflandırıcısı, mangoların derecelendirmesini analiz etmek ve hesaplamak için bulanık görüntü işleme kullanan yöntemler formüle etmiştir. Bu teknikler yalnızca mangolar için değil, diğer meyveler için de kullanılmaktadır (Addanki ve diğerleri, 2022; Gill ve diğerleri, 2014).

Fırıncılık Ürünlerinde Yapay Zekâ

Her sektörde otomasyon hızla artmakta olup, fırıncılık sektörü de bu durumdan etkilenmiştir (Ervin, 2017). Fırın ürünleri birçok renkte, şekilde ve boyutta bulunmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde sınıflandırma, ürünlerin taşınma ve paketlenmesi sırasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Eski dönemlerde ise, görsel muayene genellikle kalite kontrol yöntemi olarak kullanılıyordu (Nashat & Abdullah, 2016).
Ekmek, fırıncılık endüstrisinde çeşitli süreçlerden geçerek üretilmektedir. Genellikle ekmek yapımı, canlı mikroorganizmaların, yani mayaların hamura aşılanmasını gerektirir. Ekmek yapımındaki herhangi bir adım mükemmel bir şekilde gerçekleştirilmezse, ekmek kalitesi düşmektedir (Addanki ve diğerleri, 2022). Fırın ürünlerinin üretiminin uygun şekilde düzenlenmesi, ekmek yapımında kaynakların ekonomik kullanımı ve otomatik kontrol sistemlerinin uygulanması, endüstrinin öncelikleri arasında olup, bu durum ürünlerin kalitesini etkilemekte, maliyetleri düşürmekte ve kâr artışını sağlamaktadır. Otomatik kontrol sistemlerinin fırıncılık ürünlerinin üretiminde uygulanması, verimlilik ve üretim kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Ekmek üretiminde ana teknolojik hatlarda elektrik ve yakıt tasarrufu yapmak önemlidir. Kaynak verimliliğini artırmak, fırıncılık ürünleri yapımında doğru bilgilerin artırılması başka bir yaklaşımdır (Khorolskyi, Yermak, Bavyko, Korenets, & Riabykina, 2018).

Robotik teknoloji kompleksi, otomatik bir kontrol sistemini içermektedir. Ekşi hamur ve hamurun reolojik özellikleri, hamurun kaldırma kuvveti, ekşi hamurun aktif asitliği, hamurun asitliği ve kokusu, hamurun şekil oluşturma yeteneği, hamurun mayalanma süresi, mayalanma sıcaklığı, mayalama dolabındaki nem ve hamurun ağırlığı sensörler tarafından kontrol edilmektedir. Ekmeğin gözenekliliği, asitliği, boyutu, nemi, yumuşak iç kısmın merkezi sıcaklığı, hamurun pişme süresi sensör sistemi ve görselleştirme sistemi (VS) tarafından dolaylı olarak kontrol edilmektedir (Khorolskyi ve diğerleri, 2018).
Genel olarak, fırıncılık ürünlerinde bileşenleri karıştırma işleminden paketlemeye kadar geçen tüm süreç yaklaşık 3 saat sürer. Ürün kalitesinin belirlenmesi ise genellikle bir saat sürmektedir. Bir gıda kalite sensörü ise, gıdaların fiziksel veya kimyasal özelliklerinden kaynaklanan tepkileri elektrik sinyallerine dönüştürmektedir. Çalışma moduna bağlı olarak sensörler, çevrimiçi veya çevrimdışı olarak işlev görürler (Sharuda & Kyshenko, 2010). Ekmeğin kalitesi, genellikle ekmeğin kesiminden sonra bir kamera kullanılarak ekmeğin iç yapısının incelenmesiyle kontrol edilir. Burada ekmek kalitesini belirlemek için boyut ve hamur gözenekliliği değerlendirilir. Bu cihazlar, ekmek çeşitliliğine ve miktarına bağlı olarak unlu mamullerin izlenmesine ve verilerin gerçek zamanlı olarak analiz edilmesine yardımcı olur (Addanki ve diğerleri, 2022).

Restoranlarda Yapay Zekâ

Yapay zekâ robotlarının kullanımı dünya çapında iyi bilinmektedir ve bu teknolojinin uygulanması sanayi üretiminden hizmet sektörüne kadar yayılmaktadır. Farklı türdeki robot çeşitleri rehberlik, karşılama ve dağıtım hizmetlerinde insanların yerini kolayca alabilmektedir. Restoran robotları, sebzelerin yıkanması ve kesilmesinden, tabakların ayrılmasına, hatta servis ve tabak temizliğine kadar birçok alanda kullanılabilir.
Restoranlarda kullanılan robotların farklı işlevleri ve özellikleri vardır. Çoğu, restoranın arka kısmında konumlandırılan robotlar endüstriyel robotlardır. Restoranın ön kısmındaki robotlar ise hizmet robotlarıdır. Garson robot olarak tanımlanan robot türü, bir taban ve otomatik bir servis asansöründen oluşur. Bu robot üç aşamalı olarak çalışmakta ve insan garsonların yerini almaktadır. Ayrıca, yiyecekleri zamanında saklayarak temiz ve sıcak kalmasını sağlarlar. Robot masaya vardığında bir açılır kapanır köprü kapısı açılır ve teslim edilmesi gereken tepsi kapı açıklığına kaldırılır. Daha sonra yemek kapıdan dışarı yuvarlanarak müşteriye ulaştırılır. Burada kullanılan enerji kaynağı bir çift 24V lityum polimer pilden oluşmaktadır (Yuqi & Young-Hwan, 2020). Yüksek masalardan oluşan restoranlarda robotların erişimi için, taban ile servis asansörü arasına özel bir motor bağlanır ve robotu bu yüksekliğe kaldırmak için kullanılmaktadır. Robot İşletim Sistemi' nde (ROS), belirli bir matematiksel model ve programlama kodu oluşturulur ve orijinal modele olduğu gibi robot modeline uygulanır. Robotiklerin kontrolü, restoranın masa düzeninin tamamını gösteren görselleştirilmiş haritalar ile gerçekleştirilmektedir (Addanki ve diğerleri, 2022; Omara & Sahari, 2015).

YAPAY ZEKÂ VE GIDA GÜVENLİĞİ

Gıda güvenliği, insanların sağlığının korunmasını sağlamak amacıyla gıdaların her türlü bozulma ve bulaşma etkeninden uzak bir şekilde üretilmesini ve tüketiciye ulaşmasını sağlayan bir sistemdir. Gıda endüstrisinde gıda güvenliği sistemlerinin iyi bir şekilde çalışması, insanların sağlığının korunması, tüketici güveninin sağlanması ve ekonomik kayıpların azaltılması açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenle, gıda işletmelerinde insan sağlığı üzerinde etkili olan çeşitli tehlikelerin önlenebilmesi ve azaltılabilmesi açısından, gıda güvenliği sistemi içerisinde çeşitli standartların oluşturulması ve izlenebilirliğinin sağlanması kritik öneme sahiptir.

Yapay zekâ derin öğrenme ve yapay sinir ağları gibi uygulamaların bazı teknolojilerle birlikte kullanılmasıyla, gıda güvenliği sistemlerinde önemli bir teknolojik uygulama haline gelmiştir. Sensör sistemleri, veri bilimi ve makine öğrenimi gibi yöntemler, bu alandaki önemli teknolojik gelişmelerdir (Çakıroğlu & Aral, 2025).

Yapay zekâ teknolojisinin bir kuruluştaki gıda sistemleri üzerindeki potansiyelini göstermek için, yapay zekâ teknolojisini ikiye ayrılmaktadır. Birincisi, potansiyel gıda güvenliği sorunlarını doğrudan, örneğin mikrobiyal yükler gibi verileri kullanarak tespit eder; bu türe doğrudan yapay zekâ denilmektedir. İkincisi ise, gıda güvenliği sorunlarını dolaylı göstergelerden çıkarır; örneğin, gıda güvenliği sorunlarının analizi için tedarik zinciri, eğitim uyumluluğu veya finansal verileri kullanmaktadır. İkincisine ise dolaylı yapay zeka denilmektedir (Kudashkina, Corradini, Thirunathan, Yada, & Fraser, 2022).

Gıda güvenliğinde doğrudan yapay zekâya bir örnek, sıcaklık noktaları veya mikrobiyal yük sayıları gibi verileri analiz etmek için kullanılan algoritmalar olabilir. Günümüz Gıda Yönetim Sistemleri' nde, doğrudan yapay zekâ, esas olarak ürünleri kontaminasyon veya tağşiş açısından test etmek için HACCP planlarının bir parçası olarak kullanılmaktadır. Örneğin, et veya tahıl gibi gıdalar bir spektrofotometre ile taranır ve bu ürünlerin birden fazla özelliği tek bir tarama ile değerlendirilebilmektedir. Bu karmaşık veriler daha sonra, ürünün mikrobiyal veya fungal kontaminasyonunu tahmin etmek için derin çok katmanlı yapay sinir ağları tarafından analiz edilir (Ellis, Broadhurst, Kell, Rowland, & Goodacre, 2002). Doğrudan yapay zekâ kullanımına bir başka örnek de tavuk ve hindi gibi türleri ayırt etmek için spektroskopik verilerin analiz edildiği genetik algoritmalar kullanılarak hileli faaliyetlerin ve tağşişin tespitidir (Ellis, Broadhurst, Clarke, & Goodacre, 2005). Gıda Yönetim Sistemleri' nin ön koşul programlarının bir diğer unsuru da doğrudan yapay zekâdan yararlanmalarıdır. Makine öğrenimi algoritmaları, bir ekipman temizleme döngüsünün deterjan ekleme aşamasından durulama aşamasına ne zaman değiştirileceğini tespit etmek ve böylece su ve kimyasal kullanımını azaltmak için çoklu sensör sistemlerinde kullanılmıştır (Kudashkina ve diğerleri, 2022; Simeone, Watson, Sterritt, & Woolley, 2016).

Gıda güvenliği bağlamında dolaylı yapay zekâ örnekleri arasında, gıda üretim şirketlerinin envanter takibine yardımcı olan teknolojilerin kullanımı ve böylece tedarik zincirinin optimize edilmesi yer alır. Envanter takibi ve tedarik zincirinin optimize edilmesi, Gıda Yönetim Sistemleri' nin bir diğer unsuru olan, gelen tüm malzemeleri ve giden ürünleri takip eden izlenebilirlik ve geri çağırma sistemlerinin parçalarıdır. Envanter takibinde, yapay zekâ algoritmaları, yıl boyunca emtia talebini tahmin etmek için kullanılır (Du, Leung, Zhang, & Lai, 2013). Böylece bir envanter yöneticisi emtiayı ne zaman ve ne miktarda sipariş edeceğini bilir. Bu tahminler, mevsimsel taleplerin yönetilmesinde faydalıdır. Tedarik zinciri optimizasyonunda, bir ürünün bileşenleri, tedarikçiden üreticiye kadar olan ilerlemelerini izlemek ve verileri bulut veri depolama alanına göndermek için radyo frekansı tanımlayıcılarıyla etiketlenir. Yapay zekâ algoritmaları daha sonra verileri, nakliye rotasını optimize etmek ve bileşenlerin raf ömrünü azaltan çevresel koşullara (örneğin, önerilenin üzerindeki sıcaklıklar) maruz kalması durumunda tedarikçileri bilgilendirmek için kullanır (Wang & Yue, 2017). Bu tür maruziyetleri önleyen göstergelerin belirlenmesi, gıda güvenliği sorunlarının önceden önlenmesine yardımcı olur (Kudashkina ve diğerleri, 2022).

Gıda şirketleri için dolaylı yapay zekâ kullanımına bir başka örnek, gıda salgınlarını yaygınlaşmadan önce tespit etmek için sosyal medya gönderilerini toplamak ve analiz etmektir. Sosyal medya veri madenciliği alanındaki son araştırmalar, doğal dil işleme, sınıflandırma ve toplama gibi çeşitli tekniklerin kullanıldığı çalışmaları içermektedir (Harris ve diğerleri, 2017; Sadilek ve diğerleri, 2018). Sosyal medya veri madenciliği, sağlık denetimlerinin doğruluğunu artırmaya ve gıda kaynaklı hastalıkları tespit etmeye yardımcı olur.

Yukarıdaki dolaylı yapay zekâ örneklerinin tümü, öngörücü teknolojinin modern uygulamalarının öncü göstergeler geliştirmek için nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Gıda şirketleri, Gıda Yönetim Sistemleri için öncü göstergeler oluşturmak amacıyla öngörücü analitiği ve veri bilimini gıda endüstrisine entegre ederek kullanabilirler (Kudashkina ve diğerleri, 2022).

Yapay zekâ ve robotik mekanizmaların gıda işleme ve üretim endüstrilerine dahil edilmesinin en iyi nedenlerinden biri de robotların her zaman steril, yani enfekte olmamış olmasıdır. İnsanlar soludukları halde bile birçok mikrop ve hastalık taşıdıkları için, özellikle gıda üretim sektöründe çalışırken tehlikelidir. Robotların kullanılmasıyla, gıda kaynaklı hastalıklardaki sürekli artış, büyük ölçüde azalacaktır (Khan, 2022).

SONUÇ

Son zamanlarda yapay zekâ uygulamaları, gıda teknolojisi ve endüstrisinde de önemli bir ilgi konusu haline gelmiştir. Yapay zekâ, gıda endüstrisinde otomasyon, modelleme, tahmine dayalı analizler, kontrol araçları, gıda kurutma, duyusal değerlendirme, gıdaların kalite kontrolü ve gıda işlemedeki zorlu sorunların çözümü dahil olmak üzere çok sayıda uygulama alanı bulmaktadır. Çeşitli yapay zekâ uygulamalarının gıda güvenliği ve kalite kontrol yönetim sistemlerinde kullanılmasıyla birlikte, izlenebilirliğin, sürekliliğin ve yüksek verimli bir üretim anlayışının gerçekleştirilmesi sağlanabilecektir. Ayrıca, yapay zekâ destekli elektronik burun ve elektronik dil gibi çeşitli sensörler, gıda ile ilgili çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Yapay zekâ, gıda ve diğer uygulamalarda oldukça umut verici bir araç olsa da bu alanda veri erişimlerinin sağlanması, eksikliklerin giderilmesi, kullanıcı farkındalıklarının oluşturulması gerekmekte olup, daha fazla gelişme ve yenilik için bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Addanki, M., Patra, P., & Kandra, P. (2022). Recent advances and applications of artificial intelligence and related technologies in the food industry. Applied Food Research, 2(2), 100126.

Alp, H. (2007). Sezgisel yöntemlerle paralel mekanizmaların çalışma uzayı analizi.

Çakıroğlu, E. C., & Aral, G. İ. (2025). Gıda Endüstrisinde Yapay Zeka Uygulamaları. Akademik Et ve Süt Kurumu Dergisi(9), 28-36.

Du, X. F., Leung, S. C., Zhang, J. L., & Lai, K. K. (2013). Demand forecasting of perishable farm products using support vector machine. International journal of systems Science, 44(3), 556-567.

Ellis, D. I., Broadhurst, D., Clarke, S. J., & Goodacre, R. (2005). Rapid identification of closely related muscle foods by vibrational spectroscopy and machine learning. Analyst, 130(12), 1648-1654.

Ellis, D. I., Broadhurst, D., Kell, D. B., Rowland, J. J., & Goodacre, R. (2002). Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of meat by Fourier transform infrared spectroscopy and machine learning. Applied and environmental microbiology, 68(6), 2822-2828.

Ervin, J. (2017). User acceptance of baking automation: An extension of the unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT) to manufacturing. Northcentral University,

Gill, J., Sandhu, P. S., & Singh, T. (2014). A review of automatic fruit classification using soft computing techniques. Paper presented at the Int. Conf. Comput. Syst. Electron. Eng.

Gonzalez Viejo, C., Torrico, D. D., Dunshea, F. R., & Fuentes, S. (2019). Emerging technologies based on artificial intelligence to assess the quality and consumer preference of beverages. Beverages, 5(4), 62.

Hafiz, R., Haque, M. R., Rakshit, A., & Uddin, M. S. (2022). Image-based soft drink type classification and dietary assessment system using deep convolutional neural network with transfer learning. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 34(5), 1775-1784.

Harris, J. K., Hawkins, J. B., Nguyen, L., Nsoesie, E. O., Tuli, G., Mansour, R., & Brownstein, J. S. (2017). Using Twitter to identify and respond to food poisoning: the food safety STL project. Journal of Public Health Management and Practice, 23(6), 577-580.

Khan, R. (2022). Artificial intelligence and machine learning in food industries: A study. Journal of Food Chemistry & Nanotechnology, 7(3), 60-67.

Khorolskyi, V., Yermak, S., Bavyko, O., Korenets, Y., & Riabykina, N. (2018). Technological complex of automated control and management of water purification and bread production with robotic technologic intensifiers.

Khoroshailo, T., & Kozub, Y. (2020). Robotization in the production of dairy, meat and fish products. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

Kudashkina, K., Corradini, M. G., Thirunathan, P., Yada, R. Y., & Fraser, E. D. (2022). Artificial Intelligence technology in food safety: A behavioral approach. Trends in Food Science & Technology, 123, 376-381.

Lakshmi, S., Pandey, A., Ravi, N., Chauhan, O., Gopalan, N., & Sharma, R. (2017). Non-destructive quality monitoring of fresh fruits and vegetables. Defence Life Science Journal, 2(2), 103-110.

Lingle, T. R., & Menon, S. N. (2017). Cupping and grading—Discovering character and quality. In The craft and science of coffee (pp. 181-203): Elsevier.

Ma, W., Fan, J., Li, Q., & Tang, Y. (2018). A raw milk service platform using BP Neural Network and Fuzzy Inference. Information Processing in Agriculture, 5(3), 308-319.

Makkar, T., Verma, S., Yogesh, & Dubey, A. K. (2017). Analysis and detection of fruit defect using neural network. Paper presented at the International conference on recent developments in science, engineering and technology.

Memisi, N., Moracanin, S. V., Milijasevic, M., Babic, J., & Djukic, D. (2015). CIP cleaning processes in the dairy industry. Procedia Food Science, 5, 184-186.

Meshram, B., Adil, S., & Ranvir, S. (2018). Robotics: An emerging technology in dairy and food industry. IJCS, 6(2), 440-449.

Nashat, S., & Abdullah, M. (2016). Quality evaluation of bakery products. In Computer vision technology for food quality evaluation (pp. 525-589): Elsevier.

O'connell, A., Ruegg, P., Jordan, K., O'brien, B., & Gleeson, D. (2016). The effect of storage temperature and duration on the microbial quality of bulk tank milk. Journal of dairy science, 99(5), 3367-3374.

Omara, H. I. M. A., & Sahari, K. S. M. (2015). Indoor mapping using kinect and ROS. Paper presented at the 2015 International Symposium on Agents, Multi-Agent Systems and Robotics (ISAMSR).

Ramesh Babu, N., Nabokov, V., & Skvortsov, E. (2017). Classification and features of robotics in agriculture. Agrarian Bulletin of the Urals, 2(156), 82-88.

Sadilek, A., Caty, S., DiPrete, L., Mansour, R., Schenk Jr, T., Bergtholdt, M., . . . Gabrilovich, E. (2018). Machine-learned epidemiology: real-time detection of foodborne illness at scale. NPJ digital medicine, 1(1), 36.

Sharuda, S., & Kyshenko, D. (2010). Intelligent system of scenario management of bakery production. East European Journal of Advanced Technologies, St. Petersburg, Russia, 46, 66-70.

Simeone, A., Watson, N., Sterritt, I., & Woolley, E. (2016). A multi-sensor approach for fouling level assessment in clean-in-place processes. Procedia Cirp, 55, 134-139.

Tan, J., & Xu, J. (2020). Applications of electronic nose (e-nose) and electronic tongue (e-tongue) in food quality-related properties determination: A review. Artificial Intelligence in Agriculture, 4, 104-115.

Thazin, Y., Pobkrut, T., & Kerdcharoen, T. (2018). Prediction of acidity levels of fresh roasted coffees using e-nose and artificial neural network. Paper presented at the 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST).

Vassileva, S., & Mileva, S. (2010). AI-based software tools for beer brewing monitoring and control. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 24(3), 1936-1939.

Wang, J., & Yue, H. (2017). Food safety pre-warning system based on data mining for a sustainable food supply chain. Food Control, 73, 223-229.

Yuqi, Z., & Young-Hwan, P. (2020). A study on the service expansion of restaurant serving robot-A case study of Haidi Lao smart restaurant in Benjing. China. Journal of the Korean Covergence Society, 11(1), 17-25.

Yurtoğlu, H. (2005). Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: bazı makroeknomik değişkenler için Türkiye örneği: DPT.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

THE EFFECTS OF DIFFERENT MIXING SPEEDS ON TEXTURAL CHARACTERISTICS OF GLUTEN-FREE BUCKWHEAT (*Fagopyrum esculentum*) BREAD

Dr. Merve AYDIN
Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering
ORCID: 0000-0002-0626-9911

Dr. Robert IWAŃSKI
Food Science and Technology Department, Faculty of Food Sciences and Fisheries, West Pomeranian University of Technology
ORCID: 0000-0003-4160-2182

ABSTRACT
In recent times, buckwheat has become a particularly important ingredient in the diets of celiac and gluten-sensitive patients due to its high nutritional content and gluten-free nature. Breads made from gluten-free raw materials such as buckwheat have significantly weaker structure-building abilities in comparison to those containing gluten, resulting in a cake-like consistency, reduced elasticity, and sticky texture. Insufficient gluten-free dough volume can be significantly improved by optimizing mechanical aeration through mixing and gelatinization of starch. Therefore, the present study compared the textural properties, such as strength, hardness, adhesiveness, and gumminess, of gluten-free bread obtained by mixing buckwheat bread dough in different mixing rotations (2, 4, and 6) and applying microwave pretreatment. The highest hardness (0.13 N), gumminess (0.09 N) and chewiness values were determined in rotation 6 and microwave-treated buckwheat bread (BMW6) ($p>0.05$). As the rotation speed increased, the adhesiveness (0.01 N.s), cohesiveness (0.01) and resilience (0.00) values exhibited no change. Retrogradation results of the bread on the seventh day resulted in an increase in the hardness and gumminess properties of the BMW2 sample, and in the adhesiveness value of the BMW4 sample. However, the chewiness value decreased in the BMW4 after retrogradation. Consequently, an increase in the rotation speed during gluten-free buckwheat bread production has not demonstrated a negative effect on the textural properties of the bread.
Keywords: Buckwheat, mixing speed, bread, hardness, adhesiveness, gumminess

INTRODUCTION
Celiac disease is a gastrointestinal system disorder in which gluten ingestion causes damage to the small intestinal mucosa by an immune-mediated mechanism in individuals consuming wheat, rye, barley, triticale, and some types of oats (Tye-Din and Anderson, 2008; Comino et al., 2011). The only remedy for this health problem is a gluten-free diet. The gluten-free diet consists of gluten-free grains (corn, rice, sorghum, millet, and teff) and so-called grains (buckwheat, quinoa, and amaranth) as well as other foods that are naturally gluten-free (potatoes, tapioca, nuts, oilseeds, legumes, fruit, and vegetables) (Šmídová and Jana Rysová, 2022).
Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) is a gluten-free pseudocereal in the Polygonaceae family and is commonly grown in Asia, Europe and America (Bonafaccia et al., 2003). The buckwheat is a good source of starch, protein, lipid, dietary fiber, and mineral source. It is also of interest as a potential ingredient for functional foods when combined with other bioactive components such as phenolic compounds and phytosterols (Krkošková and Mrázová, 2005; Gimenez-Bastida and Zieliński, 2015).

Compared to wheat, buckwheat has a higher biological value, mainly due to its higher lysine content and balanced essential amino acid composition (Mota et al. 2016). Therefore, it is preferred for patients with gluten sensitivity (Khan et al. 2012; Guo et al. 2017). The buckwheat and its flour are used by the food industry (such as alcoholic beverages, blended breads, and noodles) for their functional and organoleptic properties (Mir et al., 2018).
Due to its lack of structure-forming ability, gluten-free dough tends to have a higher water level, so it is more like cake batter than dough, and is significantly less elastic and sticky (Demirkesen and Özkaya, 2022). Insufficient gluten-free dough volume can be significantly improved by optimizing mechanical aeration with mixing (Elgeti et al., 2015). Mixing is a very important step in terms of homogeneous distribution of water in flour, rheological structure of dough, gas retention and stabilization of gas cells (Della Valle et al., 2014). In gluten-free dough, the structure is mainly formed by the gelatinization of starch and this is insufficient to resist shearing and CO_2 capture (Demirkesen and Özkaya, 2022). In gluten-free dough modification studies, high-pressure processing (Hüttner et al., 2009), ultrasound therapy (Jalali et al., 2020) are applied, while vacuum, microwave, infrared, and jet impingement are other interesting approaches to improve the bread-making potential of alternative grains. Microwave-baked products with acceptable texture can be obtained by proper control of the gluten protein network, degree of starch gelatinization and starch granule disruption, and final moisture level of the baked product during microwave heating (Bou-Orm et al., 2021). Vicente et al. (2025) demonstrated that microwaving quinoa flour improved the gas retention capacity of gluten-free dough, thereby increasing the volume of gluten-free bread. To the best of our knowledge, there is no study conducted on bread obtained from buckwheat gluten-free dough treated with different mixing speeds and microwave pretreatment. The main purpose of the study is to determine the optimum speed as a result of the texture evaluation in microwave pre-treated gluten-free breads, taking into account the effects of different dough mixing speeds.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) flour (Mąka, type 2000), fresh yeast, and salt (NaCl) were purchased from a local market in Szczecin, Poland.

Methods

Preparation of buckwheat bread

In the preparation of bread, 100 g flour, 3 g fresh yeast, 1.5 g salt, and water (according to farinograph values) were added in the bowl and mixed at 3 different rotation speeds (level 2, 4 and 6) for 2 min in a mixer (Kitchen Aid, USA). Then, the batter was poured into a glass beaker and microwave (SHARP 1800W/R-23, Japan) pretreatment was applied to the batter at 50% power for 1 min. After that time, the pretreated batter was fermented in a chamber (UNOX TYPE XF 085 (ANPA S.C., Italy)) at 40°C for 30 min. Then, the fermented batter was baked in a preheated electric oven (UNOX TYPE XF 085 (ANPA S.C., Italy)) at 180°C for 25 min. The baked breads were cooled to room temperature and packed into fridge bags. Finally, they were stored at room temperature until analysis (Figure 1).

Texture profile analysis (TPA)

The hardness, adhesiveness, gumminess, cohesiveness, chewiness and resilience values of bread samples were measured using a texture analyzer after a day (Stable Micro Systems TA-XT. Plus, Surrey, UK) equipped with a cylindrical 0.5 inch (SMS P/0.5), penetrating to a depth of 10^{-3} m, 1 cm thickness slices. The test was carried out in two cycles of 50% compression of slice height, and a test speed of 2 mm/s.

Statistical Analysis

The experiments were duplicated and the results were obtained in three parallel experiments. The data were given with mean values and standard deviations and subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) using JMP v 5.0.1 software. Significant differences between means were calculated using Tukey's test ($p \leq 0.05$).

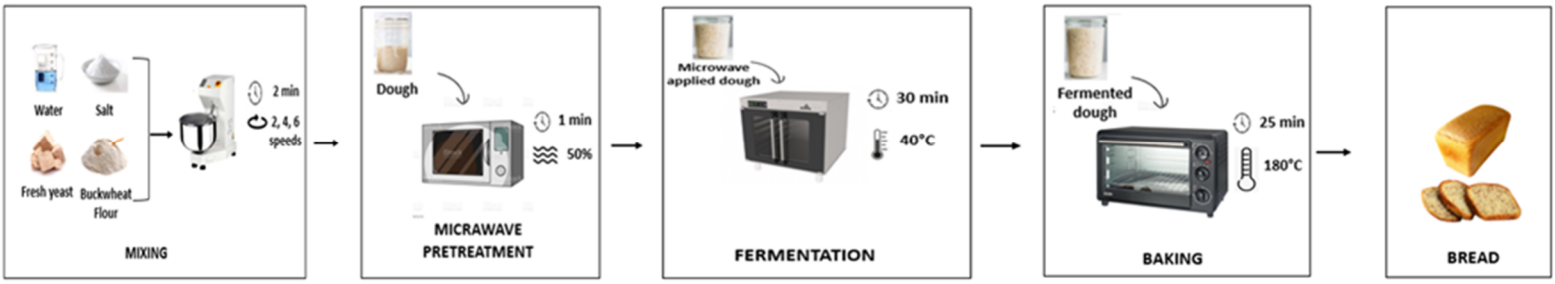


Figure 1. The production flow chart of buckwheat bread mixed at different speeds and pretreated with microwave

RESULTS AND DISCUSSION

Texture profile analysis

In the present study, the hardness, adhesiveness, gumminess, cohesiveness, chewiness and resilience results of fresh and retrograde buckwheat bread samples mixed with different rotation speeds and pretreated with microwave were given in Table 1. Since the gluten-free dough consistency is frequently more fluent and sticky than wheat flour dough, it is similar to cake batters in terms of functional properties (Schober et al., 2005; Elgetti et al., 2017). Therefore, it was determined that the final gas volume of bakery products is related importantly to the mixing process (Sciarini et al., 2010; Elgeti et al., 2017). The mixing speed demonstrates an important effect on the volume and texture of bread. In addition, the rise in temperature of the dough throughout mixing facilitates proofing (Gómez et al., 2013). Destroying of gas-retaining dough structure during mixing and changing temperatures can affect gas retention in gluten-free dough at higher mixing speeds (Paulik et al., 2021).

Hardness

As demonstrated in Table 1, the hardness values of the first day of buckwheat breads produced in different rotations varied between 0.11-0.13 N. However, these values were not found to be statistically significant among the samples ($p>0.05$). The hardness of the samples was not affected by increasing mixing speed. In a study, Paulik et al. (2021) found that increasing the mixing rotation speed from 600 rpm to 3000 rpm resulted in a decrease in gas volume of gluten-free bread dough, a significant decrease in crumb hardness of gluten-free bread. Kim et al. (2015) investigated the effect of different mixing speeds (3, 6, and 10 rotations) and times (2, 5 and 10 minutes) on dynamic viscoelasticity and texture properties of gluten-free rice bread. They determined that the viscosity of the dough increased as a result of higher mixing speeds and longer mixing times. They also stated that as the specific volume of bread increased, its hardness decreased.

Miñarro et al. (2012) determined a negative relation between the hardness of the crumb and the volume of bread. The hardness of a breadcrumb strongly connects with its intensity (Arendt et al., 2008). Gómez et al. (2013) reported gluten-free breads (with 110% hydration) produced at lower mixing speed (rotation 2) and longer mixing time with the use of a wire whip had higher specific volume and were softer. In another similar study, it was reported that the bread that is mixed for a longer time at a low mixing speed with a wire whip is softer (Matos and Rosell, 2015).

The degree of staling of bread is determined through the implementation of a texture analysis. An increase in the hardness value indicates that gluten-free breads become higher stale (Sudheesh et al., 2021). Retrogradation is a complex process that occurs during the transformation of gelatinized starch from an amorphous state to a crystalline state (more ordered) during storage (Paulik and Jekle, 2019). The bread is characterised by a stale quality and a tendency to harden during this period. The hardness values of the retrograde breads on the 7th day varied between 0.11 N and 0.13 N as reported in Table 1. Consequently, the hardness value of each one of the fresh breads did not demonstrate statistically significant changes after retrogradation ($p>0.05$). In a study conducted by Lisovska et al. (2023), the hardness values of the bread made from a blend of Spanish or Polish buckwheat flours after microwave treatment and rice flour (50:50, w/w) and mixing for 10 min in a planetary mixer were found to be 3.95 N and 2.39 N, respectively. After seven days, these values had increased to 5.97 N and 5.81 N, respectively.

Table 1. Texture profile analysis (TPA) results of buckwheat breads mixed in different rotations[1]

Storage	Samples	Hardness (N)	Cohesiveness	Gumminess (N)	Adhesiveness (N.s)	Chewiness (N)	Resilience
Day 1	BMW2[2]	0.11 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.00 ± 0.00^{aA}
	BMW4[3]	0.11 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.02^{aA}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.00 ± 0.00^{aA}
	BMW6[4]	0.13 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.08 ± 0.00^{aA}	0.00 ± 0.00^{aA}
Day 7	RBMW2[5]	0.13 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.08 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.01^{aA}	0.07 ± 0.01^{aA}	0.00 ± 0.00^{aA}
	RBMW4[6]	0.11 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.07 ± 0.00^{aA}	0.02 ± 0.01^{aA}	0.06 ± 0.01^{aA}	0.00 ± 0.00^{aA}
	RBMW6[7]	0.13 ± 0.01^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.09 ± 0.00^{aA}	0.01 ± 0.00^{aA}	0.08 ± 0.00^{aA}	0.00 ± 0.00^{aA}

[1]Means marked with different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($p<0.05$) between the various mixing speeds. Means shown with different capital letters in the same column mean significant differences ($p<0.05$) following retrogradation. **[2]BMW2:** Buckwheat microwave with 2 rotation, **[3]BMW4**: Buckwheat microwave with 4 rotation, **[4]BMW6:** Buckwheat microwave with 6 rotation, **[5]RBMW2**: Retrograde buckwheat microwave with 2 rotation, **[6]RBMW4**: Retrograde buckwheat microwave with 4 rotation, **[7]RBMW6**: Retrograde buckwheat microwave with 6 rotation.

Cohesiveness

High cohesiveness prevents the bread from disintegrating during chewing, while low cohesiveness causes the bread to crumble (Onyango et al., 2011). The cohesiveness values of all samples exhibited no statistically significant differences ($p>0.05$) (Table 1). The increase in mixing speeds did not affect the cohesiveness values. The cohesiveness values of each sample remained unchanged after retrogradation. In the study conducted by Lisovska et al. (2023), the cohesiveness value of the gluten-free bread (a mixture of Spanish native buckwheat flour after microwave treatment: rice flour, 50:50, w/w) was determined to be 0.015. This value increased to 0.019 after seven days; however, this change was not found to be statistically significant ($p>0.05$).

Gumminess

Gumminess = Hardness x Cohesiveness is known as a force required to break into pieces a semi-solid food before swallowing (Al-Muhtaseb et al., 2013). As demonstrated in Table 1, the gumminess values of buckwheat breads produced in different rotations varied between 0.07-0.09. No statistical difference was observed between the gumminess values of the bread samples ($p>0.05$), indicating that mixing speed did not affect gumminess. The change in the BMW2 sample was found to be statistically insignificant ($p>0.05$). This was found to be consistent with the changes in hardness and cohesiveness, which are effective in determining gumminess values.

Adhesiveness

Adhesiveness is described as a force that must be implemented so as to remove food from the palate (Gómez et al., 2011). As seen in Table 1, the adhesiveness values of gluten-free buckwheat bread doughs mixed at different mixing speeds were found to be statistically insignificant ($p>0.05$). The increasing speed demonstrated no impact on the adhesiveness values. After retrogradation, the adhesiveness values of each sample did not demonstrate a statistically significant change ($p>0.05$).

Chewiness

The chewiness of a product is determined by its firmness, cohesiveness, and springiness (Onyango et al., 2011). The chewiness values of the samples exhibited a range between 0.06-0.08 N. The highest chewiness value was determined in the BMW6 sample prepared with the highest mixing speed. However, no significant relationships were found between variations in speed and chewiness values ($p>0.05$). The chewiness of the BMW2 and BMW6 samples did not change during retrogradation, meaning that chewiness is not a useful indicator of staling. In a study, it was found that the chewiness value of gluten-free bread (buckwheat flours after microwave treatment: rice flour 50:50, w/w) was 0.05 N. An increase to 0.11 N was demonstrated by this value in the following seven days (Lisovska et al., 2023).

Resilience

Crumb elasticity is expressed by resilience, and thus a decline in resilience is indicative of a loss of elasticity (Onyango et al., 2011). The resilience values for all samples were found as 0.00 (Table 1). These values remained unchanged by the end of day 7, and retrogradation did not affect resilience. In contrast to the present study, Paulik et al. (2021) found that increasing the mixing rotation speed from 600 rpm to 3000 rpm resulted in a decrease in gas volume of gluten-free bread dough, leading to softer and more elastic crumbs. In a similar study, Kim et al. (2015) investigated the effect of different mixing speeds (3, 6, and 10 rotations) and times (2, 5 and 10 minutes) on dynamic viscoelasticity and texture properties of gluten-free rice bread. They determined that the elasticity and viscosity of the dough increased as a result of higher mixing speeds and longer mixing times. In the present study, the cohesiveness and the resilience values of the samples were found to be consistent. It was reported that the positive correlation between the cohesiveness and the resilience values of gluten-free breads by Matos and Rosell (2015).

Conclusion

The present study demonstrated that increasing mixing speed did not generally affect the textural properties of buckwheat gluten-free bread. Furthermore, the retrogradation changes of the samples were found statistically insignificant ($p>0.05$) in each sample. Therefore, the use of the low mixing speed can be thought of as more effective about energy usage.

Overall, further research and development are needed to improve and better understand the textural properties of gluten-free buckwheat products. Rheological and sensory analyses should be included in this study, comparing different gluten-free flours, different mixing speeds and times, and under various pre-treatment conditions, in addition to texture analysis.

REFERENCES

Al-Muhtaseb, A. A. H., McMinn, W., Megahey, E., Neill, G., Magee, R., & Rashid, U. (2013). Textural characteristics of microwave-baked and convective-baked Madeira cake. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(2).

Arendt, E.K., A. Morrissey, M.M. Moore, and F. Dal Bello, 2008, Gluten-free breads. In Gluten-free cereal products and beverages, chapter 13, 289–319. Academic Press Inc., USA.

Bonafaccia, G., Marocchini, M., & Kreft, I. (2003). Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*, *80*(1), 9-15.

Bou-Orm, R., Jury, V., Boillereaux, L., & Le-Bail, A. (2023). Microwave baking of bread; a review on the impact of formulation and process on bread quality. *Food Reviews International*, 39(2), 1203-1225.

Comino, I., Real, A., de Lorenzo, L., Cornell, H., López-Casado, M. Á., Barro, F., ... & Sousa, C. (2011). Diversity in oat potential immunogenicity: basis for the selection of oat varieties with no toxicity in coeliac disease. *Gut*, 60(7), 915-922.

Della Valle, G., Chiron, H., Cicerelli, L., Kansou, K., Katina, K., Ndiaye, A., ... & Poutanen, K. (2014). Basic knowledge models for the design of bread texture. *Trends in Food Science & Technology*, 36(1), 5-14.

Demirkesen, I., Sumnu, G., & Sahin, S. (2013). Quality of gluten-free bread formulations baked in different ovens. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 746-753.

Demirkesen, I., & Ozkaya, B. (2022). Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(3), 571-597.

Elgeti, D., Jekle, M., & Becker, T. (2015). Strategies for the aeration of gluten-free bread–A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 75-84.

Elgeti, D., Yu, L., Stüttgen, A., Jekle, M., & Becker, T. (2017). Interrelation between mechanical and biological aeration in starch-based gluten-free dough systems. *Journal of Cereal Science*, 76, 28-34.

Gimenez-Bastida, J. A., & Zielinski, H. (2015). Buckwheat as a functional food and its effects on health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(36), 7896-7913.

Gómez, A., Ferrero, C., Calvelo, A., Añon, M. C., & Puppo, M. C. (2011). Effect of mixing time on structural and rheological properties of wheat flour dough for breadmaking. *International Journal of Food Properties*, 14(3), 583-598.

Gómez, M., Talegón, M., & De La Hera, E. (2013). Influence of mixing on quality of gluten-free bread. *Journal of Food Quality*, 36(2), 139-145.

Guo, X. N., Wei, X. M., & Zhu, K. X. (2017). The impact of protein cross-linking induced by alkali on the quality of buckwheat noodles. *Food Chemistry*, 221, 1178-1185.

Hüttner, E. K., Dal Bello, F., Poutanen, K., & Arendt, E. K. (2009). Fundamental evaluation of the impact of high hydrostatic pressure on oat batters. *Journal of Cereal Science*, *49*(3), 363-370.

Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A. H., Haddad Khodaparast, M. H., & Karimi, M. (2020). The effect of the ultrasound process and pre-gelatinization of the corn flour on the textural, visual, and sensory properties in gluten-free pan bread. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 993-1002.

Khan, F., Zeb, A., Arif, M., Ullah, J., & Wahab, S. (2012). Preparation and evaluation of gluten free ready to serve buckwheat product. *Journal of Agricultural and Bio Sciences*, 7, 633-637.

Kim, S. S., & Chung, H. Y. (2015). Effects of Mixing Speed and Time on the Dynamic Viscoelasticity of Dough and the Baking Properties of Gluten-Free Rice Bread. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 28(6), 1011-1018.

Krkošková, B., & Mrazova, Z. (2005). Prophylactic components of buckwheat. *Food Research International*, *38*(5), 561-568.

Lisovska, T., Tyupova, A., Olędzki, R., & Harasym, J. (2023). Microwave-Supported Modulation of Functional Characteristics of Gluten-Free Breads. *Applied Sciences*, *13*(23), 12716.

Matos, M. E., & Rosell, C. M. (2015). Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(4), 653-661.

Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D., & Castanheira, I. (2016). Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 55-61.

Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476-481.

Mir, N. A., Riar, C. S., & Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 170-180.

Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., & Lindhauer, M. G. (2011). Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT-Food Science and Technology,* 44(3), 681-686.

Paulik, S., & Jekle, M. (2019). Novel approach to investigate the mechanical properties of crumb matrix during storage–Re-engineering of gas-free crumb pellets. *Food Chemistry*, 288, 333-340.

Paulik, S., Paczkowski, C., Laukemper, R., Becker, T., & Jekle, M. (2021). Texture design of gluten-free bread by mixing under controlled headspace atmosphere. *European Food Research and Technology*, 247(9), 2333-2343.

Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., & Arendt, E. K. (2005). Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4), 394-404.

Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2010). Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577-585.

Sudheesh, C., Mir, S. A., & Sunooj, K. V. (2021). Quality Tests for Evaluating Gluten-Free Dough and Bread. In *Gluten-free Bread Technology* (pp. 245-269). Springer, Cham.

Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 11(3), 480.

Tye-Din, J., & Anderson, R. (2008). Immunopathogenesis of celiac disease. *Current Gastroenterology Reports*, 10(5), 458-465.

Vicente, A., Villanueva, M., Caballero, P. A., Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., & Ronda, F. (2024). Flours from microwave-treated buckwheat grains improve the physical properties and nutritional quality of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 149, 109644.

Vicente, A., Villanueva, M., Caballero, P. A., Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., & Ronda, F. (2025). Microwave treatment enhances the physical and sensory quality of quinoa-enriched gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 155, 110244.

BOVİNE VİRAL DİARRHEA VİRUS ENFEKSİYONLU VE SAĞLIKLI SIĞIRLARDA BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

Assoc. Prof. Dr. Ömer Barış İNCE
Necmettin Erbakan University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Virology
ORCID: 0000-0001-8302-9607

Assoc. Prof. Dr. Özgür KANAT
Necmettin Erbakan University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathology
ORCID: 0000-0002-9747-5496

ÖZET
Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV) enfeksiyonu, sığır yetiştiriciliğinde yaygın görülen, immunsupresyon, reprodüktif bozukluklar ve ciddi ekonomik kayıplara yol açan bir enfeksiyondur. Enfeksiyon sırasında karaciğer ve böbrek fonksiyonlarındaki değişiklikler, hastalığın prognozu ve klinik yönetimi açısından önemlidir. BVDV enfeksiyonunun teşhisinde virus nötralizasyon testi, enzim bağlı immunosorbent test (ELISA) ve ters transkriptaz polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. BVDV tanısı konmuş hayvanlarda biyokimyasal parametrelerin incelenmesi, hastalığın prognozunun değerlendirilmesi açısından önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu çalışma ile sağlıklı ve BVDV enfeksiyonu geçirmiş sığırlarda biyokimyasal parametrelerin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada 12 adet BVDV pozitif sığır ve 12 adet BVDV negatif ve sağlıklı sığır kan numunesi kullanılmıştır. Serum örneklerinde otoanalizör ve ticari biyokimya kitleri kullanılarak karaciğer fonksiyon parametreleri (AST, ALT, ALP, total protein, albümin), böbrek fonksiyon parametreleri (BUN, kreatinin), enerji metabolizması (glukoz) ve mineral düzeyi (Ca) değerlendirilmiştir. Verilerin istatistiksel analizi SPSS 26.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiş, gruplar arası karşılaştırmalarda bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Analizlerde anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Bulgulara göre, BVDV enfeksiyonu geçirmiş sığırlarda AST, ALT ve ALP aktiviteleri sağlıklı gruba göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca BUN ve kreatinin düzeylerinde de enfekte hayvanlarda belirgin artış saptanmıştır. Buna karşın total protein, albümin, glukoz ve mineral parametreleri (Ca) açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Sonuç olarak, BVDV enfeksiyonunun özellikle hepatik ve renal fonksiyon bozuklukları ile ilişkili olduğu, serum biyokimyasal parametrelerdeki değişimlerin hastalığın prognozunun değerlendirilmesinde faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Biyokimya, böbrek, BVDV, karaciğer, sığır

INVESTIGATION OF BIOCHEMICAL PARAMETERS IN BOVINE VIRAL DIARRHEA VIRUS-INFECTED AND HEALTHY CATTLE

ABSTRACT
Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV) infection is a common infection in cattle farming, causing immunosuppression, reproductive disorders, and significant economic losses. Changes in liver and kidney function during infection are important for disease prognosis and clinical management. Methods such as virus neutralization test, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and reverse transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR) are widely used in the diagnosis of BVDV infection.

Examination of biochemical parameters in animals diagnosed with BVDV provides important information for evaluating the prognosis of the disease. This study aimed to compare biochemical parameters in healthy and BVDV-infected cattle. Blood samples from 12 BVDV-positive cattle and 12 BVDV-negative and healthy cattle were used in the study. Serum samples were analyzed using an autoanalyzer and commercial biochemistry kits for liver function parameters (AST, ALT, ALP, total protein, albumin), renal function parameters (BUN, creatinine), energy metabolism (glucose), and mineral levels (Ca). Statistical analysis of the data was performed using the SPSS 26.0 software package, and an independent samples t-test was used for intergroup comparisons. The level of statistical significance was set at $p<0.05$. Results indicated that AST, ALT, and ALP activities were significantly higher in BVDV-infected cattle compared to the healthy group ($p<0.05$). Furthermore, significant increases in BUN and creatinine levels were also detected in infected animals. However, no statistically significant differences were found between the two groups for total protein, albumin, glucose, and mineral parameters (Ca). In conclusion, it was concluded that BVDV infection is associated with hepatic and renal function disorders, and that changes in serum biochemical parameters may be useful in assessing the prognosis of the disease.
Keywords: Biochemistry, BVDV, cattle, kidney, liver.

Introduction

The Bovine Viral Diarrhea Virus (BVDV), a member of the family Flaviviridae and genus Pestivirus, is the infectious agent that causes Bovine Viral Diarrhea (BVD). It is widespread worldwide and causes serious economic losses (Ridpath, 2010; Becher and Thiel, 2011). Two main genotypes of BVDV (BVDV-1 and BVDV-2) have been identified. BVDV-1 has at least twenty-one subgenotypes (1a–1u), while BVDV-2 has four distinct subgenotypes (2a–2d). Both genotypes can cause clinically similar infections, ranging from mild to severe (Vilček et al., 2005; Yeşilbağ et al., 2017). In addition, HoBi-like pestiviruses are also considered an important infectious agent in cattle due to their clinical and pathogenic characteristics similar to BVDV (Walz et al., 2020).

BVDV infection presents with various clinical courses, including subclinical infection, acute BVD, persistent infection (PI), mucosal disease, and chronic BVD (Baker, 1995; Grooms, 2004). Clinically, anorexia, depression, decreased milk production, diarrhea, respiratory symptoms, and reproductive problems (abortion, stillbirth, weak calves) are frequently reported. Persistently infected animals become immunotolerant after infection during the intrauterine period and serve as the primary source of infection within the herd as lifelong virus shedders (Houe, 1999; Walz et al., 2020). It has been reported that BVDV infections are endemic in many cattle populations, with PI animal rates in herds generally reaching 1–2% and seropositivity rates reaching 60–85%, and that annual economic losses from BVDV infections could be in the millions of dollars according to models (Houe, 1999).

One of the key characteristics of BVDV is immunosuppression and the resulting susceptibility to secondary infections. As a result of leukopenia, lymphoid tissue atrophy, and suppression of cellular/humoral responses, the incidence of respiratory and digestive system infections may increase in infected herds (Grooms, 2004; Walz et al., 2020). In addition, the virus can affect many organs and tissues, causing varying degrees of dysfunction in the hepatic, renal, respiratory, and hematological systems (Hasan and Alsaad, 2018; Şimşek et al., 2023). However, biochemical studies on how liver and kidney functions are affected in relation to BVDV infection are limited.

The condition is commonly diagnosed using laboratory procedures such as virus neutralization tests, enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA), and reverse transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR) (WOAH, 2018; Walz et al., 2020).

However, especially in herds where subclinical and persistent infections are common, the cost, frequency of application, and limitations of these tests in field conditions make diagnosis difficult. Therefore, investigating changes in biochemical, hematological, and oxidative stress parameters associated with BVDV infection has gained importance as a tool that both supports diagnosis and helps predict prognosis (Hasan and Alsaad, 2018; Şimşek et al., 2023).
Recent research has revealed that cattle infected with BVDV exhibit alterations in serum liver enzymes (ALT (alanine aminotransferase), AST (aspartate aminotransferase), and ALP (alkaline phosphatase)), glucose, lipid fractions, and specific mineral levels. These alterations may be linked to compromised liver and kidney function (Hasan and Alsaad, 2018; Şimşek et al., 2023). Şimşek et al. (2023) detected a significant increase in AST and ALP levels in BVDV-infected cattle, while some antioxidant parameters (vitamins A, E, β-carotene, GSH-Px, and catalase) decreased, indicating that the infection was accompanied by a pronounced oxidative stress response. Similarly, Hasan and Alsaad (2018) emphasized that clinical BVD cases showed increases in AST, ALT, ALP, BUN (Blood Urea Nitrogen), and creatinine levels, highlighting that this is an important indicator of hepatic and renal involvement.
Antoci et al. (2022) evaluated the relationship between BVDV prevalence and animal welfare, serum cortisol levels, and hematological parameters, revealing that the infection may affect not only clinical signs but also stress response and welfare parameters. These findings suggest that BVDV infection extends beyond clinical symptoms, causing broad-spectrum changes at the metabolic, endocrine, and biochemical levels.
In light of this information, the evaluation of serum biochemical parameters in cattle infected with BVDV is of great importance in terms of revealing impairments in liver and kidney function, assessing the role of biochemical indicators in the early diagnosis and prognosis of cases, and supporting the diagnosis of subclinical cases. The aim of this study was to compare certain serum biochemical parameters (AST, ALT, ALP, total protein, albumin, BUN, creatinine, glucose, and Ca) in cattle that had undergone BVDV infection and healthy cattle in cattle farms in Konya and its surroundings and to reveal the effect of BVDV infection on hepatic and renal functions by evaluating the findings obtained together with the literature data.

Materials and Methods

The study was conducted on cattle evaluated for BVDV infection following a previous field survey in cattle farms located in Konya and its surroundings. A total of 24 cattle were included in the study. Twelve of these were determined to be BVDV positive, while 12 were BVDV negative and clinically healthy. During the selection of animals, care was taken to ensure that the groups were as similar as possible in terms of age, breed, and sex; individuals suspected of having other systemic diseases or severe metabolic disorders were excluded from the study.
The presence of antibodies against BVDV in serum samples was assessed in accordance with the manufacturer's instructions using a commercial ELISA kit (IDEXX BVDV Total Ab Test, IDEXX Laboratories, Westbrook, ME, USA) to identify BVDV infection. ELISA is a practical and sensitive method widely used in herd-based serological screening for BVDV infections (WOAH, 2018; Walz et al., 2020). Serum samples from our study were kept at -20°C until biochemical tests were carried out.
Liver function parameters (AST, ALT, ALP, total protein, albumin), kidney function parameters (BUN, creatinine), energy metabolism (glucose), and mineral levels (calcium, Ca) were evaluated in serum samples. The analyses were performed using a biochemistry analyzer (Catalyst One, IDEXX Laboratories, Westbrook, ME, USA) and commercial biochemistry panel kits from the manufacturer.

The SPSS 26.0 software program was used to transfer all of the data, and mean ± standard deviation (Mean ± SD) was used to provide descriptive statistics for continuous variables. For intergroup comparisons, independent samples t-tests were employed, and a p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

The mean ± standard deviation values of serum biochemical parameters measured in healthy and BVDV-infected cattle and the results of statistical comparisons are presented in Table 1. Accordingly, AST, ALT, ALP, BUN, and creatinine levels were found to be statistically significantly higher in the BVDV-infected group compared to the healthy group ($p<0.05$). In contrast, no significant differences were found between the groups in terms of total protein, albumin, glucose, and Ca levels ($p>0.05$). These data suggest that BVDV infection has a marked effect, particularly on liver and kidney function parameters, but that protein metabolism, energy metabolism, and calcium levels may be relatively preserved in the animals included in the study.

Table 1. Biochemical parameters

Parameter	Group		*P*
	Healthy (Mean ± SD)	BVDV(Mean ± SD)	
AST (U/L)	65.43 ± 17.84	112.47± 19.07	< 0.05
ALT(U/L)	33.57 ± 12.41	59.25 ± 10.63	< 0.05
ALP (U/L)	43.36 ± 6.15	57.44 ± 5.47	< 0.05
Total protein (g/dL)	6.43 ± 1.07	7.39 ± 0.75	-
Albumin (g/dL)	2.97 ± 0.73	3.29 ± 0.35	-
BUN (mg/dL)	16.60 ±7.44	36.48 ± 8.76	< 0.05
Creatinine (mg/dL)	0.96 ± 0.25	2.11 ± 0.37	< 0.05
Glucose (mg/dL)	61.19 ± 4.25	60.85 ± 4.15	-
Ca (mg/dL)	9.15 ± 1.76	9.55 ± 0.83	-

Discussion

In this study, it was determined that AST, ALT, ALP, BUN, and creatinine levels were significantly higher in cattle infected with BVDV compared to the healthy group. The increase in AST and ALT suggests damage to liver parenchymal cells, primarily hepatocytes, while the increase in ALP suggests cholestatic effects on the liver and bile ducts. The increase in BUN and creatinine levels indicates decreased glomerular filtration or dehydration/azotemia associated with the infection process. Hasan and Alsaad (2018) reported similar increases in AST, ALT, ALP, BUN, and creatinine levels in clinical BVD cases and associated these increases with hepatic and renal dysfunction. The fact that these parameters were found to be significantly elevated in the BVDV-positive group in our study supports the results of the aforementioned study.

Şimşek et al. (2023) reported in their study on BVDV-infected cattle that there was an increase in liver enzymes such as AST and ALP, while some antioxidant parameters decreased, indicating that BVDV infection is a process accompanied by oxidative stress. Although oxidative stress markers were not measured in our study, it is thought that the increase in liver enzymes may be related to similar mechanisms. The fact that no significant differences were found between the groups in total protein and albumin levels may suggest that the liver's synthesis capacity was not significantly impaired in this group of animals or that the infection was more in the early/subclinical stage.

Indeed, while some studies have reported changes in serum protein fractions in the presence of BVDV infection, it has been noted that these changes are not always statistically significant and may vary depending on the clinical picture, the duration of infection, and the nutritional status of the animals (Şimşek et al., 2023).

The absence of a statistically significant difference in glucose and Ca levels also indicates that the infection did not cause a significant impairment in energy metabolism and basic mineral balance at the time of evaluation. This suggests that the infection may be in a phase balanced by compensatory mechanisms and homeostatic response. Antoci et al. (2022) examined the relationship between BVDV prevalence and serum cortisol levels and certain hematological parameters, highlighting the effects of infection on the stress response and well-being but noting that fundamental biochemical parameters may not always be significantly impaired.

Overall, the findings of our study indicate that BVDV infection causes biochemical changes, particularly in hepatic (hepatocellular and cholestatic) and renal functions; conversely, parameters such as total protein, albumin, glucose, and Ca may remain relatively stable during certain stages of infection. This situation reveals that the systemic effects of BVDV infection may differ at the clinical and subclinical levels and that the biochemical profile should be interpreted carefully in this regard.

Conclusion

This study demonstrated that there were significant increases in AST, ALT, ALP, BUN, and creatinine levels in cattle infected with BVDV; however, total protein, albumin, glucose, and Ca levels did not change to a statistically significant degree in the animals included in the study. These findings indicate that BVDV infection is particularly associated with hepatic and renal dysfunction and that changes in serum biochemical parameters may be useful in assessing the prognosis of the disease and in the supportive diagnosis of subclinical cases. Under field conditions, where serological and molecular tests cannot always be routinely applied, the evaluation of biochemical panel results in conjunction with clinical examination may contribute to the diagnosis and prognosis of BVDV infection.

In future studies, the inclusion of additional indicators such as oxidative stress parameters (MDA, GSH-Px, catalase, etc.), antioxidant vitamins, and trace elements (Zn, Cu, Se, Mg) in the evaluation will provide more comprehensive information about the pathogenesis of BVDV infection, its effects at the organ level, and its clinical course. Furthermore, planning detailed subgroup analyses according to different age groups, production types (dairy/beef), and clinical/subclinical forms of infection will help clarify biochemical responses.

References

Antoci F, Di Bella S, Lupia A, Pennisi M, Salina F, Neve VC, Coltraro M, Macaluso G., Purpari G, Cannella V, Lastra A, Giudice E, Guercio A. 2022.Relationship between the prevalence of bovine viral diarrhea virus and animal welfare assessment, serum cortisol levels and hematological parameters in calves from three different Sicilian farms. Large Animal Review. 28:111–116.

Baker J C. 1995. The clinical manifestations of bovine viral diarrhea infection. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice, 11(3), 425–445. https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30460-6

Becher P, Thiel HJ. Pestivirus (Flaviviridae). In: Tidona CA, Darai G, eds. The Springer Index of Viruses. 2nd ed. Heidelberg: Springer; 2011. p. 483–488.

Grooms D L. 2004. Reproductive consequences of infection with bovine viral diarrhea virus. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice, 20(1), 5–19. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2003.11.006

Hasan SD, Alsaad KM. 2018. Evaluation of clinical, hematological, blood coagulation and some biochemical parameter changes in clinically infected cattle with bovine viral diarrhea. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. 11(3):64–70. https://doi.org/10.9790/2380-1103026470

Houe H. 1999. Epidemiological features and economical importance of bovine virus diarrhoea virus (BVDV) infections. Veterinary microbiology, 64(2-3), 89–107. https://doi.org/10.1016/s0378-1135(98)00262-4

WOAH, World Organisation for Animal Health 2018. Chapter 3.4.7. Bovine Viral Diarrhoea. In: OIE Terrestrial Animal Health Code and Manual. World Organisation for Animal Health; 2018.

Ridpath JF. 2010. Bovine viral diarrhea virus: global status. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice, 26(1),105-121, https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2009.10.007

Şimşek H, Gürçay M, Öztürk M, Keçeci H. 2023. Bovine viral diarrhea virus infection in cattle: antioxidant status and some biochemical parameters. Acta Scientiae Veterinariae. 51:1919. https://doi.org/10.22456/1679-9216.132524

Walz PH, Chamorro MF, Falkenberg S, Passler T, van der Meer F, Woolums A. 2020. Bovine viral diarrhea virus: An updated American College of Veterinary Internal Medicine consensus statement with focus on virus biology, hosts, immunosuppression, and vaccination. Journal of veterinary internal medicine, 34(5), 1690–1706. https://doi.org/10.1111/jvim.15816

Yeşilbağ K, Alpay G, Becher P. Variability and global distribution of subgenotypes of bovine viral diarrhea virus. Viruses. 2017;9(6):128. https://doi.org/10.3390/v9060128

Vilček S, Durkovic B, Kolesarova M, Paton DJ. Genetic diversity of BVDV: consequences for classification and molecular epidemiology. Preventive Veterinary Medicine. 2005;72(1–2):31–35. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2005.08.004

ANTİKOKSİDİYAL AJANLARA BİTKİSEL ALTERNATİFLER

Gamze Nur ASKER
Selçık Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü
ORCID: 0000-0002-7031-6524

Ali Özkan CÜREOĞLU
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Sağlık Şubesi
ORCID0009-0009-4519-7437

Dr. Ayten AŞKIN KILINÇ
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Sağlık Şubesi
ORCID: 0000-0002-2872-7020

Dr. Murat DOĞU
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yem ve Kanatlı Besleme
ORCID: 0000-0003-4426-4852

Selda YEŞİLYURT
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yetiştirme ve Üretim
ORCID: 0009-0005-351-0321

ÖZET
Kanatlı sektörünü olumsuz etkileyen en önemli faktörler bakteriyel, viral ve paraziter hastalıklardır. Bu hastalıklardan özellikle gençleri etkileyen ve ciddi ekonomik kayıplara neden olan paraziter hastalıkların başında koksidiyosis gelmektedir. Koksidiyosis, *Eimeria* türleri tarafından oluşturulan ve tüm evcil hayvanlarda yüksek mortaliteye sebep olan bir hastalıktır. Koksidiyosisten korunmak ve sebep olduğu ekonomik kayıpları azaltmak amacıyla antikoksidiyaller uzun süredir düzenli ve başarılı olarak kullanılmaktadır. İyonofor grubu antibiyotikler (monensin, salinomisin, lasalosid sodyum, narasin, senduramisin) kanatlı koksidiyosisinin önlenmesinde yaygın olarak kullanılan ajanlardır. Son yıllarda uzun süreli ve bilinçsizce antikoksidiyal kullanımı sonucu oluşan dirençli *Eimeria* türleri bu moleküllerin tartışılan bir konu haline gelmesine sebep olmuştur. İyonofor antikoksidiyallerin yasaklanmasına dair yasal düzenlemeler, konunun ciddi ve hızlı olarak ele alınmasını gerektirmiştir. Son yıllarda yetiştiriciler kemoterapötik kullanımından kaçınmaya başlamışlar ve son olarak da Avrupa Birliği tarafından bazı antikoksidiyallerin kullanımı etlik piliç yetiştiriciliğinde yasaklanmıştır. Bu karar Koksidiyosise karşı bütün dünyada alternatif metot arayışının hızlanmasına neden olmuştur. Alternatif metotlardan şimdiye kadar öne çıkan ikisi; aşılar ve bitkisel preparatlardır. Bitkisel alternatiflerin kullanılması: tüketicilerin bilinçlenmesi ve kimyasal içermeyen ürünlere yönelmesi, antibiyotiklere karşı direnç oluşması, çevre dostu olmaları ve ulaşılabilir olmaları nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Ülkemiz tıbbi açıdan zengin bitki florasına sahiptir. Endemik ve antikoksidiyal özelliği olan bitkilerin ıslahı ve yetiştiriciliğinin artırılmasına yönelik araştırmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.
Anahtar Kelimeler: Antikoksidiyal, Bitkisel Alternatif, Kanatlı

HERBAL ALTERNATIVES TO ANTICOCIDIAL AGENTS

ABSTRACT

The most significant factors negatively impacting the poultry industry are bacterial, viral, and parasitic diseases. Among these, coccidiosis is the most prevalent parasitic disease, particularly affecting young animals and causing significant economic losses. Coccidiosis is a disease caused by Eimeria species and causes high mortality in all domestic animals. Anticoccidials have long been used regularly and successfully to prevent coccidiosis and reduce the resulting economic losses. Ionophore antibiotics (monensin, salinomycin, lasalocid sodium, narasin, and senduramycin) are widely used agents for the prevention of poultry coccidiosis. In recent years, the emergence of resistant Eimeria strains due to prolonged and indiscriminate anticoccidial use has made these molecules a controversial topic. Legal regulations banning ionophore anticoccidials have necessitated serious and rapid attention. In recent years, farmers have begun to avoid the use of chemotherapeutics, and most recently, the European Union has banned the use of certain anticoccidials in broiler chicken farming. This decision has accelerated the search for alternative methods to combat coccidiosis worldwide. Two of the most prominent alternative methods so far are vaccines and herbal preparations. The use of herbal alternatives is gaining prominence due to increased consumer awareness and a shift towards chemical-free products, the emergence of antibiotic resistance, their environmental friendliness, and their accessibility. Turkey possesses a rich medicinal plant flora. Research is needed to increase the breeding and cultivation of endemic plants with anticoccidial properties.

Keywords: Anticoccidial, Herbal Alternative, Poultry

LAKTASYONDAKİ ASSAF IRKI KOYUNLARA ANÖSTRÜSE GEÇİŞ DÖNEMİNDE YAPILAN İKİ FARKLI ÖSTRÜS SENKRONİZASYONUNUN GEBELİK ORANINA ETKİSİ

Prof. Dr. Hüseyin ERDEM
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-1416-5354

Gülnihal BÜLÜÇ
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0006-7842-5270

Ayşe UYAR
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0005-3563-0584

ÖZET
Sunulan çalışmada anöstrüse geçiş döneminde laktasyondaki Assaf ırkı koyunlara (Ocak-Şubat) uygulanan 2 farklı östrüs senkronizasyonunun gebelik oranına etkisi değerlendirildi. Çalışmanın materyali, doğum yapmış 1.5-2 yaşlı, canlı ağırlıkları ortalama 60-65 kg, vücut kondisyon skorları ortalama 3, laktasyonlarının 90-120. günlerinde ve günlük süt verimi 1.5-2 lt olan 45 baş Assaf ırkı koyundan oluştu. Çalışmaya dahil edilen ve progesteron esaslı östrüs senkronizasyonu uygulanan koyunlara (PSG; n=23) 60 mg medroksiprogesteron asetat içeren vaginal sünger (Esponjavet, Hipra, Türkiye) intravaginal olarak yerleştirildi. Bu uygulamadan 7 gün sonra vaginal süngerler vaginadan uzaklaştırıldı ve 480 IU PMSG (PMSG-İntervet 5000 IU, MSD, Almanya) kas içi yolla uygulandı. Östrüs senkronizasyonu uygulanan diğer grup koyunlara (PGSG; n=21) ise PSG grubunda yapılan PMSG uygulama zamanı ile eş zamanlı olarak 125 µg kloprostenol (PGS, 250 µg Kloprostenol/ml, Alke, İstanbul) ve 250 IU PMSG kas içi yolla uygulandı. Enjeksiyonların yapılmasıyla birlikte padoktaki sürüye 1/6 koç/koyun oranında 21 gün süreli koç katımı yapıldı. Gebelik muayenesi koçların sürüye girişinden 40 gün ve sürüden çıkışından 35 gün sonra olmak üzere real-time ultrasonla transabdominal olarak iki kez yapıldı. Muayeneler sonucu PSG ve PGSG gruplarında toplam gebelik oranı sırasıyla %95.6 (22/23) ve %80.9 (17/21) ($p>0.05$); gebelik başına fötüs sayısı ise sırasıyla 1.77 ve 1.58 ($p>0.05$) olarak belirlendi. Sonuç olarak; laktasyondaki ve anöstrüse geçiş dönemindeki Assaf ırkı koyunlarda progesteron esaslı östrüs senkronizasyonu ile eş zamanlı olarak PGF2α ve düşük doz PMSG uygulamasıyla da yüksek oranda gebeliğin sağlanabildiği ve bu avantajın sürü yönetiminde değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Assaf koyunu, gebelik oranı, östrüs senkronizasyonu, PMSG, PGF2α

THE EFFECT OF TWO DIFFERENT ESTRUS SYNCHRONIZATION METHODS ON PREGNANCY RATES IN LACTATING ASSAF EWES DURING THE TRANSITION TO ANOESTRUS

ABSTRACT
The present study evaluated the effect of two different estrus synchronization methods applied to lactating Assaf ewes during the transition to anoestrus (January-February) on pregnancy rates. The study material consisted of 45 Assaf ewes aged 1.5-2 years, with an average live weight of 60-65 kg, an average body condition score of 3, at 90-120 days of lactation, and a daily milk yield of 1.5-2 lt.

The first group of ewes that progesterone-based estrus synchronization (PSG; n=23) were implemented a vaginal sponge (Esponjavet, Hipra, Turkey) containing 60 mg medroxyprogesterone acetate intravaginally. Seven days after this procedure, the vaginal sponges were removed, and 480 IU of PMSG (PMSG-Intervet 5000 IU, MSD, Germany) was administered intramuscularly. The other group of ewes that estrus synchronization (PGSG; n=21) received 125 µg cloprostenol (PGS, 250 µg Cloprostenol/ml, Alke, Istanbul) and 250 IU PMSG intramuscularly concurrently with the PMSG implementation the PSG group. Following the injections, ewes were mated with rams at a ratio of 1/6 (ram to ewe) for a period of 21 days. Pregnancy diagnosis were performed twice by transabdominal real-time ultrasound. The first ultrasound examination was performed 40 days after the rams were introduced to the flock. The second ultrasound examination was performed 35 days after the rams were removed from the flock. The results of these examinations revealed that the total pregnancy rates in the PSG and PGSG groups were 95.6% (22/23) and 80.9% (17/21), respectively ($p>0.05$). The number of fetuses per pregnancy was determined to be 1.77 and 1.58, respectively ($p>0.05$). In conclusion, it was determined that progesterone-based estrus synchronization in lactation Assaf ewes during and the transition to anoestrus, combined with the simultaneous administration of PGF2α and low-dose PMSG, resulted in a high pregnancy rate. This advantage can be utilized in the context of herd management.

Keywords: Assaf ewes, pregnancy rate, estrus synchronization, PMSG, PGF2α

LAKTASYONDAKİ ASSAF IRKI KOYUNLARA ANÖSTRÜS DÖNEMİNİN SONUNDA UYGULANAN ÖSTRÜS SENKRONİZASYONUNUN AYNI ORTAMDAKİ DİĞER KOYUNLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Hüseyin ERDEM
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-1416-5354

Ayşe UYAR
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0005-3563-0584

Gülnihal BÜLÜÇ
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0006-7842-5270

ÖZET
Sunulan çalışmada laktasyondaki Assaf ırkı koyunlara anöstrüs döneminin sonunda (29 Mayıs-10 Haziran) uygulanan progesteron esaslı östrüs senkronizasyonunun, aynı ortamdaki diğer koyunlarda östrüs oluşturma etkisi değerlendirildi. Çalışmanın materyali 5-6 yaşlı, ortalama canlı ağırlıkları 60-65 kg, ortalama vücut kondisyon skorları 3, laktasyonlarının 8. ayında, günde iki kez sağılan ve günlük süt verimi >1 lt olan aynı padoktaki 123 baş koyun oluşturdu. Çalışma materyali random yöntemiyle 2 gruba ayrıldı. Birinci grup (senkronizasyon grubu; SG; n=65) hayvanlara progesteron esaslı östrüs senkronizasyonu uygulandı. Bu amaçla 60 mg medroksiprogesteron asetat içeren vaginal sünger (Esponjavet, Hipra, Türkiye) intravaginal olarak yerleştirildi. Bu uygulamadan 12 gün sonra vaginal süngerler vaginadan uzaklaştırıldı ve 450 IU PMSG (PMSG-İntervet 5000 IU, MSD, Almanya) kas içi yolla uygulandı. İkinci grup (asenkronize grup; ASG; n=58) hayvanlara ise herhangi bir hormonal uygulama yapılmadı. Enjeksiyonların yapılmasıyla birlikte sürüye 1/6 koç/koyun oranında 28 gün süreli koç katımı yapıldı. Gebelik muayenesi koçların sürüye girişinden 36 gün ve çıkarılışından 36 gün sonra olmak üzere iki kez real-time ultrasonla transabdominal olarak yapıldı. Muayeneler sonucu toplam gebelik oranı SG ve ASG koyunlarda sırasıyla %78.4 (51/65) ve %77.5 (45/58) ($p>0.05$); gebelik başına belirlenen fötüs sayısı ise sırasıyla 1.53 ve 1.37 ($p>0.05$) olarak belirlendi. Sonuç olarak; anöstrüs döneminin sonunda laktasyondaki Assaf ırkı koyunlara uygulanan östrüs senkronizasyonu ile birlikte senkronizasyon uygulanmayan aynı ortamdaki aynı ırk koyunların da östrüse geldiği, gebeliklerin sağlandığı, sürü yönetiminde bu stratejinin değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Assaf koyunu, gebelik oranı, östrüs senkronizasyonu, sürü yönetimi

THE EFFECT OF ESTRUS SYNCHRONIZATION APPLIED TO ASSAF EWES IN LACTATION AT THE END OF THE ANOESTRUS PERIOD ON OTHER EWES IN THE SAME ENVIRONMENT

ABSTRACT
The present study evaluated the effect of progesterone-based estrus synchronization administered to Assaf ewes in lactation at the end of the anoestrus period (29 May–10 June) on inducing estrus in other ewes in the same environment.

The study material consisted of 123 ewes in the same paddock, aged 5-6 years, with an average live weight of 60-65 kg, an average body condition score of 3, in their 8th month of lactation, milked twice daily, and with a daily milk yield >1 lt. The ewes were randomly divided into two groups. The first group (synchronisation group; SG; n=65) received progesterone-based estrus synchronisation. For this purpose, a vaginal sponge containing 60 mg of medroxyprogesterone acetate (Esponjavet, Hipra, Turkey) was inserted intravaginally. Twelve days later, the vaginal sponges were removed from the vagina and 450 IU of PMSG (PMSG-Intervet 5000 IU, MSD, Germany) was administered intramuscularly. The second group (the asynchronous group; ASG; n=58) received an absence of hormonal treatment. Following the injections, the ewes were mated at a 1:6 (ram/ewe) ratio for 28 days. Pregnancy examinations were performed twice using real-time ultrasound. The first examination was performed 36 days after the rams entered the flock, and the second examination was performed 36 days after the rams were removed from the flock. The examinations revealed a total pregnancy rate of 78.4% (51/65) and 77.5% (45/58) in SG and ASG ewes, respectively ($p>0.05$); the number of fetus determined per pregnancy was 1.53 and 1.37, respectively ($p>0.05$). In conclusion, it was determined that the application of estrus synchronization to Assaf ewes in lactation at the end of the anoestrus period resulted in the occurrence of estrus in ewes of the same breed and environment that did not undergo synchronization. Furthermore, pregnancies were achieved, thereby validating this strategy as a viable tool for herd management.

Keywords: Assaf ewes, the pregnancy rate, estrus synchronization, herd management

LACAUNE IRKI BİR SÜT KOYUNCULUĞU İŞLETMESİNDE KARŞILAŞILAN İKİ PROLAPSUS VAKASI

Prof. Dr. Hüseyin ERDEM
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-1416-5354

Hasan Ali ÇÖL
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0009-3583-1043

Gülnihal BÜLÜÇ
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0006-7842-5270

ÖZET
Sunulan çalışmada Lacaune ırkı süt koyunculuğu yapılan bir işletmede karşılaşılan iki prolapsus vakası tanımlandı. Birinci prolapsus vakasını 2 hafta önce doğum yapmış 3 yaşındaki Lacaune ırkı bir koyun oluşturdu. Real-time ultrason (FalcoVet, Pie Medikal, Hollanda) ile rutin gebelik muayenesi yapılan işletmede, bir koyunun kuyruk bölgesinde bir çıkıntının olduğu fark edildi. Çıkıntını görünümü vulva dudaklarından dışarıya doğu bombeleşmiş ve üzeri çevresel kirlerle kaplanmış bir yapı şeklindeydi. Biyogüvenlik tedbirleri alınarak koyunun zapt-u raptı sağlandı. Daha sonra ılık antiseptikli bir solüsyonla çevresel kirler dikkatlice temizlendi. Bu işlemler sonrasında vakanın prolapsus vagina olduğu belirlendi. İkinci prolapsus vakasını ise aynı işletmede 4 hafta önce doğum yapmış olan 2 yaşındaki Lacaune ırkı bir koyun oluşturdu. Koyunun kuyruğunun hemen altında üzeri çevresel kirlerle kaplanmış bir çıkıntının olduğu fark edildi. Diğer vakada olduğu gibi biyogüvenlik ve koyunun zapt-u raptı sağlanarak bölge ılık antiseptikli bir solüsyonla temizlendi. Bu işlemler sonrası bu vakanın da prolapsus rekti olduğu belirlendi. Her iki vakanın tedavisinde; önce üst epidural anestezi, sonrasında prolabe olan organ gliserin iode ile kayganlaştırılarak red işlemi gerçekleştirildi. Bu işlemden sonra buhner ipi ile prolasus vaginaya basit vulva dikişi, prolapsus rektiye ise tütün kesesi ağzı dikişi atıldı. Her iki vakada enfeksiyonlar paranteral antibiyotik uygulaması ile kontrol altına alındı. Koyunlar tedavileri sonrası sürüdeki varlığını devam ettirdi. Sonuç olarak; laktasyondaki koyunlarda da postpartum sürecin takip edilmesi gerektiği, süreçte karşılaşılabilecek yaşamsal risk içeren vakaların erken tespiti ile damızlık değerin korunacağı ve bu sayede verimliliğin sürdürülebileceği kanısına varılmıştır.
Anahtar kelimeler: Prolapsus vagina, Prolapsus rekti, Lacaune koyunu

TWO CASES OF PROLAPSE IN A LACAUNE BREED DAIRY SHEEP FARM

ABSTRACT
This study describes two cases of prolapse encountered in a dairy sheep farm raising Lacaune sheep. The first case of prolapse was in a 3-year-old Lacaune breed ewe that had given birth 2 weeks prior. During a routine pregnancy diagnosis using real-time ultrasound (FalcoVet, Pie Medical, Netherlands) at the facility, a protrusion was noticed in the tail region of a sheep. The protrusion appeared as a structure bulging outward from the vulva lips and covered with environmental debris. The sheep was restrained using biosecurity measures. Then, environmental contaminants were carefully cleaned with a warm antiseptic solution.

Following these procedures, the case was determined to be vaginal prolapse. The second case of prolapse involved a 2-year-old Lacaune breed ewe that had given birth at the same farm 4 weeks earlier. A protrusion covered with environmental dirt was noticed just below the sheep's tail. As in the other case, biosecurity and restraint of the sheep were ensured, and the area was cleaned with a warm antiseptic solution. Following these procedures, it was determined that this case also involved rectal prolapse. In the treatment of both cases, upper epidural anesthesia was administered first, followed by lubrication of the prolapsed organ with glycerin iodine and reduction. Following this procedure, a simple vulva suture was applied to the vaginal prolapse using Buhner thread, while a tobacco pouch suture was applied to the rectal prolapse. In both cases, the infections were controlled with parenteral antibiotic administration. The sheep continued to remain in the flock after their treatment. In conclusion, it has been determined that the postpartum process in lactating sheep must also be monitored, that the early detection of potentially life-threatening cases during this process will preserve breeding value, and that this will enable productivity to be sustained.

Keywords: Vaginal prolapse, Rectal prolapse, Lacaune sheep

ANÖSTRÜSE GEÇİŞ DÖNEMİNDE DÜŞÜK SÜT VERİMİNE SAHİP ASSAF IRKI KOYUNLARA UYGULANAN ÖSTRÜS SENKRONİZASYONUNUN AYNI ORTAMDAKİ AYNI IRK DİĞER KOYUNLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Hüseyin ERDEM
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-1416-5354

Doç. Dr. Fatma SATILMIŞ
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-9877-8405

Sıdıka ŞAN
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0009-0004-1243-0240

ÖZET

Sunulan çalışmada anöstrüse geçiş döneminde düşük süt verimine sahip Assaf ırkı koyunlara (Ocak-Şubat) uygulanan östrüs senkronizasyonunun, aynı ortamda bulunan ancak senkronizasyon uygulanmayan aynı ırk diğer koyunlar üzerine etkisi değerlendirildi. Çalışmanın materyali en az bir kez doğum yapmış, 2-4 yaşlı, ortalama canlı ağırlıkları 55-60 kg, ortalama vücut kondisyon skorları 2.5-3, laktasyonlarının 4-7. aylarında, günlük süt verimi <0.5 lt olan ve aynı padokta bulunan 69 baş koyundan oluştu. Çalışmaya dahil edilen hayvanlar rastgele iki gruba ayrıldı. Birinci grup (senkronizasyon grubu; SG) 33 baş koyuna progesteron esaslı östrüs senkronizasyonu uygulandı. Bu amaçla 60 mg medroksiprogesteron asetat içeren vaginal sünger (Esponjavet, Hipra, Türkiye) intravaginal olarak yerleştirildi. Bu uygulamadan 7 gün sonra vaginal süngerler vaginadan uzaklaştırıldı ve 400 IU PMSG (Oviser 5000 IU, Hipra, Türkiye) ile 125 µg Kloprostenol (PGS, 250 µg Kloprostenol/ml, Alke, Türkiye) kas içi yolla uygulandı. İkinci grup (senkronize edilmeyen grup; ASG) 36 baş koyuna ise herhangi bir hormonal veya medikal uygulama yapılmadı. Enjeksiyonların yapılmasıyla birlikte sürüye 1/7 koç/koyun oranında 21 gün süreli koç katımı yapıldı. Gebelik muayenesi koçların sürüden çıkarılışından 35 gün sonra real-time ultrasonla transabdominal yolla gerçekleştirildi. Muayeneler sonucu SG ve ASG gruplarında belirlenen gebelik oranı sırasıyla %93.9 (31/33) ve %91.6 (33/36); gebelik başına belirlenen fötüs sayısı ise sırasıyla 1.51 ve 1.60 olarak belirlendi. Sonuç olarak; biyoteknolojik bir yöntem olan östrüs senkronizasyonu ile senkronizasyon uygulanmayan aynı ortamdaki aynı ırk koyunların da kısa bir zaman aralığında östrüse geldiği; anöstrüse geçiş döneminde yüksek oranda bir örnek gebeliğin sağlanabildiği ve bu avantajın sürü yönetiminde ekonomik karlılık açısından değerlendirilebileceği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Assaf koyunu, gebelik oranı, östrüs senkronizasyonu, anöstrüse geçiş dönemi

EFFECT OF ESTRUS SYNCHRONIZATION APPLIED TO ASSAF BREED SHEEP WITH LOW MILK PRODUCTION DURING THE TRANSITION TO ANOESTRUCTURE ON OTHER SHEEP OF THE SAME BREED IN THE SAME ENVIRONMENT

ABSTRACT

The study evaluated the effect of estrus synchronization applied to Assaf breed sheep with low milk yield during the transition to anoestrus (January-February) on other sheep of the same breed kept in the same environment but not subjected to synchronization. The study material comprised 69 ewes that had given birth at least once, were aged between two and four years, had an average live weight of 55-60 kilograms, an average body condition score of 2.5-3, were in their fourth to seventh month of lactation, had a daily milk yield of less than 0.5 litres, and were kept in the same paddock. The animals included in the study were randomly divided into two groups. The first group (synchronisation group; SG) consisted of 33 ewes that underwent progesterone-based estrus synchronization. For the purpose of this study, a vaginal sponge containing 60 mg of medroxyprogesterone acetate (Esponjavet, Hipra, Turkey) was placed intravaginally. Seven days after this application, the vaginal sponges were removed and 400 IU of PMSG (Oviser 5000 IU, Hipra, Turkey) and 125 µg of cloprostenol (PGS, 250 µg cloprostenol/ml, Alke, Turkey) were administered intramuscularly. The second group (non-synchronized group; ASG) of 36 ewes received no hormonal or medical treatment. Following the injections, rams were introduced into the flock at a 1/7 ram/ewe ratio for 21 days. Pregnancy examinations were performed 35 days after the rams were removed from the flock using real-time transabdominal ultrasound. The pregnancy rates determined in the SG and ASG groups as a result of the examinations were 93.9% (31/33) and 91.6% (33/36), respectively; the average number of fetuses per pregnancy was 1.51 and 1.60, respectively. In conclusion, it has been determined that the utilisation of estrus synchronization, a biotechnological method, results in ovine subjects of the same breed and environment reaching estrus within a short time frame, even in the absence of synchronization. It has been determined that a high rate of pregnancy can be achieved during the transition to anoestrus, and that this advantage can be evaluated in terms of economic profitability in herd management.

Keywords: Assaf, ewe, pregnancy rate, estrus synchronization, transition period to anoestrus

YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI: ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Prof. Dr. Selmin ENER RÜŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
ORICD: 0000-0003-3389-5739

Prof. Dr. Aydın RÜŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORICD: 0000-0001-5592-1411

ÖZET
Giderek daha fazla enerji kullananımı ve artan nüfus ile birlikte ülkelerin enerji talepleri artmaktadır. Geçmişten günümüze bu enerjinin karşılanmasında birincil enerji kaynağı olarak fosil kökenli kaynaklar yoğun kullanılmaktadır. Tüm dünyada fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımı sonucu önemli çevresel sorunlar yaşanmakta ayrıca bu kaynakları dünya üzerinde eşit kullanım imkânı da bulunmamaktadır. Bu nedenlerle, dünya genelinde ihtiyaç duyulan enerji için fosil kökenli enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, yaygınlaştırılması ve Ar-Ge çalışmalarının geliştirilmesi son derece önemlidir. Esasen tüm enerji kaynakların etkin, verimli ve sürdürülebilir kullanımı ülkelerinin geleceği ve güçlü olması açısında kaynağın varlığı kadar önemli görülmektedir. Çevreci, çeşitlendirilmiş, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağının oluşturulmasının yanı sıra bu kaynakların verimli kullanılması ülkelerin enerjide bağımsızlığını sağlayacak yöntemlerin başında gelmektedir. Bu sebeple, dünya ölçeğinde enerji bağımsızlığı ve sürdürülebilirliği ülkemizin ve her ülkenin birincil enerji politikalarını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda ülke politikamızı şekillendiren enerjinin etkin ve verimli kullanılması süreci ile dikkat çeken “Enerji Verimliliği” kavramının yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlanması örnekler üzerinden tartışılmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Enerji Verimliliği, Fosil Enerji Kaynakları.

NEW AND RENEWABLE ENERGY SOURCE: ENERGY EFFICIENCY

ABSTRACT
With increasing energy consumption and a growing population, countries' energy demands are increasing. Fossil-based resources have been extensively used as the primary energy source to meet this demand from past to present. The use of fossil-based energy resources worldwide has resulted in significant environmental problems, and these resources are not being used equally worldwide. For these reasons, the use of renewable energy resources instead of fossil-based energy resources for the global energy needs, their widespread adoption, and the development of R&D efforts are extremely important. In essence, the effective, efficient, and sustainable use of all energy resources is considered as crucial to the future and strength of countries as the existence of the resources themselves. In addition to creating environmentally friendly, diversified, renewable, and sustainable energy resources, the efficient use of these resources is among the primary methods to ensure countries' energy independence. Therefore, energy independence and sustainability on a global scale constitute the primary energy policies of our country and every country.

In this study, the concept of "Energy Efficiency", which has attracted attention with the process of effective and efficient use of energy that has shaped our country's policy in recent years, is discussed through examples to be defined as a new and renewable energy source.
Keywords: Renewable Energy, Energy Efficiency, Fossil Energy Sources.

GİRİŞ

Giderek artan nüfus, şehirleşme ve sanayileşme süreçleri dünya genelinde enerji talebinin hızla yükselmesine neden olmaktadır. . Bu yükseliş, ekonomik kalkınmanın ve toplumsal refahın temel unsurlarından biri haline gelmiş; bu durum ülkelerin enerji arz güvenliği ve sürdürülebilirlik politikalarını yeniden şekillendirmeye zorlamıştır (Mushafiq, Arisar, Tariq & Czapp, 2023). Geçmişten günümüze bu ihtiyacın karşılanmasında ağırlıklı olarak petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kökenli kaynaklar kullanılmıştır. İhtiyaç duyulan enerjiyi karşılamak amacıyla kullanım yoğunluğuna göre fosil kökenli yakıtlar sonrasında nükleer enerji kaynakları ve son olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Ancak, fosil kaynakların sınırlı rezervleri, eşitsiz coğrafi dağılımları ve çevreye olan olumsuz etkileri, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesini zorunlu kılmıştır (Pratiwi & Juerges, 2020). Fosil yakıtların neden olduğu karbon emisyonları, iklim değişikliği ve hava kirliliği gibi sorunlar, hem küresel ölçekte çevresel tahribat yaratmakta hem de enerji maliyetlerini artırmaktadır (BoroumandJazi, Saidur, Rismanchi & Mekhilef, 2012).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgâr, hidro, biyokütle, jeotermal vb.) devreye alınması ile birlikte “kaynak çeşitlendirmesi”, “düşük karbonlu dönüşüm” ve “enerji bağımsızlığı” gibi kavramlar enerji politikalarının merkezine oturmuştur. Bu kaynakların ticari ölçekte yaygınlaşması, teknolojik geliştirmeler ve politika desteği sayesinde hız kazanmıştır (Wang, Tian & Ren, 2021). Öte yandan, sadece yeni üretim kaynaklarının devreye alınması yeterli değildir. Çünkü var olan enerjinin daha etkin ve verimli kullanılması — yani enerji verimliliği — aynı miktarda hizmeti daha az enerjiyle gerçekleştirmek anlamına gelir ve bu yönüyle “görünmez” ancak stratejik bir kaynak olarak değerlendirilebilir (Tzani et al., 2022). Enerji verimliliği uygulamaları, enerji talebini azaltarak hem arz güvenliğini artırmakta hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Karabegović, 2025). Bu nedenle birçok uluslararası kuruluş enerji verimliliğini “en temiz, en ucuz ve en hızlı erişilebilir enerji kaynağı” olarak nitelendirmektedir (International Energy Agency, 2023; UN, 2024).Özetle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması bir gereklilik iken, bu kaynakların etkin biçimde kullanılması da bir zorunluluktur.

Enerji verimliliği, teknik olduğu kadar ekonomik ve politik bir kavramdır. Binalarda ısı yalıtımı, sanayide yüksek verimli motor kullanımı, ulaşımda elektrikli araç teknolojileri ve tarımda enerji tasarruflu pompalar gibi uygulamalar enerji verimliliği alanına girmektedir (Gorgulu, 2023). Enerji sistemlerinde yapılan verimlilik artışları, üretim süreçlerinde exergi analizleriyle değerlendirildiğinde, hem teknik performansı hem de ekonomik sürdürülebilirliği geliştirmektedir (BoroumandJazi et al., 2012; Karabegović, 2025). Ayrıca yapılan çalışmalar, enerji verimliliğinin karbon emisyonlarını azaltma hedefleriyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Chen et al., 2022; Tzani et al., 2022). Bu nedenle, enerji verimliliği yalnızca bir “tasarruf aracı” değil, aynı zamanda düşük karbonlu ekonomi hedeflerinin temel bileşenidir (OECD, 2019; Wang et al., 2021). Bunun yanında, yenilenebilir enerji teknolojilerinin termodinamik verimlilikleri, exergi analizleri gibi teknik parametreleri de literatürde önemli şekilde irdelenmiştir. Örneğin, güneş ve rüzgâr sistemlerinin teknik ve çevresel performansları üzerine yapılan çalışmalarda, verimlilik artışlarının sistem maliyetlerini ve çevresel etkiyi düşürmede kritik olduğu belirtilmiştir (Gorgulu, 2023).

Bu bağlamda enerji verimliliği, üretim teknolojilerinden kullanım süreçlerine kadar bütünleşik bir perspektif içerisinde düşünülmelidir. Böylece, yenilenebilir kaynaklarla üretim artarken, sistem verimliliğinin artırılması sayesinde toplam enerji tüketimi ve kayıplar azaltılabilir.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, ülke enerji talebi son yıllarda hızla artmakta ve birincil enerji tüketiminin yaklaşık %70'i ithal kaynaklarla karşılanmaktadır (World Bank, 2013). Bu durum, Türkiye'nin enerji bağımsızlığını artırmak amacıyla hem yenilenebilir enerji yatırımlarını hem de enerji verimliliği politikalarını önceliklendirmesine yol açmıştır. 2007 yılında yürürlüğe giren "Enerji Verimliliği Kanunu (5627)" ile birlikte sanayi, bina, ulaşım ve hizmet sektörlerinde enerji tasarrufu potansiyeli belirlenmiş; 2017-2023 "I. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı" kapsamında birincil enerji tüketiminde %14 azaltım hedefi konulmuştur. 2024-2030 "II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı" kapsamında ise 2030 yılına kadar enerji tüketimimizi %16 azaltacak ve 100 milyon ton emisyon azaltımı hedefi belirlenmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025; AB Bakanlığı, 2021). Türkiye'nin enerji stratejilerinde enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kadar kritik bir unsur olarak konumlanmıştır (Invest in Türkiye, 2024). Bu bağlamda, enerji verimliliği "yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı" olarak değerlendirilebilir; çünkü verimlilik sayesinde sağlanan her birim enerji tasarrufu, yeni üretim kapasitesi inşası kadar değerli bir kazanım oluşturmaktadır (Climatescorecard, 2018).

Sonuç olarak, küresel enerji sistemi dönüşümünde enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamlayıcısı ve sürdürülebilir kalkınmanın anahtarı konumundadır. Artan enerji talebi, çevresel baskılar ve fosil kaynaklara bağımlılığın azaltılması hedefleri doğrultusunda, enerji verimliliği uygulamaları ülkelerin enerji politikalarının merkezine yerleşmiştir (Mushafiq et al., 2023; Chen et al., 2022). Bu bağlamda enerji verimliliği, hem ekonomik büyümeyi destekleyen hem de çevresel etkileri azaltan "yeni nesil enerji kaynağı" olarak değerlendirilmektedir. Bu literatür çerçevesi, enerji verimliliğinin yalnızca teknik bir konu değil, aynı zamanda ekonomik büyüme, enerji güvenliği ve çevresel sürdürülebilirliğin de anahtarı olduğunu göstermektedir.

YÖNTEM

Enerji Verimliliği ve Önemi

Enerji verimliliği, belirli bir hizmet veya üretim düzeyini daha az enerji kullanarak sağlama kapasitesini ifade eden stratejik bir kavramdır. Bu yaklaşım, enerji üretimini artırmak yerine mevcut enerjinin daha etkin ve tasarruflu kullanılmasını hedefler (Chen, Dai, Ye, Xu, Huang & Bie, 2022). Enerji verimliliği, yalnızca teknik uygulamalardan ibaret olmayıp ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlarıyla bütünleşik bir süreçtir. Örneğin, binalarda yalıtım ve LED aydınlatma kullanımı, sanayide atık ısı geri kazanımı ve ulaşımda yüksek verimli motorların tercih edilmesi, enerji verimliliği uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir (Gorgulu, 2023; BoroumandJazi, Saidur, Rismanchi & Mekhilef, 2012). Bu uygulamalar sayesinde, enerji tüketimi azalırken aynı hizmet veya üretim düzeyi korunur, dolayısıyla hem maliyetler düşer hem de çevresel etkiler azaltılır. Ayrıca, enerji verimliliği politikalarının teknik yönlerini bilimsel temellere oturtur. Enerji yoğunluğunun azaltılması, bir ülkenin ekonomik verimliliğini ve enerji bağımsızlığını doğrudan etkiler.

Enerji verimliliği, ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınmanın da temel unsurlarından biridir. Verimlilik sayesinde tasarruf edilen her birim enerji, enerji arzını güçlendirir ve enerji ithalatına bağımlılığı azaltır (World Bank, 2013). Enerji verimliliği uygulamalarıyla elde edilen tasarruflar, yeni enerji yatırımlarının yerini kısmen alarak, ekonomik kaynakların daha rasyonel kullanılmasını sağlar.

Bu nedenle birçok ülke, enerji verimliliğini "ek sanal enerji üretimi" olarak değerlendirmekte ve ulusal enerji politikalarının merkezine yerleştirmektedir (IEA, 2023; UN, 2024). Ayrıca enerji verimliliği uygulamaları, karbon emisyonlarını düşürerek iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlar (Tzani, Stavrakas, Santini, Thomas, Rosenow & Flamos, 2022). Bu nedenle enerji verimliliği, ulusal ve uluslararası enerji politikalarında "görünmeyen enerji kaynağı" olarak değerlendirilmektedir (International Energy Agency, 2023; UN, 2024). Hem ekonomik hem çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahip olması, enerji verimliliğini geleceğin enerji stratejilerinin merkezine taşımaktadır.

Türkiye'de Enerji Verimliliği Politikaları ve Uygulamaları

Türkiye, enerji talebinin hızla arttığı, ancak birincil enerji kaynaklarının büyük bölümünü ithal eden ülkelerden biridir. 2025 verilerine göre, Türkiye'nin enerji ihtiyacının yaklaşık %72'i ithal kaynaklardan (doğal gazda % 98, petrolde % 92, kömürde ise % 50) karşılanmaktadır (World Bank, 2025). Bu durum, enerji arz güvenliği ve dışa bağımlılık açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır.

Bu çerçevede, 2007 yılında yürürlüğe giren "5627 numaralı Enerji Verimliliği Kanunu" ile Türkiye'de enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi ve verimlilik uygulamalarının yasal çerçeveye kavuşturulması sağlanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020). Kanun, sanayi, bina, ulaşım ve hizmet sektörlerinde enerji kullanımının rasyonelleştirilmesini hedeflemektedir.

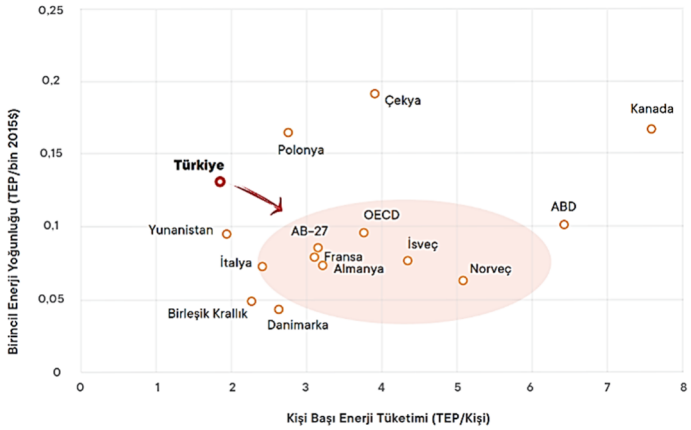
Ayrıca, 2017–2023 yıllarını kapsayan I. ve 2024-2030 II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı çerçevesinde temel hedef birincil enerji tüketiminde azaltım olmuştur. Bu hedef, hem sanayide enerji yoğunluğunun düşürülmesini hem de binalarda enerji performans standartlarının yükseltilmesini kapsamaktadır (AB Bakanlığı, 2021). Sanayi sektöründe yüksek verimli motor kullanımı ve atık ısı geri kazanım projeleri yaygınlaştırılmıştır. Ulaşımda elektrikli araçların teşviki, tarımda enerji tasarruflu sulama sistemlerinin kullanımı gibi uygulamalar, enerji verimliliği politikalarının somut yansımalarıdır (Invest in Türkiye, 2024).

Türkiye'nin enerji stratejileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra enerji verimliliğini de önceliklendirmektedir. Çünkü verimlilikle sağlanan her birim enerji tasarrufu, yeni bir enerji üretim tesisine duyulan ihtiyacı azaltmakta ve dışa bağımlılığı düşürmektedir (Climatescorecard, 2018). Bu yönüyle enerji verimliliği, Türkiye açısından "yeni bir enerji kaynağı" olarak değerlendirilebilir.

BULGULAR

Birincil enerji yoğunluğu ve kişi başı enerji tüketimi, ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyleri ile enerji verimliliklerini değerlendirmede temel göstergelerdir. Birincil enerji yoğunluğu, bir ülkenin gayri safi yurt içi hasılasını (GSYİH) üretmek için tükettiği enerji miktarını ifade ederken, kişi başı enerji tüketimi, vatandaş başına düşen toplam enerji kullanımını göstermektedir. 2025 verilerine göre OECD ülkelerinde ortalama birincil enerji yoğunluğu yaklaşık 0,10 ton eşdeğer petrol (TEP)/1000 USD, kişi başı enerji tüketimi ise 4,2 TEP civarındadır. Türkiye'de ise enerji yoğunluğu 0,15 TEP/1000 USD düzeyindedir; bu oran OECD ortalamasının üzerinde olup enerji verimliliği açısından iyileştirme potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin kişi başı enerji tüketimi ise 1,8 TEP civarındadır ve bu değer, Avrupa Birliği (AB) ortalamasının (%≈3,3 TEP) oldukça altındadır (OECD, 2025). Bu durum, Türkiye'nin ekonomik büyümesini desteklemek amacıyla artan enerji talebini karşılarken aynı zamanda enerji verimliliği politikalarını güçlendirmesi gerektiğine işaret etmektedir. Şekil 1'de Ülkelere Göre Birincil Enerji Yoğunluğu ve Kişi Başı Enerji Tüketimi Karşılaştırması grafik olarak verilmiştir.

Türkiyenin hedefi enerji yoğunluğu düşük olan ülkeler durumuna gelmektir. Son yıllarda Türkiye, "I. ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı" ve "Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021)" gibi stratejik belgeler aracılığıyla enerji yoğunluğunu azaltmayı ve yenilenebilir kaynakların payını artırmayı hedeflemektedir. Bu politikalar doğrultusunda sanayi, binalar ve ulaşım sektörlerinde enerji verimliliği yatırımları artırılmış, böylece Türkiye'nin sürdürülebilir enerji dönüşümünde önemli ilerlemeler kaydettiği gözlemlenmektedir (International Energy Agency (IEA), 2025; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2024).



Şekil 1. Ülkelere Göre Birincil Enerji Yoğunluğu ve Kişi Başı Enerji Tüketimi Karşılaştırması (Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı)

Aşağıda, Tablo 1'de 2025 yılına ait güncel tahminler ve uluslararası kuruluşların (IEA, OECD, ETKB) verileri temel alınarak hazırlanmış ülkelere göre birincil enerji yoğunluğu ve kişi başı enerji tüketimi karşılaştırma tablosu yer almaktadır:

Tablo 1. Ülkelere Göre Birincil Enerji Yoğunluğu ve Kişi Başı Enerji Tüketimi (2025 Tahmini Veriler International Energy Agency (IEA), 2025)

Ülke/Bölge	~Birincil Enerji Yoğunluğu (TEP/1000 USD GSYİH)	~ Kişi Başı Enerji Tüketimi (TEP/Kişi)
Türkiye	0,15	1,8
Avrupa Birliği (AB)	0,09	3,3
OECD ortalaması	0,10	4,2
Amerika Birleşik Devletleri	0,12	6,7
Çin	0,20	2,4
Dünya Ortalaması	0,14	2,9

2025 yılı sonu itibarıyla Türkiye enerjisinin kurulu gücü 121.418 MW'a ulaşmıştır. Bu kurulu güç kaynaklara göre %27 hidrolik enerji, %20 doğal gaz, %18 kömür, %12 rüzgâr, %20 güneş, %1,4 jeotermal ve %2,1 diğer kaynaklar olarak dağılım göstermektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2025).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Enerji verimliliği, günümüz enerji politikalarının merkezinde yer alan stratejik bir unsurdur. Yenilenebilir enerji teknolojileriyle birlikte, küresel enerji dönüşümünün en önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Verimlilik artışı, yalnızca enerji talebini azaltmakla kalmaz; aynı zamanda sera gazı emisyonlarını düşürür, ekonomik maliyetleri azaltır ve enerji güvenliğini güçlendirir. Türkiye gibi enerji ithalatına bağımlı ülkelerde, enerji verimliliği hem ekonomik hem de jeopolitik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Ulusal ölçekte verimlilik projeleri, yenilenebilir enerji yatırımlarıyla birlikte yürütüldüğünde, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, enerji verimliliği "tasarruf" kavramının ötesinde, "yeni bir enerji kaynağı" olarak görülmelidir. Bu yaklaşım, enerji arz-talep dengesini optimize ederken, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme hedefleri arasında güçlü bir köprü kurmaktadır. Dolayısıyla, enerji verimliliği geleceğin enerji politikalarının merkezinde yer almaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

AB Bakanlığı. (2021). *Energy Chapter – EU Negotiation Progress Report*. https://www.ab.gov.tr/chapter-15-energy_80_en.html

BoroumandJazi, G., Saidur, R., Rismanchi, B., & Mekhilef, S. (2012). A review on the relation between the energy and exergy efficiency analysis and the technical characteristic of the renewable energy systems. *Renewable Energy*, 16(5), 3131–3135.

Chen, B., Dai, Y., Ye, J., Xu, H., Huang, Y., & Bie, P. (2022). Evaluating energy efficiency from the perspective of clean energy and carbon emission. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1002572.

Climatescorecard. (2018). *Decrease Turkey's Energy Intensity and Strengthen Its Energy Efficiency Standards*. https://www.climatescorecard.org

Gorgulu, Y. F. (2023). Evaluating the efficiency of renewable energy technologies through thermodynamic analyses. *Insight - Mechanics*, 6(1).

International Energy Agency (IEA). (2023). *Energy Efficiency 2023 Report*. https://www.iea.org

International Energy Agency (IEA). (2025). *World Energy Balances 2025*. Paris: IEA Publications.

Invest in Türkiye. (2024). *Energy Sector Overview*. https://www.invest.gov.tr

Karabegović, I. (2025). Measuring the efficiency of solar energy systems: Technological, economic, and environmental perspectives. *Journal of Energy Research and Reviews*, 17(10).

Mushafiq, M., Arisar, M. M. K., Tariq, H., & Czapp, S. (2023). Energy Efficiency and Economic Policy: Comprehensive Review. *Energies*, 16(5), 2381.

OECD. (2019). *Environmental Performance Review: Turkey*. https://www.oecd.org

OECD. (2025). *Energy Efficiency Indicators Database*. Paris: OECD.

Özel olarak Türkiye bağlamında: Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP 2017-2023)

Pratiwi, S., & Juerges, N. (2020). Review of the impact of renewable energy development on the environment and nature conservation in Southeast Asia. *Energy, Ecology and Environment*, 5, 221–239.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017–2023 Gelişim Raporu*. https://enerji.gov.tr

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2024). *Türkiye Enerji Dengesi Raporu 2024*. Ankara: ETKB Yayınları

Tzani, D., Stavrakas, V., Santini, M., Thomas, S., Rosenow, J., & Flamos, A. (2022). Pioneering a performance-based future for energy efficiency. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 158, 112162.

UN. (2024). *UN Energy Transition Framework*. https://www.un.org

Wang, R. M., Tian, Z., & Ren, F. (2021). Energy efficiency in China: Optimisation and comparison between hydropower and thermal power. *Energy, Sustainability and Society*, 11(36).

World Bank. (2013). *Turkey: Building Market for Renewable Energy and Energy Efficiency*. https://www.worldbank.org.

TARIMSAL SULAMADA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ETKİSİ: KARAMAN ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Aydın RÜŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-5592-1411

Prof. Dr. Selmin ENER RÜŞEN
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0003-3389-5739

ÖZET
Bu çalışma, Karaman ili tarımsal üretim alanlarında yer alan yer altı suyu kuyularında enerji tüketimi optimizasyonu ve kuyu suyu yönetimi üzerine odaklanmaktadır. Araştırmanın temel amacı, kuyu pompalarında enerji verimliliğini artırarak hem su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak hem de tarımsal sulamada enerji maliyetlerini azaltmaktır. Çalışmada, Karaman bölgesindeki örnek su kuyusu üzerinde pompa tipi, motor gücü ve enerji tüketimi gibi anahtar veriler analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, mevcut çalışma koşulları dikkate alınarak enerji verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, uygun pompa seçimi, frekans dönüştürücü (VFD) kullanımı ve sulama planlamasının optimizasyonu gibi enerji tasarrufu stratejileri analiz edilmiştir. Sonuçlar, uygun mühendislik çözümleriyle enerji tüketiminde %20'ye varan bir azalma sağlanabileceğini ve aynı zamanda yer altı su seviyesinin korunmasına katkı sunulabileceğini ortaya koymuştur. Çalışma, Karaman özelinde elde edilen bulguların Konya ve Türkiye'nin diğer yer altı suyu ile sulama yapılan bölgelerine de uygulanabilir olduğunu göstermekte ve tarımda su-enerji ilişkisini bütüncül bir yönetim anlayışıyla ele alan yeni bir yaklaşım önermektedir.
Anahtar Kelimeler: Tarımsal Sulama, Enerji Verimliliği, Pompalarda Enerji Verimliliği.

EFECT OF ENERGY EFFICIENCY IN AGRICULTURAL IRRIGATION: KARAMAN CASE

ABSTRACT
This study focuses on optimizing energy consumption and well water management in groundwater wells located in agricultural production areas in Karaman province. The primary objective of the study is to both ensure the sustainable use of water resources and reduce energy costs in agricultural irrigation by improving the energy efficiency of well pumps. Key data such as pump type, motor power, and energy consumption were analyzed for a sample water well in the Karaman region. The obtained data were evaluated in terms of energy efficiency, taking into account current operating conditions. In this context, energy-saving strategies such as appropriate pump selection, frequency converter (VFD) use, and irrigation scheduling optimization were analyzed. The results demonstrate that with appropriate engineering solutions, energy consumption can be reduced by up to 20% and can also contribute to groundwater table conservation. The study demonstrates that the findings obtained in Karaman are applicable to Konya and other groundwater-irrigated regions in Turkey and proposes a new approach that addresses the water-energy relationship in agriculture with a holistic management approach.
Keywords: Agricultural Irrigation, Energy Efficiency, Energy Efficiency in Pumps.

SLAM-LiDAR TABANLI NOKTA BULUTU İLE OBRUK GEOMETRİLERİNİN ANALİZİ

Doç. Dr. Mustafa ZEYBEK
Selçuk Üniversitesi, Güneysınır MYO
ORCID: 0000-0001-8640-1443

Özet
Bu çalışma, Konya'daki Timraş Obruğu'nun geometrik özelliklerini SLAM-LiDAR destekli mobil tarama ve RTK/PPK tabanlı konum doğrulaması ile elde edilen yoğun nokta bulutlarını incelemektedir. Öncelikle gürültü giderimi ve nokta düzenleme işlemleri uygulanmış; yer düzlem referans alınarak çoklu kesit profilleri, eğim dağılımları ve morfometrik göstergeler türetilmiştir. Obruk plan geometrisinin belirlenmesindeki zorlukları aşmak için en küçük kareler yaklaşımıyla çember/elips uyumu gerçekleştirilmiş; ana eksenler, eliptik ve merkez konumu hesaplanmıştır. Düşey boyutta, düşey düzlemle ilişkili derinlik belirlenmiş; hacim hesaplamaları üçgen ve sayısal arazi modeli ile yapılmıştır. Konum doğruluğu ve model güvenilirliği, RTK-GNSS kontrol noktaları ile analiz edilmiştir. Bulgular, Timraş Obruğu'nun geometrik özelliklerinin yüksek doğrulukla modellenebildiğini ve bu yöntemin çökme süreçlerinin zamansal olarak izlenmesinde etkin bir araç sunduğunu göstermektedir. Geliştirilen iş akışı, jeomorfolojik izleme, kırsal planlama, afet risk yönetimi ve sürdürülebilirlik politikaları için veri temelli karar destek sistemi olarak kullanılabilir niteliktedir. Bu kapsamda çalışma, karstik jeomorfoloji bağlamında saha koşullarına duyarlı, otomatik, ölçeklenebilir ve yeniden uygulanabilir bir obruk geometrisi çıkarım yöntemi önermekte; bu yönüyle hem bilimsel araştırmalar hem de uygulamalı mühendislik çalışmaları için önemli bir referans oluşturmaktadır.
Anahtar Kelimeler: nokta bulutu, obruk geometrisi, elips yaklaştırması, hacim hesabı, RTK-GNSS, karstik jeomorfoloji

SLAM-LiDAR BASED POINT CLOUD ANALYSIS OF SINKHOLE GEOMETRIES

Abstract
This study examines the geometric characteristics of the Timraş Sinkhole in Konya using dense point clouds acquired through SLAM-LiDAR–assisted mobile scanning and RTK/PPK-based positional correction. Noise reduction and point cloud refinement were first applied, followed by the derivation of multiple cross-sectional profiles, slope distributions, and morphometric indicators referenced to the ground plane. To overcome the challenges of determining the planimetric geometry of the sinkhole, circle/ellipse fitting was performed using the least squares method, enabling the calculation of major axes, ellipticity, and centroid location. In the vertical dimension, depth values relative to a vertical reference plane were determined, and volume estimations were carried out using triangulation and digital terrain modeling. Positional accuracy and model reliability were assessed through RTK-GNSS control points. The findings demonstrate that the geometric features of the Timraş Sinkhole can be modeled with high accuracy and that this method offers an effective tool for the temporal monitoring of collapse processes. The developed workflow provides a data-driven decision support framework for geomorphological monitoring, rural planning, disaster risk management, and sustainability strategies.

In this context, the study proposes a site-sensitive, automated, scalable, and replicable sinkhole geometry extraction approach within the framework of karstic geomorphology, constituting an important reference for both scientific research and applied engineering practices.

Keywords: point cloud, sinkhole geometry, ellipse fitting, volume calculation, RTK-GNSS, karstic geomorphology

SÜRDÜRÜLEBİLİR KIRSAL KALKINMA HEDEFİ DOĞRULTUSUNDA TURİZME KONU DEĞERLERİN TESPİTİ VE POTANSİYELİ: KARAPINAR ÖRNEĞİ

Öğr. Gör. Dr. Ferhat ÖZCAN
Selçuk Üniversitesi, Çumra MYO Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı
ORCID: 0000-0003-2188-8443

Şevval Zeynep AYHAN
Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü
ORCID: 0009-0002-7024-8856

ÖZET
Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kapasitesinden ödün vermeden bugünün gereksinimlerini gidermeyi hedefleyen sürdürülebilirlik ilkesi, kırsal alanların ekonomik ve sosyal canlılığı için stratejik bir çerçeve sunmaktadır. Kırsal kalkınmanın güvence altına alınması, büyük ölçüde yerel ekonomilerin çeşitlendirilmesine bağlıdır. Bir ülkenin ve bölgenin ekonomik sürdürülebilirliği için ülke içi kırsal destinasyonlarda kalkınmanın sürekliliği ve desteklenmesi gerekmektedir.
Bu bağlamda turizm, sahip olduğu potansiyel ile kırsal destinasyonlar için önemli bir kalkınma aracı olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel turizm arz unsurlarından (deniz, güneş, kum vb.) yoksun olan veya altyapı açısından dezavantajlı konumda bulunan kırsal bölgelerin rekabet avantajı elde edebilmesi, kendilerine özgü doğal, kültürel ve sosyo-ekonomik değerleri tespit edip turistik bir ürüne dönüştürme becerilerine bağlıdır.
Bu çalışma, Türkiye'nin önemli tarım havzalarından biri olan Konya-Karapınar ilçesinin, sürdürülebilir kırsal kalkınma perspektifinden turizm potansiyelini ve turistik arz unsurlarını tespit etmeyi amaçlamaktadır. Nitel araştırma deseninde kurgulanan çalışmada, ikincil veri analizi tekniği kullanılarak resmi kurum verileri, coğrafi analizler ve akademik literatürden kapsamlı olarak yararlanılmıştır. Araştırma bulguları, Karapınar'ın jeolojik mirası, özgün bitki örtüsü, yerel gastronomisi ve termal kaynakları ekseninde; başta jeoturizm, botanik turizmi, gastronomi turizmi ve sağlık turizmi olmak üzere çeşitli niş turizm türleri için zengin bir potansiyel barındırdığını ortaya koymaktadır. Bu potansiyelin harekete geçirilmesinin, bütüncül bir destinasyon yönetimi ve etkili pazarlama stratejilerinin geliştirilmesine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma, Destinasyon Pazarlaması, Karapınar, Coğrafya.

DETERMINATION OF ASSETS AND POTENTIAL FOR TOURISM TOWARDS THE GOAL OF SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY OF KARAPINAR

ABSTRACT
The principle of sustainability, which aims to satisfy present needs without compromising the capacity of future generations to meet their own, provides a strategic framework for the economic and social vitality of rural areas. Ensuring rural development is largely contingent upon the diversification of local economies. For the economic sustainability of a nation and its regions, the continuous development and support of domestic rural destinations are imperative.

In this regard, tourism stands out as a pivotal development tool for rural destinations. For rural regions lacking conventional tourism assets—such as sea, sun, and sand—or those that are infrastructurally disadvantaged, achieving a competitive advantage hinges on their ability to identify and convert their unique natural, cultural, and socio-economic values into marketable tourism products.

This study seeks to determine the tourism potential and supply elements of the Konya-Karapınar district, a major agricultural basin in Turkey, through the lens of sustainable rural development. Employing a qualitative research design, the study relies on secondary data analysis, drawing comprehensively from official institutional data, geographical analyses, and the academic literature. The findings indicate that Karapınar holds significant potential for several niche tourism sectors—notably geotourism, botanical tourism, gastronomy tourism, and health tourism—based on its geological heritage, distinctive flora, local cuisine, and thermal resources. The study concludes that mobilizing this potential is dependent upon the formulation of holistic destination management and effective marketing strategies.

Keywords: Sustainable Rural Development, Destination Marketing, Karapınar, Geography.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

KONYA BÖLGESİNDEKİ TOPRAKSIZ TARIM UYGULAMALARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

Dr. Yavuz ERDEN
Milli Eğitim Bakanlığı
ORCID: 0000-0003-0262-475X

ÖZET

Günümüz dünyasında farklı faktörlere bağlı olarak iklim değişiklikleri yaşanmakta, bu değişikliklerle de bağlantılı olarak hem toprak, hem de erişilebilir/kullanılabilir su kaynaklarında gözle görülür bir azalma gözlenmektedir. Bu durumdan tarımsal faaliyetler de olumsuz olarak etkilenmekte, insanların tarım ürünlerine ve sağlıklı-temiz gıda maddelerine ulaşımı her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. Bu sorunlarla başa çıkabilmek adına, uluslararası arenada olduğu gibi ulusal ve yerel düzeyde de çalışmalar yapılmakta, alternatif çözüm önerileri ve politikalar üretilmektedir. Ülkemizde yeterli seviyede uygulama sahası bulamamış olmakla birlikte söz konusu çözüm önerilerinden biri de topraksız tarım uygulamalarıdır. Bu çalışmada, ana hatlarıyla, çoğunlukla kentsel tarım olarak da bilinen topraksız tarım uygulamasının avantajları, uygulama alanları, geçirdiği aşamalarla bağlantılı olarak tanıtılmış; Konya'da şu ana kadar yapılan topraksız tarım uygulamalarına değinilmiştir. Ayrıca, Konya genelinde, tespit edilebilen dört uygulamanın (bir tanesi şu an itibariyle durdurulmuş konumdadır) verimliliği, sürdürülebilirliği üzerine öneriler ortaya konulmuştur. Söz konusu uygulamaların ihtiyaç öncelikli olarak yaygınlaştırılabilirliği bağlamında Karatay, İsmil ve Karapınar bölgelerinde de faaliyete geçirilmesi yönünde tespitlerde bulunulmuş olup çalışmamızın, bahsi geçen yörelerin kalkınmasına da fayda sağlayacağı umulmaktadır. Topraksız tarım uygulamalarında toprağın yanı sıra, olabildiğince az, kullanılmış/atık su veya jeo-termal kaynakların kullanılması ve bunların getirileri, konya bölgesi ve çevresinde, nerede ve nasıl yaygınlaştırılabileceği de ayrıca vurgulanmıştır. Çalışmamızın mikro planda, olabildiğince az toprak ve su kullanarak ucuz, kaliteli ve sağlıklı ürün elde etme, makro planda ise nitelikli ve sürdürülebilir tarım faaliyetleriyle ilgili olarak gelecekte yapılacak bilimsel çalışmalara zemin hazırlaması ve ışık tutması beklenmektedir.
Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Topraksız Tarım, Konya, Sürdürülebilirlik.

HYDROPONIC FARMING PRACTICES AND THEIR SUSTAINABILITY IN THE KONYA REGION

ABSTRACT

In today's world, climate change is occurring due to various factors, and in connection with these changes, a noticeable decrease is observed in both soil and accessible/usable water resources. Agricultural activities are also negatively affected by this situation, and people's access to agricultural products and healthy, clean foodstuffs is becoming increasingly difficult. In order to address these issues, efforts are being made at the national and local levels, as well as internationally, to develop alternative solutions and policies. Although it has not found sufficient application in our country, one such solution is soil-less farming practices. This study outlines the advantages of soilless farming, also known as urban agriculture, its areas of application, and the stages it has undergone. It also discusses the soilless (hydroponic) farming practices carried out in Konya to date. Furthermore, recommendations have been made regarding the efficiency and sustainability of four applications identified across Konya (one of which is currently suspended).

It has been determined that these applications could be rolled out in the Karatay, İsmil and Karapınar regions, given their high priority needs, and it is hoped that our study will also contribute to the development of these areas. In soil-less farming practices, in addition to soil, the use of as little used/waste water or geothermal resources as possible and their benefits, as well as where and how they can be disseminated in the Konya region and its surroundings, have also been emphasised. Our study is expected to lay the groundwork for future scientific research on obtaining inexpensive, high-quality and healthy products using as little soil and water as possible on a micro level, and on qualified and sustainable agricultural activities on a macro level.

Keywords: Climate Change, Soilles (Hydroponic) Agriculture, Konya, Sustainability.

ANALYTICAL EVALUATION OF THE CARBON EMISSION REDUCTION POTENTIAL OF BIOGAS PRODUCTION IN THE KARAPINAR REGION

Assist. Prof. Dr. Mehmet TEMİZ
Selçuk University, Karapınar Aydoğanlar Vocational School, Electrical and Energy Department
ORCID: 0000-0003-2974-8824

ABSTRACT
This study analytically evaluates the biogas production potential and the associated carbon emission reduction achievable through the utilization of animal manure in the Karapınar district of Konya, Türkiye. Karapınar is a major agricultural and livestock production region, yet its substantial organic waste capacity has not been fully quantified in terms of bioenergy potential and climate mitigation benefits. In this research, 2023 livestock inventory data obtained from TÜİK and the District Directorate of Agriculture were used to calculate the total recoverable manure, biogas yield, thermal energy potential, and electricity production capacity. Biogas generation was estimated using established coefficients from the literature for cattle and small ruminants, while conversion efficiencies and heating values were applied to determine the equivalent electrical energy output. Furthermore, the study quantifies the reduction in CO_2 emissions achieved by replacing coal-based electricity generation with biogas-derived electricity. The results demonstrate that biogas production from Karapınar's livestock manure can provide a significant renewable energy resource while simultaneously preventing substantial greenhouse gas emissions. These findings highlight the role of regional biogas systems in supporting Türkiye's 2053 Net Zero Emission target and contributing to sustainable agricultural waste management practices.
Keywords: Biogas, Carbon Emission, Karapınar, Renewable Energy, Biomass.

INTRODUCTION
The rapid increase in the world's population, the new dimensions of industrialization, and people's desire to raise their living standards have increased the need for energy. As is the case worldwide, the demand for energy is increasing in our country(Taşova & Yazarel, 2019). To meet this increasing energy demand, fossil resources such as coal, oil, and natural gas are primarily used. However, because these resources have a low renewal rate and are insufficient in quantity to meet demand, they are rapidly depleted. Furthermore, overuse of these resources causes environmental problems such as air pollution, increased ozone depletion, accelerated global warming, and acid rain. Today, many researchers are working to develop new technologies and inventions to utilize these resources more efficiently, while also working on the use and utilization of environmentally friendly, almost limitless, renewable energy(Sözer, Kabaş, & Ünal, 2016).
Environmentally friendly production can be achieved with renewable energy sources (such as solar energy, geothermal energy, hydropower, wind energy, and biomass). These sources contribute to the reduction of carbon dioxide (CO_2) emissions, thus helping to protect the environment. Furthermore, because they are domestic and rapidly renewable resources, they reduce the country's dependence on foreign energy sources and create new employment opportunities.(Aktaş et al., 2015). Since our country has a rich potential in terms of renewable energy resources, the effective use of resources is of significant importance. Biomass energy, a renewable energy source, has been increasingly used in recent years due to production incentives. Biogas, one of the fuels derived from biomass energy sources, is a gas mixture produced by the anaerobic fermentation of organic waste.

Biogas is an odorless, colorless, lighter-than-air gas that burns with a bright blue flame and contains approximately 55-75% methane (CH_4), 24-44% carbon dioxide (CO_2), and very small amounts of oxygen (O_2), hydrogen (H_2), nitrogen (N_2), hydrogen sulfide (H_2S), ammonia (NH_3), and carbon monoxide (CO)(Dağtekin et al., 2019). Sufficient organic matter, sufficient bacteria, a suitable anaerobic environment and appropriate ambient temperature constitute the important parameters required for biogas production. While the content of biogas varies depending on the digestion time of organic matter by fermentation microorganisms, the type of waste and the operating conditions of biogas production, the energy efficiency of biogas varies depending on the suitability of parameters such as pH, temperature and good mixing. (Demir Yetiş et al., 2019). Biogas systems must be operated taking these parameters into consideration.

Improper storage of animal waste worldwide and in Turkey can lead to significant environmental problems. Unsanitary storage conditions can lead to the formation of foul odors, the proliferation of pests, the contamination of surface and groundwater resources, eutrophication of surface water resources, the reduction of groundwater and surface water potential, the extinction of species, the reduction of product quality by direct discharge into agricultural land, the increase in greenhouse gas emissions, and global climate change(Tırınk, 2022). Therefore, such waste must be stored with the necessary precautions to prevent environmental problems until they are applied to land. Processes such as aeration, biogas production, composting, and drying will reduce the environmental impact of such waste. Furthermore, by using wastes more effectively as organic fertilizer in fields, the potential environmental problems they may create will be significantly reduced(Karaman, 2006).

Establishing biogas plants provides economic benefits by reducing the negative impacts of animal waste on living organisms, water, and soil resources. Ultimately, the biogas produced will reduce environmental pollution from fossil fuels, prevent greenhouse gas emissions, and support sustainable development by saving energy(Demir Yetiş et al., 2019).

Globally, Türkiye holds a significant position in agriculture and animal husbandry. Turkey's biogas energy potential represents a significant energy source due to its large agricultural lands, livestock potential, and population involvement in agriculture and animal husbandry(Alparslan et al., 2014; Dağtekin et al., 2019). For these reasons, the biogas energy potential in our country needs to be evaluated.

As Turkey progresses toward achieving its Net Zero Emissions target set for 2053, agricultural, forest, and water management policies form the foundation of this transformation. Strategies implemented by the Ministry of Agriculture and Forestry support environmentally sound production and encourage the utilization of organic waste in compost and biogas facilities. This approach reflects a holistic sustainability philosophy that aims to increase resource efficiency and reduce agricultural carbon emissions, rather than focusing solely on energy production.

Within this broad strategic framework, the Karapınar district of Konya province represents a special area of interest thanks to its extensive agricultural activities and potential for intensive animal husbandry. Although Karapınar is one of the region's major livestock centers, it has been determined that its large-scale organic waste potential has not been fully quantified in terms of biogas energy yield and potential carbon emission reduction. Therefore, determining the region's biogas potential using scientific methods is crucial for demonstrating the local applicability of national targets(TIRINK, 2022).

Various academic studies exist on biogas potential across Türkiye. Previously, the biogas potential of provinces such as Bitlis, Düzce, Ağrı, Samsun, and Sivas from animal waste has been examined, demonstrating the potential for biogas technology to be disseminated nationally.

However, despite general national assessments in the existing literature, the number of detailed, up-to-date regional studies addressing the potential of large, intensive livestock centers like Karapınar and linking them to national climate targets is limited. This study, by leveraging Karapınar's strategic location in the Konya Plain, fills a significant gap in understanding the extent to which biogas production can contribute to energy and climate change in intensive agricultural and livestock regions.

The aim of this study is to determine the biogas energy potential of manure generated from animal production in the Karapınar district. Furthermore, the amount of power that can be generated from biogas energy potential should be determined in terms of national policies and economic sustainability. Within the scope of the study, the number of cattle and sheep in Iğdır province for the year 2023 was determined. Then, based on the daily wet manure produced by these animals, the daily and annual wet manure production amounts were calculated. The biogas production potential of the animal manure and the amount of electricity that could be generated based on the thermal equivalence of the biogas were then calculated. The CO_2 emission reductions resulting from biogas production were determined by considering the emissions from fossil fuel consumption relative to the amount of electricity produced.

MATERYAL VE METOT

Study Area and Data Sources

The study area is the Karapınar district of Konya province, a major agricultural and livestock center in the Central Anatolia Region. Karapınar offers a high substrate potential for biogas production with its large animal inventory.

Animal inventory data was obtained from the Turkish Statistical Institute (TurkStat) 2023 Animal Production Statistics, the Ministry of Agriculture and Forestry, and the Karapınar District Directorate of Agriculture and Forestry's current data (2023). The animal population details used in the study are as follows.(TUIK, 2023):

Livestock Inventory:

- **Total Cattle: 85,790 head.**
- **Total Small Cattle: 383,183 head.**

Karapınar is located 95 km east of Konya. It is bordered by Karatay and Çumra districts of Konya Province to the west, Karaman and Ayrancı districts to the south, Ereğli district to the east, Emirgazi district to the northeast, and Aksaray province to the north. The district has a surface area of 2,747 km2 and an elevation of 1,026 m above sea level.

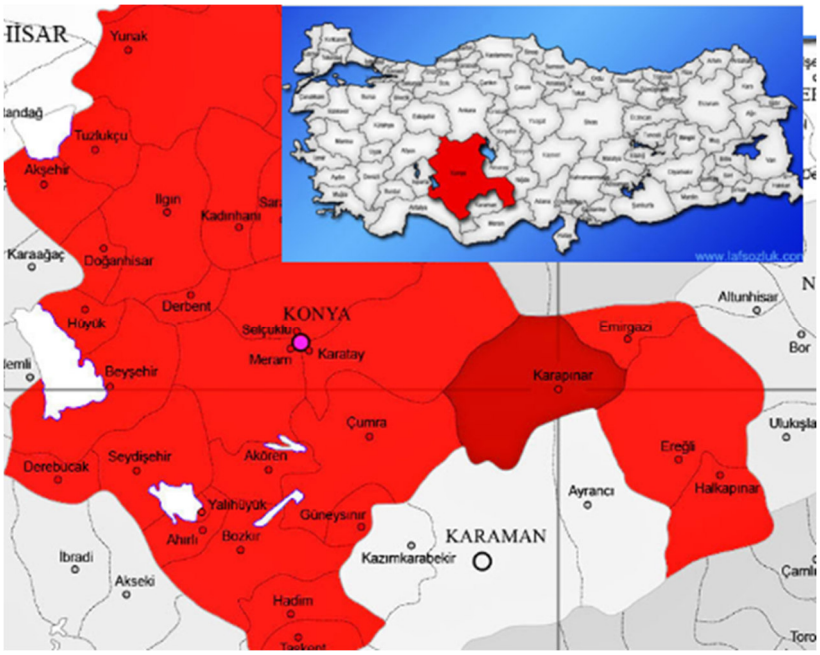


Figure 1. Geographical location of karapinar.

Determination of Biogas Potential

Manure production can vary greatly depending on the feeding density and food type of the animals and the frequency of water drinking. (Kocabey, 2019). To calculate the biogas potential of the Karapınar district, previous studies on the subject were reviewed. Some assumptions were made based on these studies to determine the biogas potential. The values predicted in the literature were determined based on the minimum and maximum value ranges in Table 1.(Aktaş et al., 2015; Avcıoğlu, Çolak, & Türker, 2013; Koçer, Öner, & Sugözü, 2006; Omer & Fadalla, 2003; SALİHOĞLU, TEKSOY, & ALTAN, 2019). The coefficient values within the specified ranges were not exceeded in the calculations.

Table 1. Waste generation value ranges according to animal species.

Acceptance Parameters	**Cattle (BBH)**	**Sheep/Goat (KBH)**
Live Animal Weight (kg)	135–800	30–75
Daily Manure Formation (%)	5–6	4–5
Daily Manure Production (kg day^{-1})	6–48	1.2–3.75
Dry Matter Content (%)	5–25	30–36
Volatile Dry Matter (%)	75–85	20–81
Usability (%)	25–65	13
Biogas Equivalence (m^3 (ton*VDM)$^{-1}$)	200–350	100–310

In order to calculate the biogas potential from animal waste in Karapınar district, the amount of wet manure (TYGM) was calculated using the following equation.

$$T_{YGM}=A_{CH}*Y_{CHA} \quad (1)$$

Here, TYGM, ACH, and YCHA represent the total amount of wet manure (kg (day*animal)$^{-1}$), the live animal weight by animal species (kg), and the percentage of live animal weight by animal species (%). The wet manure production potential in animals can vary depending on many parameters, such as the animal's weight, breed, age, sex, diet, and the climate conditions of the region. However, in this study, considering Equation 1 and literature values (Table 1), the wet manure production amount was assumed to be 27 kg day^{-1} for BBH and 2.48 kg day^{-1} for KBH.

To prevent the collection of animal waste while animals are on pasture and to avoid raw material shortages for the continuity of the facility, not all of the manure is used in the calculation. For this reason, the total usable amount of wet manure (TKYGM) is calculated using the following equation:

$$T_{KYGM}=T_{YGM}*Y_{KG} \quad (2)$$

Here, TKYGM represents the total usable amount of wet manure (ton day^{-1}), YKG represents the usable manure rate (%) according to animal type.

This value was taken as 65% for BBH and 13% for KBH. In the literature, two different assumptions are used in the biogas coefficient acceptance depending on the animal species, depending on whether the manure is dry or wet (Alparslan et al., 2014; Altikat et al., 2012; Bulut & Canbaz, 2019; Demir Yetiş et al., 2019; Doruk & Bozdeveci, 2017; A. İlinin et al., 2017; B. İlinin et al., 2019; K. İlinin et al., 2020; Kocabey, 2019; Makalesi, Hande, Işik, & Polat, 2018; SALİHOĞLU et al., 2019; Şenol et al., 2017; Yağli et al., 2019). Wet manure also contains solid animal feces, urine, and the wash water from the area where it is located. Therefore, the dry content of the wet manure, from which biogas can be obtained, must be calculated. Therefore, the total amount of dry manure (TKGM)is calculated by using following formula.

$$T_{KGM}=T_{YGM}*Y_{KM}*Y_{UKM} \quad (3)$$

Here, TKGM represents the total dry manure amount (tons*UKM day^{-1}), while YKM represents the dry matter (%) ratio in animal waste, which varies depending on the animal species. This value is taken to be between 5-25% for BBH and 30% for KBH. YUKM represents the volatile dry matter (%) ratio according to animal species. Depending on the animal species, biogas can be obtained from 1 ton of total dry manure produced, ranging from 200-300 m^3 (tons*UKM)$^{-1}$ for BBH and 100-350 m^3 (tons*UKM)$^{-1}$ for KBH(SALİHOĞLU et al., 2019; Yağli et al., 2019; Yazar et al., 2018). Hayvan türüne bağlı oluşan 1 ton toplam yaş gübre miktarından BBH için 33 m^3 ton^{-1} ve KBH için 58 m^3 ton^{-1} biyogaz elde edilebilmektedir(Alparslan et al., 2014; Altikat et al., 2012; Bulut & Canbaz, 2019; Demir Yetiş et al., 2019; Doruk & Bozdeveci, 2017; A. İlinin et al., 2017; B. İlinin et al., 2019; Kocabey, 2019; Makalesi et al., 2018; Şenol et al., 2017). In this study, the coefficients used for wet manure assumption were used to calculate the biogas potential. Annual total wet manure potential (YGP) is calculated by using following equation.

$$T_{YGP}=T_{KYGM}*N_{CH}*365/1000 \quad (4)$$

In this equation, NCH represents the number of animals. The annual amount of biogas (TBiogas) is calculated as follows.

$$T_{Biyogaz}=T_{YGP}*M_B \quad (5)$$

Here, T_{Biogas} represents the annual biogas production (m^3 $year^{-1}$), and MB represents the amount of biogas produced from 1 ton of wet manure, depending on the animal species. This value is taken as 33 m^3 ton^{-1} for BBH and 58 m^3 ton^{-1} for KBH. Biogas contains between 50 and 70% methane. The amount of energy that can be produced from biogas (E_{heat}) is calculated as follows.

$$E_{ısı}=T_{Biyogaz}* E_B \quad (6)$$

Here, Eısı represents the calorific value of the energy to be obtained from the annual amount of biogas formed (MJ $year^{-1}$), and EB represents the calorific value of biogas (MJ m^{-3}). The calorific value of the biogas formed varies between 20-27 MJ m^{-3}, depending on the methane content(Ayhan, 2015; Bond & Templeton, 2011; Ekinci et al., 2010; Eryaşar & Koçar, 2009). For this reason, the calorific value of 1 m3 of biogas is assumed to be 23.5 MJ m-3. The electrical energy equivalent of 23.5 MJ of biogas is 6.53 kWh (1 kWh = 3.6 MJ). To generate electrical energy from biogas, it is converted into mechanical energy by burning it in a cogeneration system. The electrical efficiencies of cogeneration systems vary between 35% and 40%. This value was taken as 40%, and for a cogeneration system operating at this efficiency, the electrical equivalent of 1 m3 of biogas was assumed to be 2.61 kWh. The average greenhouse gas emission for 1 kWh of electricity produced by burning pulverized coal is 710 g CO_2, while for burning biogas, this value is an average of 26 g CO_2(Melikoglu, 2013). To calculate the amount of CO2 emissions that could be prevented annually by producing biogas from animal waste, the difference between the two values was calculated using a coefficient of 684 g kWh-1. The assumptions to be used in calculating the biogas potential are summarized in Table 2.

Table 2. Acceptances used according to animal species.

Assumptions Used	**Cattle (BBH)**	**Sheep/Goat (KBH)**
Total Fresh Manure Amount – TFMA (kg day·animal^{-1})	27	2.48
Usability – UFM (%)	65	13
Biogas Yield from Fresh Manure – BG (m^3 ton^{-1})	33	58
Energy Heating Value – Ehv (MJ m^{-3})	23.5	23.5
Electric Energy Value (kWh $year^{-1}$)	2.63	2.63
Avoided CO_2 Emission (g kWh^{-1})	684	684

FINDINGS AND DISCUSSION

To calculate the biogas potential from animal waste in the Karapınar district, the number of animals in the province and the total amount of wet waste that could be collected from animals were calculated. The amount of wet manure usable for biogas was then determined. The biogas potential was then calculated to determine the thermal and electrical equivalence of the gas. Furthermore, the CO2 emission reduction from the electricity generated by using biogas, a renewable energy source, was calculated. Based on the determined values, the total livestock population in the Karapınar district in 2023 and the specified assumptions, the amount of manure, the amount of biogas to be generated, the energy potential, and the CO2 emissions to be avoided were determined.

Within the scope of the study, the number of cattle (local-cultured-hybrid) and sheep and goats (small ruminants) were taken as reference, based on data from the Ministry of Agriculture and Forestry, the Konya Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, and the Konya Provincial Coordination Office of the Rural Development Support Institution in the Karapınar district for 2023. The total wet manure potential (Equation 4) and the amount of biogas to be obtained (Equation 5) were determined based on the number of livestock in the province (Table 3).

Table 3. Wet manure and biogas potential to be obtained from cattle and sheep waste in Karapınar district.

Animal Type	**Number of Animals**	**Total Fresh Manure Potential – TFMP (ton year^{-1})**	**Total Biogas Amount (m^3 year^{-1})**
Cattle	85,790	549,549	18,135,126 – 20,750,430
Sheep/Goat	383,183	45,091	2,615,303

After calculating the total annual biogas potential, the thermal equivalence of the biogas that can be obtained is calculated using Equation 6 and the electrical equivalences are calculated using the assumptions in Table 2.

Table 4. Energy potential and CO_2 emissions prevented from cattle and sheep waste in Karapınar district.

Animal Type	**Energy Heating Value (MJ year^{-1})**	**Total**	**Electric Energy Value (kWh year^{-1})**	**Total**	**Avoided CO_2 Emissions (ton year^{-1})**	**Total**
Cattle	426,175,476	487,635,112	47,332,680	54,158,623	32,375	37,044
Sheep/Goat	61,459,636		6,825,942		4,668	

When the results of the studies given in the literature are compared with the results obtained in this study, it is seen that the results are compatible.

CONCLUSION

Biogas potential was investigated using the number of live animals in Karapınar district for the year 2023. It was found that the amount of animal waste consisting of a total of 463793 live animals (18.2% BBH, 81.8% KBH) in Karapınar district in 2023 could yield 594640.7352 tons of usable wet manure, 37044.49824 m^3 of biogas, 487635112.7 MJ of energy potential and 54158623.16 kWh of electrical energy potential. In addition, it was calculated that a total of 37044.49824 tons of CO_2 emissions would be prevented as a result of biogas production and use.

While a globally growing population brings with it a demand for energy, today's most critical challenges are the depletion of fossil fuel reserves and the dangerous extent of climate change. Under these circumstances, the need to reduce CO_2 emissions and ensure energy security has brought the importance of clean and sustainable energy sources to the forefront. International climate agreements (Kyoto Protocol and Paris Agreement), in particular, mandate the reduction of emissions of key greenhouse gases such as CO_2, CH_4 (methane), and N_2O (nitrous dioxide).

Considering that agriculture and livestock farming contribute to the formation of potent greenhouse gases, particularly CH4 and N_2O, (ERSOY, 2017), Waste management in these sectors is crucial. The establishment of biogas plants makes a direct and significant contribution to efforts to combat global warming by preventing fugitive greenhouse gas emissions from these animal and agricultural wastes from entering the atmosphere (through capture and conversion into energy).

This study demonstrates the wide range of uses for biogas energy; it can be effectively utilized for cooking, lighting, and heating in homes, for electricity and heat generation in industry, and for greenhouse heating in the agricultural sector. Most importantly, by replacing fossil fuels with biogas, a renewable resource, the projected annual CO_2 emission reduction of 37,044.49,824 tons is targeted based on the calculated electrical energy production, creating a significant carbon savings potential. The implementation of biogas plants will minimize negative environmental impacts (odor, diffuse pollution load, and fugitive CO_2 and CH_4 emissions) by ensuring the controlled disposal of animal waste. Furthermore, the fermented residue (digestate) obtained from this process can be utilized as organic fertilizer on agricultural lands, increasing resource efficiency. Ultimately, this integrated approach not only contributes to the development of the agricultural and livestock sectors but also provides strong support for national sustainable development goals by reducing emissions from traditional energy sources.

REFERENCES

Aktaş, T., Özer, B., Soyak, G., Cem ERTÜRK, M., Kemal Üniversitesi, N., Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Z., … Tarihi, G. (2015). Tekirdağ İli'nde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, *11*(1), 69–74. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/tarmak/issue/36242/408304

Alparslan, M., Versi, Ü., Fen, T., Dergisi, B., Hazan Çağlayan, G., & Koçer, N. (2014). MUŞ İLİNDE HAYVAN POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLEREK BİYOGAZ ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *2*(1), 215–220. https://doi.org/10.18586/MSUFBD.72923

Altikat, S., Çelik, A., Üniversitesi, I., Fakültesi, Z., Makinaları Bölümü, T., Üniversitesi, A., … Corresponding, /. (2012). Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *2*(1), 61–66. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/jist/issue/7928/104281

Avcıoğlu, A. O., Çolak, A., & Türker, U. (2013). Türkiye'nin Tavuk Atıklarından Biyogaz Potansiyeli. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *10*(1), 21–28. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotaf/issue/19037/201338

Ayhan, A. (2015). Biogas Production Potential from Animal Manure of Bursa Province. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *29*(2), 47–53. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/ziraatuludag/issue/24746/261653

Bond, T., & Templeton, M. R. (2011). History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*, *15*(4), 347–354. https://doi.org/10.1016/J.ESD.2011.09.003

Bulut, A. P., & Canbaz, G. T. (2019). Hayvan Atıklarından Sivas İli Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, *9*(1), 1–10. https://doi.org/10.7212/ZKUFBD.V9I1.1010

Dağtekin, M., Aybek, A., Emin BİLGİLİ, M., Üniversitesi Ceyhan Meslek Yüksekokulu, Ç., Sütçü İmam Üniversitesi, K., Fakültesi, Z., … Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, D. (2019). Adana ve Mersin'de Bulunan Etlik Piliç Kümeslerinde Oluşan Gübrenin Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *34*(2), 9–22. https://doi.org/10.21605/CUKUROVAUMMFD.608919

Demir Yetiş, A., Gazigil, L., Yetiş, R., Çelikezen, B., Eren Üniv, B., Fak, M.-M., … Makalesi Geliş Tarihi, A. (2019). Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli: Bitlis Örneği. *Academic Platform - Journal of Engineering and Science*, *7*(1), 74–78. https://doi.org/10.21541/APJES.405308

Doruk, İ., & Bozdeveci, A. (2017). Denizli İlinin Kırsal Kesimlerinde Hayvansal Kaynaklı Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *7*(3), 181–186. https://doi.org/10.21597/jist.2017.176

Ekinci, K., Kulcu, R., Kaya, D., Yaldiz, O., Ertekin, C., & Ozturk, H. (2010). The Prospective of Potential Biogas Plants That Can Utilize Animal Manure in Turkey. *Energy Exploration & Exploitation*, *28*(3), 187–206. https://doi.org/10.1260/0144-5987.28.3.187

ERSOY, A. E. (2017). *Türkiye'nin hayvansal gübre kaynaklı sera gazı emisyonları durumu ve biyogaz enerjisi potansiyeli*.

Eryaşar, A., & Koçar, G. (2009). Biyogazın Mevcut Isıtma Sistemlerinde Kullanılabilme Olanakları | Request PDF. *Engineer & The Machinery Magazine*, *50*(590), 10–16. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/270452392_Biyogazin_Mevcut_Isitma_Sistemlerinde_Kullanilabilme_Olanaklari

İlinin, A., Atıklardan, H., Edilebilecek, E., Potansiyeli, E., Fırat Baran, M., Lüle, F., … Yazar, S. (2017). Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, *4*(3), 245–249. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/30559/330679

İlinin, B., Ve Bazı, H., Atık, T., Biyogaz, K., Belirlenmesi, P., & Görgülü, S. (2019). Burdur İlinin Hayvansal ve Bazı Tarımsal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *El-Cezeri*, *6*(3), 543–557. https://doi.org/10.31202/ECJSE.556915

İlinin, K., Atık, H., Biyogaz, K., Ömer, P., Ay, F., & Kaya, A. (2020). Kahramanmaraş İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *10*(4), 2822–2830. https://doi.org/10.21597/JIST.660101

Karaman, S. (2006). (PDF) Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunlari ve Çözüm Olanaklari. Retrieved November 4, 2025, from https://www.researchgate.net/publication/239611336_Hayvansal_Uretimden_Kaynaklanan_Cevre_Sorunlari_ve_Cozum_Olanaklari

Kocabey, S. (2019). Balıkesir İli İçin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 234–243. https://doi.org/10.31590/EJOSAT.619058

Koçer, N. N., Öner, C., & Sugözü, İ. (2006). TÜRKİYE'DE HAYVANCILIK POTANSİYELİ ve BİYOGAZ ÜRETİMİ. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, *4*(2), 17–20. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/fudad/issue/47077/592012

Makalesi, A., Hande, E., Işik, B., & Polat, F. (2018). The Biogas Potential That Can Be Obtained From The Animal Wastes Of Tokat Province. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, *7*(3), 93–100. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/gbad/issue/39083/402091

Melikoglu, M. (2013). Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection. *Renewable Energy*, *50*, 570–575. https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2012.07.032

Omer, A. M., & Fadalla, Y. (2003). Biogas energy technology in Sudan. *Renewable Energy*, *28*(3), 499–507. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00053-8

SALİHOĞLU, N. K., TEKSOY, A., & ALTAN, K. (2019). Büyükbaş Ve Küçükbaş Hayvan AtiklarindanBiyogazÜretiPotansiyeliniBelirlenmesi:BalikesiİliÖrneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *8*(1), 31–47. https://doi.org/10.28948/ngumuh.516798

Şenol, H., Aşkın ELİBOL, E., Açikel, Ü., Şenol, M., Üniversitesi, G., ve Biyomühendislik Bölümü, G., … öğretmenliği Bölümü, İ. (2017). Biyogaz Üretimi İçin Ankara'nın Başlıca Organik Atık Kaynakları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *6*(2), 15–28. https://doi.org/10.17798/BITLISFEN.339261

Sözer, S., Kabaş, Ö., & Ünal, İ. (2016). Biyogaz Üretimini Arttırmada Kullanılan Ön İşlemlere Bir Bakış. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, *12*(3), 171–176. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/tarmak/issue/35278/391498

Taşova, M., & Yazarel, S. (2019). Yozgat İli Hayvansal Kaynaklı Atıkların Biyogaz ve Enerji Potansiyellerinin Belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, *2*(1), 16–24. https://doi.org/10.38001/IJLSB.527131

TIRINK, S. (2022). Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Hesaplanması: Iğdır İli Örneği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *12*(1), 152–163. https://doi.org/10.21597/jist.1026987

Tırınk, S. (2022). Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Hesaplanması: Iğdır İli Örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *12*(1), 152–163. https://doi.org/10.21597/JIST.1026987

TUIK. (2023). *Tarım İstatistikleri*. 1–71. Retrieved from www.tuik.gov.tr/IcerikGetir.do?istab_id=148

Yağli, H., Koç, Y., Üniversitesi, İ. T., Ve Doğa, M., Fakültesi, B., & Bölümü, M. M. (2019). Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli Örnek Hesaplama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *34*(3), 35–48. https://doi.org/10.21605/CUKUROVAUMMFD.637603

Yazar, S., Üniversitesi, E., Fakültesi, M., Mühendisliği Bölümü, M., İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması, E., Kurnuç Seyhan, A., … Mühendisliği Anabilim Dalı, M. (2018). Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması. *Academic Platform - Journal of Engineering and Science*, *6*(1), 25–35. https://doi.org/10.21541/APJES.334256

DÜNDEN BUGÜNE MEKE GÖLÜ

Cengiz AKKÖZ
Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü
ORCID: 0000-0003-3268-0129

ÖZET
Sulak alanlar, yeryüzünün en zengin ve en üretken ekosistemlerini oluşturmaktadır. Bu alanlar yöre insanlarına ve ülkenin geneline geniş yelpazede hizmet veren oldukça karmaşık doğal sistemlerdir ve yeryüzündeki başka hiçbir ekosistemle karşılaştırılmayacak ölçüde işlev ve değerlere sahiptirler. Konya'nın önemli sulak alanlarından biri olan Meke Gölü oldukça sığ bir Krater gölüdür. Dışa akıntısı olmayan tuzlu suya sahip bu göl biyolojik açıdan özel bir konumdadır. 1998 de tabiat anıtı ilan edilen göl, 2005 te Ramsar alanı olarak tescillenmiş uluslararası öneme sahip sulak alan olan gölü 2004 ten itibaren 2022 yılına kadar olan dönemdeki değişimini izleyerek göl'ün bu süreçte nasıl bir değişim geçirdiğini özetleyen bu çalışmada Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin yanı sıra antropolojik baskının gölü getirdiği son noktayı gözler önüne sermektedir. Meke gölü 2000 yılından itibaren hızla su kaybetmeye başlamış ve şu anda gölde su seviyesi 0 noktasında tamamen kurumuş haldedir. 2005 yılında göl derinliği maximum üç metre ve kıyı bölgesinde çok sayıda su gözeleri bulunurken zaman içerisinde gözler kurumuş kıyıda sınırlı alandaki kamışlarda yok olmuştur. Geldiğimiz nokta da Göl tabanının yüzeyi ince bir tuz tabaksı ile kaplı tuz kırıldığında altta çok cılız su tabakası, balçık bulunmaktadır. Bu süreçte göl üzerinde yapılan farklı disiplinlere ait bilimsel çalışmalar ve sulak alana dair yapılan yönetim planlarına ait verilere göre sorun ve çözüm önerileri oluşturulmaya çalışılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Meke gölü, sulak alan, küresel ısınma

LAKE MEKE FROM PAST TO PRESENT

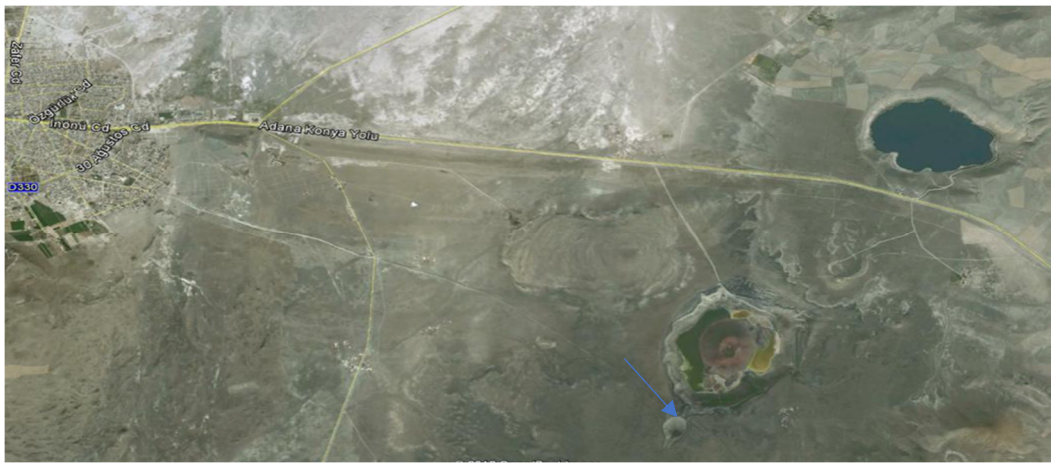
ABSTRACT
Wetlands constitute some of the richest and most productive ecosystems on Earth. These areas are highly complex natural systems that provide a wide range of services to local people and the country as a whole, possessing functions and values unmatched by any other ecosystem on Earth. Lake Meke, one of Konya's important wetlands, is a relatively shallow crater lake. With no outflow, this saltwater lake occupies a unique biological position. Declared a natural monument in 1998, the lake was registered as a Ramsar site in 2005, and is now a wetland of international importance. This study summarizes the lake's transformation from 2004 to 2022, revealing the final stages brought to the lake by global warming and climate change, as well as anthropological pressure. Lake Meke began to lose water rapidly since 2000, and the water level is now completely dry at 0. In 2005, the lake depth was a maximum of three meters, and numerous water springs were present along the shoreline. However, the springs have dried over time, and the reeds in a limited area along the shore have disappeared. Currently, the lake bottom is covered with a thin layer of salt, and when the salt breaks down, a very thin layer of water and silt remain beneath. During this process, we have attempted to develop problems and propose solutions based on data from scientific studies conducted on the lake from various disciplines and management plans for the wetland.
Keywords: Lake Meke, wetland, global warming

GİRİŞ

Dünyanın % 75 ini oluşturan ve tüm canlılar için elzem olan su dünyanın yaşanabilir olma niteliğinin en önemli bileşenidir. Suyun önemi bileşiminden başlayıp, eşsiz kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri dolayısıyla yaşatan ve yaşayan bir madde olmasıdır. Çünkü su maddenin üç halini de molekül yapısını değiştirmeden göstermektedir. Suyun kendine özgü bu yüksek özelliği onu yaşamın merkezine koymaktadır. Çok değerli olan suyun vücut bulmuş hali olan sulak alanlarda tabiatta görevleri olan biyoçeşitlilik elamanlararına rezervuar görevi yapmakta ve dünyadaki en önemli yaşam alanlarının başında gelmektedir. Bulundukları bölgenin ikliminden coğrafyasına etki eden yaşam alanlarını iyileştirici etkiyle ortamı zenginleştiren çok yönlü faydalanma imkanı sunan ekosistemlerdir. Yakın çevresinde yaşayan halkın hayatında önemli yer tutan, bölge ve ülke ekonomisine katkılar sağlayan sulak alanlar; doğal dengenin ve biyolojik çeşitliliğin korunması yönünden de diğer eko sistemler içinde önemli ve farklı bir yere sahiptirler. Dünya medeniyetinin gelişimi konusunda, ticaret ve turizm, su ürünleri- balıkçılık faaliyetleri gibi ekonomik faydaları ile insanların yaşamlarına yön vermiştir. 6000 yıl boyunca insan topluluklarının uygarlıklarını nehir vadileri ve taşkın düzlüklerinde kurmaları rastlantı değildir. Daha birçok sulak alan sistemi insan topluluklarını hayatta kalmaları ve gelişmeleri için kritik öneme sahip olmuşlardır. Sürekli gelişen teknoloji bize doğanın önemini unutturmuş gibi görünebilir. Ancak sürdürülebilir olmayan ve plansız bir şekilde yapılan alan kullanımlarından dolayı yaşanan çevre felaketleri (seller, fırtınalar, toprak kaymaları vb.) doğanın dünyadaki denge için mutlaka korunması gerektiğini bize bildirmektedir. Sulak alanlar, Yeraltı suyu dolum ve boşaltımı, selfelaketi, taşkın kontrolü yanında taban suyunun dengelenmesi mekanizmalarının kontrolü ile bulundukları bölgenin su rejimini dengeli bir şekilde düzenlerler. Bulundukları çevrenin nem oranını yükselterek başta yağış ve sıcaklık olmak üzere iklim elemanları üzerine olumlu etkileri yanısıra tortu ve zehirli maddeleri alıkoyarak suyu temizlerler. Sulak alanlar yüz binlerce yıllık doğal süreçler sonucu meydana gelmiş ve ortama karakterize olmuş zengin bitki ve hayvan türleri ile yoğun organizma koleksiyonuna sahip tropikal ormanlarla beraber yeryüzünün en fazla biyolojik üretim yapan en önemli genetik rezervuarlarıolan ekosistemleridir. Başta balıkçılık olmak üzere, hayvancılık, saz kesimi, rekreasyonel ve turizm faaliyetlerine sağladığı olanaklar ile ekonomik açıdan verimli bir kaynak olarak yerel ve ulusal ölçekte ülke ekonomisine küçümsenemeyecek oranda katkı sağlarlar.

Konya'ya yaklaşık 101 km uzakta ve Karapınar İlçesi'nin 8 km güneydoğusunda ve Karapınar – Ereğli karayolundan 2 km içeride yer alan Meke gölü, sönmüş bir volkan kraterinin suyla dolmasıyla oluşmuş ve içerisinde birçok adacıkların bulunduğu sığ bir Krater gölüdür. Kapalı göl sınıfında dışa akıntısı olmayan ve sadece yüzeysel yağışlar ve yer altı sularıyla beslenen göl suyu bu nedenle oldukça tuzlu suya sahip olan gölde tuz toleransı olan sınırlı sayıda türlerden oluşan bir biyotaya sahiptir. Ancak son yıllardaki meteorolojik kuraklık ve bölgedeki aşırı yeraltı suyu kullanımı gölü besleyen kaynakları tükettiğinden göl tamamen kuruyarak sınırlı düzeyde bulunan sucul flora ve faunanın da ortadan kalkmasına neden olmuştur. Kuş göç yolu rotasında bulunan, önemli kuş alanı olan göl kurumadan önce önemli kuş popülasyonlarına ev sahipliği yapıyordu. Sahip olduğu jeolojik anıt ve farklı biyolojik potansiyelinden ötürü 1998 yılında tabiat anıtı olarak ilan edilmiş 2005 yılında Ramsar alanı olarak tescillenmiştir. 2010 yılından itibaren gölle ilgili olarak Konya valiliği ve Çevre Bakanlığı gölü rehahibilite etmeye dönelik harekete geçerek farklı zamanlarda iki tane yönetim planı yapılmış ancak bunlara rağmen planlardaki uygulama hedefleri gerçekleştirilemediği için şu an içerisinde hiç su bulunmayan tuz tabakası ile kaplı kurumuş bir göl kalıntısı haline gelmiştir. 2021 yılında tekrar gölü kurtarma adına Çevre Bakanlığı harekete geçerek Karapınar atıksu arıtma tesisinde arıtılan suyu göle vermeyi hedeflediği projeyi başlatmış ancak halihazırda şu ana kadar göle su verilememiştir.

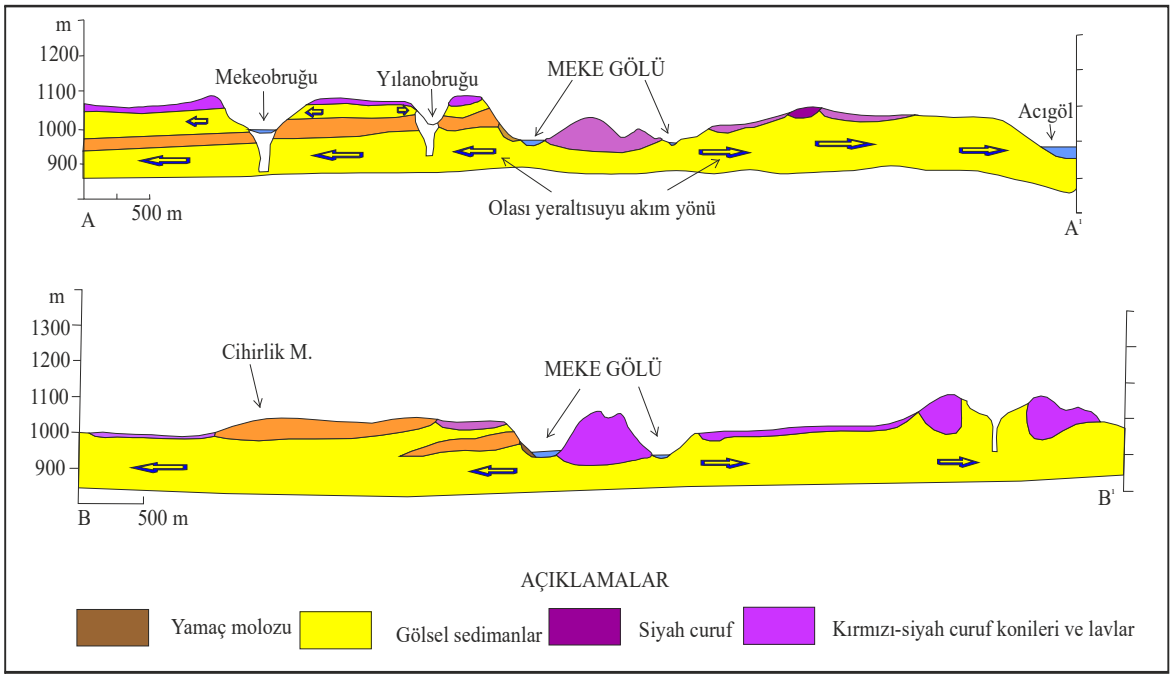
MEVKA Meke Gölü kurtarma projesi ve Karapınar atıksu arıtma tesisi ile ilgili proje tamamlandığında göle su verilerek rehabilitasyonun gerçekleşmesi bekleniyor.



Şekil 1. Meke Gölü'ne ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır).

1. Yeraltısu Tablasının Konumu ve Seviye Değişimleri

Bölgede daha önce Şentürk (1969) tarafından hazırlanan yeraltı su tablası haritası ile Yavuz (2010) verileri karşılaştırıldığında, yeraltı suyu seviyesinde genel olarak yaklaşık 30 metre civarında, Meke Gölü yakın çevresinde ise 19 metre gibi büyük bir düşüş olduğunu belirtmişlerdir. Yavuz (2010) Meke Gölü'nün de içinde bulunduğu geniş havza alanında, Haziran-Temmuz 2009 dönemine ait kuyu ölçümlerine göre eşyeraltısuyu eğrileri oluşturularak yeraltı suyu seviyesinin genel konumu belirlenmiştir. Yeraltı suyu akım yönünü açıklayan bu harita, yeraltı suyu akımının Meke Gölü'nden (991 m kotu) Karapınar İlçe Merkezi'ne (970 m kotu) doğru, kuzeybatı yönünde gerçekleştiğini sayısal olarak göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanına ait jeoloji kesitleri ve olası yeraltısuyu akım yönleri.

DSİ (1975), ‘‘Konya-Çumra-Karapınar Ovası Hidrojeoloji Etüt Raporu’’isimli çalışmada 10400 km^2 alan için jeolojik, hidrojeolojik ve meteorolojik verilerle bölgedeki yeraltısuyu kaynaklarının potansiyelini belirlemeye çalışmışlardır.

Güldalı ve Şaroğlu (1983), Kızören –Karapınar arasında ortalama 3 km genişliğinde ve 12 km uzunluğundaki alan içerisinde küçükleri göz ardı edildiğinde 23 adet sulu veya susuz obruk bulunduğunu, obruk duvarlarında yer alan mağaralarda tarihsel devirlerde yaşanmış olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, yöredeki obrukların taban suların birbirleriyle ilişkili olduğunu hatta yüzlerce km uzaklıktaki Toros dağlarının güney yamacından kaynaklar halinde çıktığı belirtilmiştir.

Canik (1997), Konya dolayında yaptığı jeolojik incelemesinde, karstik oluşumların sebeplerini araştırmış ve çoğunlukla CO_2’ce zengin suyun yeraltındaki hareketi sırasında kireçtaşlarını eriterek oluşturduğu mağaraların ve daha ileri aşamada da obrukların meydana geldiğini ifade etmiştir.

Göçmez ve ark. (2001), Mayıs 2000’de oluşan Yavşan obruğunun oluşumunu takiben 2000 yılı Mayıs ve Ekim ayları arasındaki dönemde arazideki değişimleri gözlemleyerek Obruktan alandaki kuyulardan aldıkları su örneklerinin kökenlerinin aynı olduğunu belirtmişlerdir..

Akköz ve ark. (2009), Acı göl, Suğla gölü ve ramsar alanı olan meke gölünün trofik değerine ilişkin yaptıkları farklı trofik indekslere göre analizlerde, Acıgöl oligotrof karakakterde bulunurken Meke gölü ötrof olarak tespit edilmiştir.

Akköz (2017) Meke Gölü suyun fiziko-kimyasal özellikleri ve bentik alg florasını incelediği çalışmada alglerin mevsimsel dağılımını ve floristik özelliklerini belirlemiş gölde gölde farklı divizyolara ait 49 takson tanımlayarak ekolojik özelliklerine ilişkin tuzlu suya özgü algler listelenmiştir.

Akdemir(2008), Göller ostrakot tür çeşitliliği ve popülasyon yoğunluğu bakımından karşılaştırılmış ve Meyil Obruk Gölü'nün, Acı ve Meke Maar göllerinden daha zengin olduğu bulunmuştur.

Kılıç (1999), Karapınar bölgesindeki kuşları incelediği çalışmada kuş türü belirlemiştir.

Akar ve ark. (2024), Acıgöl ve Meke gölünün su kalitesi ve kirlilik temalı çalışmasında Göl ve yakın çevresi için su kalitesinin CBS/MCDA (coğrafi bilgi sistemi/multi-kriter karar analizi) ile antropojenik baskıyla oluşan kirlilik ve değişimi vurgulamışlardır.

Aşıkkutlu ve ark. (2021), Acıgöl ve Meke gölünün su kalitesini karşılaştırdıkları çalışmada ekolojik özellikler ve koruma önlemlerini dair öneriler getirmişlerdir. Pearson Correlation Index (PCI) analizine göre fiziksel ve inorganik parametrelerin ilişkileri belirlenmiştir. Her iki gölde belirlenen fiziksel ve inorganik parametrelerden sıcaklık, elektriksel iletkenlik değerlerinin iki gölde yapılan tüm ölçümlerde sınır değerlerin üzerinde olduğu, çözünmüş oksijen ve oksijen saturasyonu değerlerinin Temmuz 2014 ve Ekim 2014’ te ve renk değerlerinin Meke Gölü’nde yapılan tüm ölçümlerde yönetmeliklerde belirtilen sınır değerleri aştığı, diğer parametrelere ait ölçüm değerlerinin yönetmelik sınır değerleriyle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Güllü ve Kadıoğlu (2019), Meke çevresinin Pliyo-Kuvaterner volkanizması, bazalt/bazaltik andezit bileşimi ve petrografik farklılıklar ele alınmış; gölün oluşum jeolojik bağlamını açıklamışlardır.

Öztürk, A. (2020), Karapınar bölgesi jeopark kapsamında değerlendirilirken Meke Gölü’nün jeoturizm ve jeomiras açısından göl ve çevresinin değerlendirilmesini turizm odaklı çalışmada bölgenin alternatif potansiyelini sergilemiştir.

Korkmaz ve Buğa (2024), Konya Meke Gölü Ve Çevresi İçin Meteorolojik Kuraklık Analizi isimli çalışmada kuraklık analizleri sonuçlarına göre Meke Gölü ve çevresinde belirlenen 10 yıllık periyotta %50 ve üzerinde meteorolojik kuraklık olduğu tespit edilmiştir.

Gözlem periyodu kısa olmasına rağmen, Meke Gölü'nde meteoroloji gözlemlere bağlı olarak belirlenen meteorolojik kuraklığın artışı çarpıcıdır.

Ayban (2012), Meke Gölü ve Konya Acıgöl'ün Prokaryotik Çeşitliliğinin Araştırılması isimli Yüksek lisans tezinde bu göllerdeki bakteri ve siyano bakterilere ait türleri liste halinde sunarak gölün ekolojik ve fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir.

Kazancı ve Korkmaz (2023), Konya il merkezi ve ilçelerinde var olan jeolojik mirasın tanıtılması ve niteliklerinin tespitini yaptıkları çalışmalarında Konya'da bulunan doğal oluşumları tanıtarak bunların içerisinde jeopark niteliğini taşıyan Meke gölünü farklı bir açıdan bakarak doğal jeolojik miras değerlerini açıklamışlardır.

Candan ve ark.(2020), Meke Maarı civarında dağılış gösteren kurbağa ve sürüngen türlerini inceledikleri çalışmada bölgenin herpetofaunasına ait 1 kuyruksuz kurbağa, 1 kaplumbağa, 7 kertenkele ve 6 yılan türü olmak üzere toplam 15 türü tanımlayarak Türkiye faunasına katkı sağlamışlardır. Herpeto faunaya ait tespit edilen 15 herptil türünden10 tür yokkolma tehdidi altında olduğundan korumaya alınmasını belirtmişlerdir.

Maleeki (2013), Acı Göl, Kozanlı Saz ve Meke Gölleri Rotifera Türleri Üzerine Çalışmalar isimli yüksek lisans tezinde, Rotifera ordosuna ait türlerin bölgesel dağılımı ve ekolojik özelliklerini incelemiştir.

Meke gölü bulunduğu bölgenin coğrafi konumu ve iklim yapısı gereği Ülkemizin en az yağış alan bir lokasyonunda bulunması nedeniyle kuraklığa uyumlu bir gölümüzdü, ancak yaklaşık çeyrek asırdır yaşanan iklim değişikliği ve bölgedeki yeraltı suyu kullanımına bağlı tarımsal faaliyetler neticesinde hızla düşen yeraltı seviyesi ve kuraklık gölü besleyen damarları kurutmuş ve göl hızla kuruma sürecine girmiştir. Özellikle 2000 yılından itibaren hızla su kaybetmeye başlamış ve şu anda gölde su seviyesi 0 noktasında tamamen kurumuş haldedir.

Geçmiş dönemlerde de kuraklık sorunları ve şiddetli rüzgar erozyonu nedeniyle 1960 lı yıllarda bölge yaşanmaz duruma gelmiş, yöre halkının bir kısmı göç etmek zorunda kalmış, hatta devlet yerli halkın başka bir bölgeye naklini bile planlamışken 1962 yılında Konya Topraksu VI. Bölge Müdürlüğü "Rüzgar Erozyonu Plan ve Tatbikat Gurubu Başmühendisliği" tarafından başlatılmıştır. İlk aşamada 160,000 dekar saha tel çit ile çevrilerek kontrol altına alınmış olup 30,000 dekarlık kısmı silahlı kuvvetlerimize devredilmiştir. Böylece 130,000 dekarlık saha üzerinde ıslah çalışmaları sürdürülmüştür. Mevcut sahada 1973 yılında "Konya Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü", 1985 yılında da "Konya Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü" adı altında çalışmalara devam edilmiştir. Sonunda gerçekleştirilen erozyon önleme uygulaması ve alanda yapılan pilot bitkilendirme ve perdeleme çalışmaları sonuç vermiş ve Karapınar yaşanılır hale gelmiştir. Sonraki yıllarda göl tam bir klasik göl morfolojisine sahipken, son 15 yıl içerisinde göl hızla suyunu kaybetmiş özellikle de son 3 yıldır gölde su tamamen bitmiştir. Meke gölünde kuruma hazin bir tabloya dönüşmüştür. Bu duruma son yıllardaki yağış rejimindeki küresel değişimlerin yanı sıra bölgenin topoğrafik yapısı ve konumundan dolayı ülkemizin en az yağış alan bölgelerinin de başında gelmesi kabul edilebilir bir durumken, aşırı yeraltı suyu çekimi süreci tetikleyen baş aktördür. Bununla beraber eski yıllarda da az yağış alan bu bölgede kış aylarındaki kar yağışının fazlalığı ve kalış süresinin uzun olması günümüzdekine göre çok daha elverişli bir durum olduğundan göl pozisyonu koruyabiliyordu. Son 10 yıldır bölgeye çok az kar yağmakta ve hemen eridiğinden yeraltı kaynaklarını besleyememektedir. İklimsel veriler bu durumda iken birde aynı periyotta hızla artan sulu tarım faaliyetleri ve bunun için açılan 100.000 den fazla sulama kuyuları yeraltı suyu kaynaklarının dramatik bir şekilde azalmasına neden olmuştur. Yeraltısu seviyesi düştükçe yüzeyden çok kaynağı olmayan Meke kurumaya başlamış ve sonunda kurumuştur.

Oysa önceki yıllarda da bölge kuraktı ama yeraltı suyu kullanımına dayalı tarım yok denecek kadar az ölçekte yapılırken bölge halkı daha çok hububat tarımı ve hayvancılıkla geçinmekteydi, topraklar tuzlu ve çorak olduğundan tarımsal faaliyetlerde küçükbaş hayvancılık daha çok rağbet görüyordu. Göl su seviyesi bu günkünden çok daha iyi konumda olduğundan, göçmen kuşlar besin ve barınma için konaklama yeri olarak alanı tercih ediyor, doğal hayat bu güne göre çok daha zengin durumdaydı.

2004 yılından bu yana periyodik olarak izlediğimiz gölde yağış azlığı, su çekimlerindeki geometrik orandaki artışlar nedeniyle gelinen bu 20 yıllık süreçte gölün Doğu kıyılarında yer alan küçük kaynak gözlerinin 25 kadarının son 7 yıl içerisinde tamamen kuruduğuna şahit olduk. Suyun azalması sonucu oldukça sığlaşan ve sonunda kuruyan gölde, bitki florasının da azalması ve yok olması sürecinde kuşların üreme ve barınması zorlaştığından başta göçmen kuşlar olmak üzere yerli yırtıcı kuşlarda alanı terk etmek zorunda kalmışlardır. Göl suyunun fiziko-kimyasal yapısı nedeniyle gölde balık yaşamamakta, biyotaya ait omurgasız hayvanlar ve mikrofloraya ait alglerde suyun tuzluluğu ve sülfat içeriğinin yüksekliğinden dolayı az sayıda çeşide sahiptirler. Meke gölü civardaki diğer sulak alanlarla karşılaştırıldığında oldukça fakir bir flora ve faunaya sahiptir. Aynı bölgede bulunan oligotrof özellikte, derin ve çok tuzlu suya sahip Acıgöl deki su seviyesi çok fazla düşüş yaşamamıştır. Acıgölün ana su kaynağı çok daha derinde ki yeraltı suyu olduğundan Meke gibi su azalması yaşamamaktadır. Şu anda Meke gölü kuşlar açısından, yetersiz su rezervi ve littoral bölgenin darlığından dolayı olumlu özellikleri taşımamakta üstelik suyun sürekli düşüşüne paralel kötüye gitmektedir. Bu durum göçmen kuşlar ve diğer kuşların uğrak yeri konumunu negatife çevirmekte eskiden gözlenen kuş sayıları giderek azalmaktadır. Kuşların azalmasındaki bir diğer nedende artan tarımsal faaliyetler sonucu kullanılan pestisitlerin böcekler üzerindeki olumsuz etkisi dolayısıyle kuşların önemli diyetini oluşturan böceklerin azalması sonucu besin yetersizliğine neden olan başka bir sorundur.

1.1. Meke Gölü'nün kuruma nedenleri

Meke Gölü ve çevresinde oluşmuş istiflenme göl tabanından yeraltısuyuna olan akışı sağladığından Göl tabanında yer alan gölsel çökeller Karapınar İlçe Merkezi'ne doğru lav akıntılarının arasından sunduğu geniş yayılımların kısmen geçirimli özellik gösteren kayaçlar içermesi su dolaşımını mümkün kılarak gölden bu birimlerden ilçe merkezine su kaçışını sağlamaktadır.

Özellikle Karapınar çevresindeki kontrolsüzce açılmış sulama kuyularının olması ve az yağış alan bölgede uzun periyotlarda aşırı miktarlarda bilinçsizce su çekimlerin olması bölgenin oluşum karakterine uygun olarak kıt olan mevcut yeraltısu seviyesini dramatik bir şekilde düşürmektedir. Meke Gölü jeolojik karakterinin eseri yeraltı su kotunun 991 m olması, Karapınar Merkezi'ne doğru ise yeraltısu seviyesinin kotu 970 m civarında daha düşük kot Meke Gölü'nden dışa doğru yeraltı akımlarını oluşturmakta doğal olarak su akış yönü daha düşük kota doğru olacağından göl artık su tutamaz hale gelmiştir.

Bölge halkını geneli tarım ve hayvancılıkla uğraşan gelirini topratan sağlayan bir profile sahiptir. Geçmişte meraların aktif olduğu zamanlarda küçükbaş hayvan yetiştiriciliği çok yaygınken son dönemlerde geniş ölçekli modern yüksek kapasiteli tesislslerde et ve süt inekçiliği oldukça gelişmiştir. Bu hayvancılık faaliyeti doğal olarak yem ihtiyacını karşılamak için yem bitkilerinin üretimine yönelik tarıma dönüşünce ihtiyaç olan su yeraltından çekilerk karşılanmış buna mukabilte artan su tüketimi baskısı daha fazla kuyu açıbı beraberinde hızlı bir şekilde yeraltısu düzeyin azalmasına yol açmıştır. 2000' li yıllarda ve sonrasında Karapınar ovasında yeraltısuyuna bağlı sulu tarım faaliyetlerinde görülen artışlar daha önce ekilmeyen atıl alanların kullanılması sonucu ekim alanları geometrik oranda katlanarak bugün bir milyon dekara ulaşmıştır.

2000-2009 yılları arasında Karapınar'da şekerpancarı ekim alanları 55910 dekardan 103809 dekara, mısır ekim alanları 1210 dekardan 69648 dekara çıkmıştır. Bölgenin ekolojik şartlarına uymayan, aşırı yüklemeye dayalı bu üretim modeli doğal su kaynaklarını tüketirken beraberinde ekosisteminde dinamiklerini bozmakta ve biyoçeşitliliğe zarar vermektedir. Son dönemlerde alanda üretilen su isteği fazla bitki deseninin su ihyacı 615 mm ile 1200mm arasında değişen oranlara sahipken alanın sahip olduğu yıllık yağış miktarı 290 mm gibi kıt bir kaynak gerçeği ortadayken mevcut su tüketimini durumu idare etme adına şuursuzca tefecilerden borç alan müflis tüccara benzetebiliriz. Bu tespite bakıldığında mevcut su tüketimine dayalı üretim modelinin sürdürülebilir olası mümkün değildir. Sonuç olarak sorun bu kadar netken bir an önce yapılandırma olanakları araştırılıp yanlıştan dönülmelidir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Meke ve çevresindeki jeolojik birimler Karapınar volkanitleri, maar piroklastikleri, gölsel çökeller, yamaç molozu ve alüvyonlardan oluşmuştur. Alandaki bu oluşumlardan Maar piroklastiklerinden bir kısmı ile gölsel çökeller su bulundurma ve geçirgenlik özelliklerinden dolayı akifer niteliği taşımaktadır. Gölün oluşumu ile ilgili olarak yeraltındaki kırıklarda sıkışan gazın patlaması ile oluşan maar çöküntüsü içerisine büyük olasılıkla magmatik kökenli sular dolarak gölü oluşturmuş, sonrasında göl içerinden tekrarlanan volkanik çıkışlar volkan konileri şeklinde yükseltiler oluşturarak gölsel sedimanlarla ardışık görünen lavlar arasından büyük oranda su kaçışı meydana gelmiştir. Buharlaşma potansiyelinin 692.02 mm, yıllık yağışın 270 mm olduğu Meke Gölü ve çevresinde görülen bu anormal fark yanında birde gölü besleyen herhangi bir yüzeysel su kaynağı olmadığı göl çevresinde bu farkı kapatmak için ivedilikle buharlaşmayı engelleyecek çalışmalar yapılmalıdır. Buharlaşmayı azaltma konusunda pilot olarak ağaçlandırma çalışmaları yapılmalı, ağaçlandırma işleminde de yöreye uyum sağlayabilecek kuraklığa dayanıklı su ihiyacı düşük türler tercih edilmelidir. Özellikle sürünücü çalılar toprak yüzeyinde önemli miktarda örtüş sağladığından buharlaşmayı azaltarak, çok rüzgar alan bölgede alandaki toprak ererozyonu önlemeye de katkı sağlayacaktır. Meke Gölü ile civara yakın alandaki su kot farkının oluşturduğu ters akım kaynaklı su rezervinin azalması gerçeğine karşı daha önceki çalışmalarda önerilen göl tabanını geçirimsiz kılacak malzeme serimi ve enjeksiyonlarla işlemleri yapılması önerisi gölün özelliğini değiştiren, gölü havuza dönüştüren palyatif ve ekolojik açıdan sakıncalı bir öneridir. Yöre halkının büyük oranda tarımla uğraşan nüfusa sahip Karapınar İlçesi'nde çok geniş tarım arazilerinde su ihtiyacı yüksek bitkilerin ekimi neticesinde su gereksinimleri yıldan yıla artış göstermektedir. Artan sulama kuyularıyla ve yeraltısularından aşırı çekimler neticesinde yeraltısu seviyesi hızla alçalmaktadır. Kontrollü bir havza yönetimi ile bu kuyuların kontrol altına alınarak su çekimin sınırlandırılması elzemdir. Gölün biyolojik incelenmesinde ortaya çıkan veriler biyolojik yapının da son derece tehdit altında olduğu göstermektedir. Göle hayat veren, göl canlılarını koruyup besleyen göldeki sudur. Gelinen noktada gölün su rezervi sıfır noktasında göl tabanı tamamen balçık formatındadır. Sonuçta gölü eski haline getirebilmek kısa vadede mümkün gözükmemekte ancak yaşanabilir çevre için acil eylem planları hazırlayarak çözüm arayışlarından vazgeçilmemelidir. Bu amaçla su durumunu yükseltmek için en önce su giderini kısıtlamak gerekir. Doğal buharlaşmayı önlemek şu anda mümkün olmadığına göre su kullanımı ivedilikle azaltılarak tasarrufla bir aşama başlatılabilir. Akabinde mevcut sulama kuyularının yarıdan fazlası pilot uygulama olarak seçilip faaliyeti durdurulmalıdır. Bu işlemler yapılırken halkın sosyoekonomik düzeyi dikkate alınarak alternatif kaynak destekleri ile geçiş sürecinin olumsuz etkileri tamponlanarak kargaşaya mahal vermeden uygulamaya başlanabilir. Bölgedeki tarımsal faaliyetler modern yöntemlere göre revize edilip yöreye uygun ürün deseni belirlenerek, su ihtiyacı az olan çeşitler seçilerek, gerekirse desteklemelerle durum kontrol altına alınabilir.

Kulanım kaynaklı tedbirler bu şekilde tasarruf yoluyla düzeltilebilir. Dışarıdan taşıma ile rezervi yükseltmek şu aşamada pek mümkün gözükmemektedir. Burada maliyet ve su kaynağı önemli bir sorundur. Örneğin Acı gölden su alımı kesinlikle yanlış seçimdir. Çünkü böyle bir durumda Acıgöl tehlikeye girecek ekolojisi bozulacaktır. Bu nedenle su taşınması yapılacaksa mutlaka havzanın su dengesini minimum etkileyecek kaynak seçilmelidir. Önerilen ağaçlandırmanın erozyon kontrolünün yanı sıra fauna elemanlarına barınak, üreme ve beslenme imkanı sağlaması da biyo çeşitlilik açısından önemlidir. Dolayısıyla vakit kaybetmeden çevreye uygun çalı, ağaççık ve ağaçlarla plantasyon sağlanmalıdır. Gölü kurtarmaya yönelik faaliyetlerde gölün doğal yapısını bozmayacak çevreci restorasyon modelleri kullanılarak rehabilitasyon gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Akdemir, D. (2008). Differences in Ostracoda (Crustacea) Assemblages between Two Maar Lakes and One Sinkhole Lake in the Konya Region of Turkey. Turk J Zool 32 (2008) 107-113

Akköz C., Yılmaz, B. and Kalıpçı, E., (2009). Trophic Level Determination Of Acı Lake, Meke Lake And Suğla Lake. World Journal Of Fish And Marine Sciences.1(3):243-247.

Akköz, C., Tekelı,*Y., and Dogan., H.H. *In vitro* Antioxidant Activity of *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees; Asian Journal of Chemistry, (2009). Vol.21 No.8, p6525-6528. Akköz, C., Arslan, D., Ünver, A., Özcan, M.M. and Yılmaz, B. Chemıcal Composıtıon, Total Phenolıc And MıneralContents Of *Enteromorpha Intestınalıs* (L.) Kütz. and *Cladophora Glomerata* (L.) Kütz. Seaweeds. Journal of Food Biochemistry (2009). Volume 35, Issue 2, pages 513–523

Akköz, C. (2017). The benthic algae of Meke Lake (Karapınar/Konya). Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 13(2), 203-210

Akar, A.U., Sisman, S., Ulku, H., Yel, E., ve Yalpır, S.,(2024). Evaluating lake water quality with a GIS-based MCDA integrated approach: a case in Konya/Karapınar-Environmental Science and Pollution Research. 31:19478–19499.

Aşıkkutlu, B., Gümüş, N.E., Akköz, A. (2021). Water Quality Properties of Acı Lake and Meke Lake (Konya, Turkey) Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research 7(3): 260-270.

Aycan, M. (2012). Meke Gölü ve Konya Acıgöl'ün Prokaryotik Çeşitliliğinin Araştırılması. Anadolu University (Turkey) ProQuest Dissertations & Theses

Canik, B., (1997). Konya Dolaylarında Suların Oluşturduğu Doğal Anıtlar ve Bunların Korunması, 20.Yıl Jeoloji Sempozyumu Bildiriler, 159- 166, Konya.

Güllü, B., Kadıoğlu, Y.K. (2019). Meke ve Acıgöl (Karapınar-Konya) volkanitlerinin petro-kimyasal özellikleri. Pamukkale Univ Muh Bilim Derg. 2019; 25(3): 325-335

Korkmaz, G.G,. 2023. Konya İlinin Doğal Varlıkları ve Jeolojik Miras Potansiyeli / Natural Assets and Geological Heritage Potential of Konya Province. Geological Bulletin of Turkey 66, 403-420

Kılıç, A., (1999) "The Birds of Karapınar (Konya) Region," Turkish Journal of Zoology: Vol. (23). (5), 91-98.

Korkmaz, M.S. ve Buğa, B. (2024). Konya Meke Gölü ve Çevresi için Meteorolojik Kuraklık Analizi**.** 2. Uluslararası Avrasya İklim Değişikliği Kongresi (EURACLI'2024) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Maleki R (2013) The studies on the rotifera species of Acı Lake Kozanlı Saz and Meke Lakes (Acı Göl, Kozanlı Saz ve Meke Gölleri Rotifera Türleri Üzerine Çalışmalar). Master's Thesis. Hacettepe University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, pp 1–67.

Öztürk, A., Horasan, B.Y. (2020). Dünyada Karstik Jeopark Turizmi Ve Jeopark Öneri Alanı: Karapınar (Konya-Türkiye), KONJES, vol. 8, no. 4, pp. 876–888

Senturk F (1969) Isotope techniques applied to groundwater movement in the Konya Closed Basin. IAEA Contract No: 445, State Hydraulic Works (DSI), Groundwater and geotechnical services division Ankara

Yavuz, S., (2010). Konya - Karapınar Havzası karstik özelliklerinin belirlenmesinde hidrojeolojik parametrelerin kullanılması, Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 84 s.

Yılmaz, M., (2010). Karapınar Çevresinde Yeraltı Suyu Seviye Değisimlerinin Yaratmıs Olduğu Çevre Sorunları, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi

TÜRKİYEDE YETİŞTİRİLEN BAZI CEVİZ ÇEŞİTLERİYLE YENİ KEŞFEDİLMİŞ MEKE CEVİZ ÇEŞİDİNİN YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Özcan Barış ÇİTİL
Selçuk Üniversitesi, Karapinar Aydoganlar MYO, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, Veterinerlik Bölümü
ORCID: 0000-0003-1999-5805

ÖZET
Anadolu'da on dört farklı yerden (1: Şen, 2: Serr, 3: Mitlant, 4: Fernor, 5: Pedro, 6: Payne, 7: Oğuzlar, 8: Fernette, 9: Howard, 10: Akça 2, 11: MEKE, 12: Maraş 18, 13: 91, 14: Şili yerel.) ceviz örnekleri elde edilmiştir. Ceviz örneklerinin yağ asidi bileşimleri Shimadzu 15-A Gaz Kromatografisi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ceviz örneklerinin yağ asidi bileşimi her türe bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Ceviz türlerinde yirmi dört farklı yağ asidi tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar SPSS programı kullanılarak istatistiksel analize tabi tutulmuş ve $p<0,05$ önemli değer olarak kabul edilmiştir. Sonuçlara göre cevizlerde çoklu doymamış yağ asidi düzeylerinin tekli doymamış yağ asitlerine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Cevizlerde linoleik ve oleik asit düzeyleri en yüksek bulunmuştur (sırasıyla Şili Yerel'de %64.42 ve Oğuzlar'da %19.23). Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) arasında linoleik asit (C18:2 n6), dokosaheksaenoik asit (C22:6 n3), eikosapentaenoik asit (C20:5 n3) ve araşidonik asit (C20:4 n6) en yüksek seviyelerde bulunmuştur. Cevizlerin yağ asidi kompozisyonunda toplam ω6 yağ asidi yüzdeleri, toplam ω3 yağ asidi yüzdelerinden daha yüksek bulunmuştur. Cevizlerde çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeriğinin, tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve doymuş yağ asidi (SFA) içeriğinden daha fazla olduğu bulunmuştur. Doymamış yağ asitleri en fazladır. Linoleik asit (C18:2), Şili Yerel'de %64,42, Payne'de %64,40, Howard'da %64,28 ve Fernor ceviz çeşitlerinde %63,46 oranlarıyla en baskın yağ asidi olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, bazı cevizlerden elde edilen yağ örneklerinin yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi ve türler arası varyasyonların karşılaştırılması anlatılmaktadır.
Özellikle cevizlerde insan sağlığı açısından besinsel öneme sahip olan ω6/ω3 oranları sırasıyla %3,79 ve %6,56 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, ceviz türlerinin yağ asidi kompozisyonlarının MEKE ve diğer ceviz türlerinde farklılaştığı görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Ceviz, Yağ asitleri kompozisyonları, gaz kromatografisi

COMPARISON OF FATTY ACID COMPOSITIONS OF NEWLY REGISTERED MEKE WALNUT AND SOME WALNUT SPECIES GROWN IN TURKEY

ABSTRACT
Walnut samples obtained from fourteen different 1: Şen, 2: Serr, 3: Mitlant, 4: Fernor, 5: Pedro, 6: Payne, 7: Oğuzlar, 8: Fernette, 9: Howard, 10: Akça 2, 11: MEKE, 12: Maras 18, 13: 91, 14: Şili yerel. in Anatolia. The fatty acid compositions of walnut samples were determined by Shimadzu 15-A Gas Chromatography. According to the results, fatty acid composition of the walnut samples is significantly varied depending on each species. It was identified twenty four different fatty acids in walnut species. The results obtained were subjected to statistical analyses by employing SPSS software and $p < 0.05$ was accepted as significant value. The results showed that polyunsaturated fatty acids levels were found to be higher than those of monounsaturated fatty acids in walnuts. Linoleic and oleic acid levels in the walnuts were the highest (64.42% in Şili yerel and 19.23% in Oğuzlar, respectively).

Linoleic acid (C18:2 n6), docosahexaenoic acid (C22:6 n3), eicosapentaenoic acid (C20:5 n3), and arachidonic acid (C20:4 n6) were at the highest levels among the PUFAs. The percentages of total ω6 fatty acid were higher than those of total ω3 fatty acid in the fatty acid composition of walnuts. The polyunsaturated fatty acid (PUFA) content was found to be more than the monounsaturated fatty acid (MUFA) and saturated fatty acid (SFA) content in the walnuts. Unsaturated fatty acids are the most. Linoleic acid (C18:2) was determined the most dominant fatty acid, 64.42% in Şili Yerel, 64.40% in Payne, 64.28% in Howard and 63.46% in Fernor walnuts varieties. The present study describes the determination of fatty acid composition of the oil samples obtained from some walnut and the comparison of variations species.
Especially, in walnuts ω6/ ω3 ratios which have nutritional importance for human health were3.79% and 6.56%, respectively. In conclusion, fatty acid composition of species of walnuts species are differentiations in MEKE other walnuts sipecies.
Keywords: Walnut, fatty acid composition, gas chromatography

INTRODUCTION

Many scientific publications, for at least 3000 years, people living in Anatolia, known acquaintances walnut (Ferhatoğlu 2001). Walnut, high nutritional value is a fruit. Walnut fruit is very rich in essential fatty acids and tocopherols. Linoleic acid, oleic, linoleic, palmitic and stearic acids decrease LDL cholesterol and raises HDL cholesterol. Cardiovascular diseases are important protective (Pereira 2007). Several studies, especially walnut tree bark, leaves, green fruit peel and antimicrobial activity of juglon matter were also determined (Clark 1990, Oliveira 2008).

Walnut which carbohydrates, vitamins and all amino acids is supply; oil (50-80%), protein (12-15), mineral compound (3%) for the feeder is a feature. Due to their low sugar (2.5-4%) diet the amount of good fruit (Mitrovic 1997). Many researchers minerals such as potassium and magnesium in walnut stated that regulates blood pressure (. As well as the consumption of fruits, cakes and pastries is used as a flavor enhancer (Prineas 1993).

According to literature information, fatty acid composition of walnut has not been investigated. The aim of this study is to determine the fatty acid compositions and ω6/ω3 ratios of the oil samples obtained from some walnut grown in Anatolia, and to compare species.

MATERIALS AND METHODS

Collection of samples

Fourteen walnut samples were collected from the different regions of Anatolia in order to determine the fatty acid compositions for 1: Şen, 2: Serr, 3: Mitlant, 4: Fernor, 5: Pedro, 6: Payne, 7: Oğuzlar, 8: Fernette, 9: Howard, 10: Akça 2, 11: MEKE 1, 12: Maras 18, 13: 91, 14: Şili yerel.

Preparation of the samples

The walnuts were collected from the ground and were then washed and dried in a forced-air drier at 30°C to a moisture content of ca. 9%. The nuts were then opened using a standard method, and the kernels were vacuum-packed in plastic bags and stored at −70°C until they could be extracted. Identification of the species of walnut collected was carried out according to the usual procedures, based on methods suggested by (Baron 1985, McNeil 1994) at the deep-freeze of the Department of Animal Nutrition at Selcuk University.

Fatty acid analysis

Fat extraction was carried out according to the AOAC 1990. The each part of about 5 g was extracted with chloroform/methanol mixture (2/1, v/v) (Folch 1957). The fatty acids were converted to their methyl esters using standard Boron trifluoride-methanol method (Moss 1974). The resultant fatty acid methyl esters were separated and stored at -20ºC. At the beginning of each analysis, the samples were allowed to equilibrate to room temperature and analysed by gas chromatography (Shimadzu 15-A), equipped with dual flame ionisation detector and a 1.8 m × 3 mm internal diameter packed glass column containing GP 10 % SP–2330 on 100/120 Chromosorb WAW, cat no: 11851. Column temperature was 195°C for 32 min., and then rose progressively at 30 ºC/min up to 225 °C where it was maintained for 11 min at 220 °C. Carrier gas was nitrogen (2 ml/min). The injector and detector temperatures were 230 and 240 °C respectively. Conditions were chosen to separate fatty acids of carbon chain length from 8 to 24. The fatty acids were identified by comparison of retention times with known external standard mixtures (Alltech), quantified by a Shimadzu Class-VP software and the results were expressed as percentage distribution of fatty acid methyl esters. Each of the experiments was repeated three times.

Statistical analysis

Fourteen walnut samples were analyzed for each parts of species were analyzed in triplicate. The average results of peak area are offered as means ± SD. The statistical analysis of the percentages of fatty acid was tested by analysis of variance (ANOVA) and comparisons between mean values were performed Duncan's test. Differences between means were reported as significant if $P < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Lipid content is around 70% in oil samples obtained from walnut species. The fatty acid compositions of parts of the walnut samples and retention times are presented in Table 1. It was identified 24 fatty acids for the walnut samples and evaluated their compositions for species. The highest fatty acid ratios are as follows; linoleic acid 18:2ω6 (64.42%) in Şili yerel, palmitic acid 16:0 (6.52%) in 206 species, oleic acid 18:1 (19.23%) in Oğuzlar, stearic acid 18:0 (3.59%) in Oğuzlar, myristic acid 14:0 (0.07%) in *Şen*. Linoleic acid is the most abundant polyunsaturated fatty acid in all parts. Palmitic acid is the most abundant saturated fatty acid in all parts. The total SFA (saturated fatty acid) composition of the studied species is assigned between 6.93-9.68% while PUFA (poly unsaturated fatty acid) composition is 71.02-77.04%.

Please insert here Table 1

Oleic acid is mostly found in *Oğuzlar* and the major MUFA, contributing approximately 15.32-19.23% to the total SFA content. The level of MUFA (mono unsaturated fatty acid) depends on level of oleic acid. The greatest proportion of oleic acid is found in *Oğuzlar*. EC reported that erucic acid 22:1ω9 in vegetable oils had to be found at a maximum value of 5.0% for the human health (EC 1980). In this study, erucic acid was found to be between 0 and 0.01% in all species.

Dyerberg noted that an increase in the ratio of ω3/ω6 PUFA increased the availability of ω3 PUFAs, which are beneficial for human health (Dyerberg 1986). The long chain ω3 and ω6 fatty acids commonly are called PUFAs. Long-chain ω3 PUFAs cannot be readily synthesised by human bodies and mostly are obtained through the diet, and ratios of ω3/ω6 are considered to be important (Alasalvar 2002). The lowest linoleic acid content (57.56%) is found to be in *96 species*. Nutritionists suggested that ω3 fatty acids had to be found more in human diet.

Therefore, they reported that ω6/ω3 ratio had to be values below 4.0 for the human health (HMSO 1994). In the present study, ω6/ω3 ratio is found 3.56% in *91 species* and 6.56% in *Howard*

REFERENCES

Alasalvar C., Taylor K. D. A., Zubcov E., Shahidi F., Alexis M., Food. Chem., 79, 145 (2002).

AOAC, Official Methods for The Analysis, 15 th ed., Arlington, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC (1990).

Baron L. C., Riggert C., Stebbins R. L., and Bell S., Oregon State University Extension Service Circular 1219/May, Oregon, , pp. 19, (1985).

Clark A. M., Jurgens T. M. and Huff ord CD, Antimicrobial activity of juglone, Phytother Res., 4,11 (1990).

Dyerberg J., Nutr. Rev., 44, 125 (1986).

EC, 1980. Council Directive 80/891/EEC, Official Journal L, p. 254, (1980) .

Ferhatoğlu Y, Ceviz yetiştiriciliği, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara (2001).

Folch J., Lees M., Sloane Stanley G. H., J. Biol. Chem., 226, 497 (1957).

HMSO, UK., Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No. 46) London (1994).

McNeil D. L., Smith B., and Gardener L., Consumer Variety Preferences Among New Zealand Walnut Lines, Proc. Nutr. Soc. New Zealand 19, 87 (1994).

Mitrovic M., Stanisavljevic M. and Gavrilovic-danjanovic J., Biochemical composition of fruits of some important walnut cultivars and selections, Acta Hort. (ISHS), 442,205 (1997).

Moss C. W., Lambert M. A., Merwin W. H., Appl. Microbiol., 28, 80 (1974).

Oliveira I., Sousa A. and, Isabel C.F.R., Total phenols. antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (Juglans regia L.) green husks, Food Chem Toxicol 2008 doi:10.1016/j, fct.2008.03.017 (2008).

Ölez H., and Yücel A., Türkiye'de ceviz yetiştiriciliğinin sanayii-ticareti ve problemleri, Yalova Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yalova (1974).

Pereira J. A., Oliveira I., Sousa A., et al., Walnut (Juglans regia L.) leaves: phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars, Food Chem Toxicol, 45, 2287 (2007).

Prineas R. J., Kushi L. H., Folsom A. R., Bostick R. M. and Wu Y., Walnuts and serum lipids, The New England Journal of Medicine, 329, 359 (1993).

Table 1. Fatty Acid Composition of Oil Samples Obtained from *Walnut* Species

Fatty Acids	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
C 8:0	0.07±0.05a	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.01±0.01b	0.01±0.01b
C 12:0	0.00±0.00a	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00b
C 14:0	0.07±0.05a	0.04±0.01abc	0.04±0.01abc	0.01±0.01c	0.01±0.00c	0.02±0.00c	0.04±0.02abc
C 16:0	6.28±0.30a	5.45±1.06abc	6.00±0.03abc	6.26±0.99a	6.18±0.20ab	4.26±0.30c	5.72±1.56abc
C 17:0	0.19±0.15bc	0.17±0.04bc	0.14±0.01bc	0.83±0.64a	0.56±0.39ab	0.16±0.06bc	0.29±0.10bc
C 18:0	1.55±0.44cd	2.04±0.43bcd	1.85±0.03cd	1.37±0.09d	1.65±0.33cd	2.53±0.51abc	3.59±0.71a
C 20:0	0.03±0.01ab	0.03±0.00ab	0.02±0.00ab	0.02±0.01ab	0.02±0.01ab	0.02±0.00ab	0.01±0.01c
C 24:0	0.01±0.01ab	0.01±0.01ab	0.00±0.00b	0.01±0.00a	0.01±0.01ab	0.01±0.01ab	0.00±0.00b
∑ SFA	**8.14±0.06ab**	**7.75±0.60ab**	**8.08±0.01ab**	**8.54±1.26ab**	**8.46±0.12ab**	**7.02±0.24b**	**9.68±2.37a**
C 14:1	0.00±0.00a	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab
C 16:1	0.05±0.01a	0.03±0.01bc	0.03±0.00bc	0.02±0.01bc	0.02±0.00bcd	0.01±0.01cd	0.02±0.01bcd
C 18:1	17.56±0.58a	17.70±0.15a	17.62±0.04a	17.08±1.74a	15.70±1.40a	15.90±2.98a	19.23±1.81a
C 20:1	0.03±0.01ab	0.01±0.01abcd	0.02±0.00abcd	0.02±0.00abcd	0.01±0.00abcd	0.01±0.00cd	0.02±0.01abcd
C 22:1	0.01±0.00a	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b
C 24:1	0.00±0.00bc	0.00±0.00bc	0.00±0.00abc	0.00±0.00ab	0.00±0.00abc	0.00±0.00bc	0.00±0.00bc
∑ MUFA	**17.65±0.58a**	**17.77±0.15a**	**17.69±0.04a**	**17.13±1.75a**	**15.74±1.40a**	**15.94±2.99a**	**19.31±1.84a**
C 18:2	60.35±1.07ab	60.71±0.40ab	60.53±0.06ab	63.46±0.66ab	61.07±3.58ab	64.40±3.40a	61.45±1.70ab
C 18:3	13.85±1.62a	13.74±0.12a	13.67±0.10a	10.86±1.35a	14.70±2.34a	12.60±1.26a	9.49±3.72a
C 20:4	0.00±0.01b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b
C 20:5	0.00±0.00b	0.01±0.00b	0.01±0.00b	0.00±0.00b	0.01±0.01b	0.01±0.00b	0.03±0.03a
C 22:4	0.00±0.00b	0.01±0.01ab	0.01±0.00ab	0.00±0.00b	0.01±0.01ab	0.02±0.01ab	0.02±0.02a
C 22:5	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a
∑ PUFA	**74.20±0.64ab**	**74.49±0.46ab**	**74.23±0.04ab**	**74.33±1.93ab**	**75.80±1.34ab**	**77.04±3.20a**	**71.02±4.16b**
∑ UFA	91.86±0.06ab	92.25±0.60ab	91.92±0.01ab	91.46±1.26ab	91.55±0.12ab	92.98±0.24a	90.33±2.37b
∑ ω3	13.85±1.62a	13.75±0.12a	13.69±0.10a	10.87±1.35a	14.71±2.35a	12.61±1.26a	9.52±3.74a
∑ ω6	60.35±1.07ab	60.74±0.41ab	60.55±0.06ab	63.47±0.66ab	61.09±3.56ab	64.43±3.38a	61.50±1.68ab
∑ SFA/PUFA	**0.01±0.00ab**	**0.10±0.01b**	**0.11±0.00ab**	**0.12±0.02ab**	**0.11±0.01ab**	**0.09±0.01b**	**0.14±0.04a**
∑ ω6/ ω3	**4.35**	**4.42**	**4.42**	**5.84**	**4.15**	**5.11**	**6.46**

The countries - 1: Şen, **2:** Serr, **3:** Mitlant, **4:** Fernor, **5:** Pedro, **6:** Payne, **7:** Oğuzlar, **8:** Fernette, **9:** Howard, **10:** Akça 2, **11: M**
12: Maras 18, **13:** 91, **14:** Şili yerel.

The highest value in the same line is denoted with a, the lowest value is denoted with h, and the value between a and h is denoted with other.
If the value has denotation of ab, bc (or cd) it is found in the range of a and b, b and c, c and d.
a, b, c, d values for each sample with different letters in the same fraction are significantly different at $P < 0.05$.

Table 1. Continued

Fatty Acids	8	9	10	11	12	13	14
C 8:0	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b
C 10:0	0.01±0.01a	0.01±0.01a	0.01±0.01a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.01±0.01a	0.01±0.01a
C 12:0	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00a	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00a
C 14:0	0.04±0.02abc	0.02±0.00c	0.02±0.01c	0.03±0.02bc	0.03±0.01bc	0.02±0.01c	0.02±0.00c
C 16:0	5.05±0.85abc	4.26±0.30c	4.99±1.17abc	5.80±0.78abc	5.55±1.14abc	4.82±1.25abc	4.37±1.21bc
C 17:0	0.09±0.06c	0.16±0.06bc	0.13±0.05bc	0.19±0.15bc	0.16±0.05bc	0.41±0.37bc	0.12±0.05bc
C 18:0	2.35±0.76bcd	2.53±0.51abc	2.27±0.44bcd	1.53±0.27cd	2.10±0.40bcd	2.31±0.85bcd	2.35±0.59bcd
C 20:0	0.03±0.01ab	0.02±0.00ab	0.02±0.00ab	0.03±0.01a	0.02±0.00ab	0.02±0.00ab	0.02±0.00ab
C 21:0	0.02±0.00bc	0.02±0.00bc	0.01±0.01bc	0.02±0.01bc	0.01±0.00bc	0.02±0.00bc	0.02±0.00bc
C 24:0	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.01±0.01ab	0.01±0.01ab	0.00±0.00b
∑ SFA	**7.60±0.72ab**	**7.02±0.24b**	**7.47±0.91b**	**7.59±0.87ab**	**7.88±0.75ab**	**7.61±0.81ab**	**6.93±0.28b**
C 14:1	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00b	0.00±0.00ab	0.00±0.00ab	0.00±0.00b	0.00±0.00ab
C 16:1	0.02±0.01bc	0.02±0.01bcd	0.01±0.00cd	0.04±0.01ab	0.02±0.00bc	0.03±0.01bc	0.03±0.01ab
C 17:1	0.01±0.00ab	0.03±0.02a	0.02±0.01ab	0.02±0.01ab	0.02±0.02ab	0.02±0.01ab	0.01±0.01ab
C 18:1	16.45±3.53a	18.80±2.08a	15.57±2.72a	16.65±1.23a	17.06±2.66a	15.32±1.27a	15.85±2.11a
C 20:1	0.02±0.01abcd	0.02±0.01abcd	0.01±0.00d	0.03±0.01abc	0.02±0.01abcd	0.02±0.01abcd	0.03±0.01a
C 22:1	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b
C 24:1	0.00±0.00bc	0.00±0.00bc	0.00±0.00bc	0.00±0.00bc	0.00±0.00abc	0.00±0.00abc	0.00±0.00bc
∑ MUFA	**16.50±3.55a**	**18.87±2.12a**	**15.61±2.73a**	**16.74±1.22a**	**17.12±2.67a**	**15.39±1.27a**	**15.93±2.13a**
C 18:2	61.18±6.49ab	64.28±2.81a	62.59±5.22ab	59.87±0.80ab	61.35±1.44ab	61.51±3.91ab	64.42±4.65a
C 18:3	14.69±2.66a	9.79±4.28a	14.28±2.56a	15.78±2.84a	13.63±0.99a	15.44±2.29a	12.71±5.61a
C 20:2	0.01±0.01abc	0.01±0.01abc	0.01±0.01abc	0.01±0.01abc	0.01±0.00abc	0.01±0.01abc	0.01±0.01abc
C 20:4	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.00±0.00b
C 20:5	0.01±0.00b	0.01±0.00b	0.02±0.01b	0.01±0.01b	0.01±0.00b	0.01±0.00b	0.01±0.01b
C 22:4	0.01±0.00ab	0.02±0.01ab	0.02±0.01ab	0.01±0.00ab	0.01±0.00ab	0.02±0.01ab	0.00±0.00ab
C 22:5	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a	0.00±0.00a
∑ PUFA	**75.90±4.24ab**	**74.11±1.89ab**	**76.92±3.30a**	**75.68±2.07ab**	**75.01±2.40ab**	**77.00±2.04a**	**77.15±1.94a**
∑ UFA	92.40±0.72	92.98±0.24a	92.53±0.91a	92.41±0.87ab	92.12±0.75ab	92.39±0.81ab	93.07±0.28a
∑ ω3	14.70±2.66a	9.80±4.28a	14.30±2.57a	15.78±2.84a	13.64±0.99a	15.45±2.29a	12.72±5.60a
∑ ω6	61.20±6.48ab	64.31±2.80a	62.62±5.20ab	59.89±0.79ab	61.37±1.43ab	61.54±3.92ab	64.43±4.65a
∑ SFA/PUFA	**0.10±0.02b**	**0.10±0.00b**	**0.10±0.02b**	**0.10±0.01b**	**0.11±0.01ab**	**0.10±0.01b**	**0.09±0.00b**
∑ ω6/ ω3	**4.16**	**6.56**	**4.37**	**3.79**	**4.50**	**3.98**	**5.07**

The countries - 1: Şen, **2:** Serr, **3:** Mitlant, **4:** Fernor, **5:** Pedro, **6:** Payne, **7:** Oğuzlar,
8: Fernette, **9:** Howard, **10:** Akça 2, **11: MEKE**
12: Maras 18, **13:** 91, **14:** Şili yerel

The highest value in the same line is denoted with a, the lowest value is denoted with h, and the value between a and h is denoted with other.
If the value has denotation of ab, bc (or cd) it is found in the range of a and b, b and c, c and d.
a, b, c, d values for each sample with different letters in the same fraction are significantly different at $P < 0.05$.

ATÇILIK MERKEZİNİN KARAPINAR'DA SOSYO-EKONOMİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Özcan Barış ÇİTİL
Selçuk Üniversitesi, Karapinar Aydoganlar MYO, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, Veterinerlik Bölümü
ORCID: 0000-0003-1999-5805

ÖZET
İnsanlık tarihi boyunca atlar her dönem yaşamın bir parçası olmuştur. Genellikle binek hayvanı olarak kullanılan atlar farklı dönemlerde tarım, ticaret, yük taşıma, ulaşım, savunma ve spor alanlarında da kullanılmış ve insanoğlunun en yakınında yer almıştır. Atlar Türk kültüründe ve toplumunda da önemli bir yer işgal etmiştir. Öyle ki atalarımız "At, avrat, silah", "At binenin, kılıç kuşananın" gibi zamana meydan okuyan ifadeler ile atların toplumdaki yerini belirtmiştir. Sanayi ve teknolojik alanda gelişmeler oldukça çeşitli alanlarda kullanılan atlar artık daha çok sportif faaliyetlerde kullanılmaktadır. Dünya da ve Türkiye de gün geçtikçe ilginin arttığı atlı sporlar gerek devletler gerekse şahıslar tarafından daha çok ilgi çekmekte ve yatırım merkezi olmaktadır. Bu çalışma; Karapınar ilçesinde atçılık merkezi kurulmasına yönelik zemin oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır. At merkezi istihdam, yetiştiricilik, nalbantlık, binicilik, tarım hayvancılık, gıda, turizm gibi alanların gelişmesine ve büyümesine katkı sağlayacaktır. Çalışmanın amacı atçılık merkezinin Karapınar'da kurulmasına zemin oluşturmak, Karapınar ilçesinde sosyo-ekonomik etkilerinin ortaya konularak ilçenin potansiyelini tespit etmek, orta ve uzun vadede ilçeye alternatif geçim kaynağı oluşturmak, ilçenin tanınırlığını artırmak, ilçede bulunan Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu'nun veterinerlik bölümünün işleyişini artırmak ve bölüme ilginin artmasını sağlamaktır.
Anahtar Kelimeler: Atçılık, Karapınar

RESEARCH ON THE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF THE EQUESTRIAN CENTER IN KARAPINAR

ABSTRACT
Throughout human history, horses have been a part of life in every era. Primarily used as riding animals, horses have also been utilized in agriculture, trade, cargo transport, transportation, defense, and sports in different periods, always remaining close to humanity. Horses have also occupied an important place in Turkish culture and society. So much so that our ancestors expressed the place of horses in society with timeless phrases such as "Horse, wife, weapon" and "The one who rides a horse, the one who wields a sword." With developments in industry and technology, horses, which were used in many different areas, are now used more for sporting activities. Equestrian sports, which are gaining more and more interest around the world and in Turkey, are attracting more attention and investment from both governments and individuals. This study was prepared to lay the groundwork for establishing an equestrian center in the district of Karapinar. The equestrian center will contribute to the development and growth of areas such as employment, breeding, farriery, riding, agriculture, livestock, food, and tourism.

The aim of the study is to lay the groundwork for establishing an equestrian center in Karapinar, to identify the district's potential by revealing its socio-economic effects, to create an alternative source of livelihood for the district in the medium and long term, to increase the district's visibility, to improve the functioning of the veterinary department at Aydoğanlar Vocational School in the district, and to increase interest in the department.
Keywords: Horses, Karapinar

GİRİŞ

Türklerin atla ilişkisi çok erken dönemlere uzanır. Sakalar'ın M.Ö. 6000'lerde atı ehlileştirip binek hayvanı olarak kullandıkları, kurganlarda ve alp mezarlarında bulunan at iskeletlerinden anlaşılmaktadır (Berkmen, 2011). Ayrıca at dişlerinde görülen gem izleri, biniciliğin M.Ö. 4000–3500 yıllarında Ukrayna bozkırlarında başladığını göstermektedir (Baskıcı, 1998). Bu gelişme savaş stratejilerinde devrim yaratmış, süvari birliklerinin doğuşuyla birlikte at askeri üstünlüğün sembolü haline gelmiştir (Diamond, 2008).

Atın ilk evcilleştirildiği yer ve zaman konusunda farklı görüşler olsa da, arkeolojik bulgular M.Ö. 3500'lerde Kazakistan'daki Botay kültürünü işaret etmektedir (Anthony, 2007). Başlangıçta at, öncelikli olarak besin kaynağı olarak kullanılmış; M.Ö. 3000'lere gelindiğinde ise hem binek hayvanı olarak görülmeye başlanmış hem de dini ritüellerde kurban edilmiştir (Golden, 2014).

Fosil kayıtları, atların yaklaşık 55 milyon yıl önce Kuzey Amerika'da ortaya çıktığını ve buradan diğer kıtalara yayıldığını göstermektedir. Equus cinsine ait atlar Amerika'da 10 bin yıl önce yok olurken, Eski Dünya'da soyunu sürdürerek 6 bin yıl önce Orta Asya'da evcilleştirilmiştir (Yiğit, 2011). Botay kültürüne ait bulgular, atların 5500 yıl önce insan yaşamına entegre edildiğini kanıtlamaktadır. Bu süreçte Przewalski ve Tarpan gibi yabani türler evcilleştirmenin temelini oluşturmuş; özellikle Tarpan'ın birçok sıcakkanlı ırkın atası olduğu düşünülmüştür (Altuntaş, 2000).

Mitolojide de merkezi bir yere sahip olan at, Şaman inançlarında göğe çıkışın aracı, destanlarda kahramanların vazgeçilmez yoldaşı olarak betimlenmiştir (Çoruhlu, 2006). Ayrıca On İki Hayvanlı Türk Takvimi'nde bir yılın "At Yılı" olarak adlandırılması, onun kültürel hafızadaki önemini yansıtmaktadır (Turan, 1941). Hunlardan Osmanlılara kadar her dönemde at, üretim, askeri strateji ve toplumsal hayatın merkezinde yer almıştır. Batılı seyyahların "Türkler at sırtında doğar, yaşar ve ölür" ifadesi, bu güçlü bağı özetler niteliktedir (Caferoğlu, 1953; Ceylan, 2004).

Çalışmanın amacı: Atçılık sektörünün bölgesel ve ulusal düzeyde mevcut durumunu ortaya koymak, atçılık merkezinin kurulmasıyla birlikte ekonomik, sosyal ve kültürel katkıları belirlemek, bölgenin atçılık potansiyelini ve uygun koşullarını tespit etmek, atçılık merkezinin eğitim, istihdam, spor, turizm ve tarım alanlarında sağlayacağı faydaları değerlendirmek, sürdürülebilir at yetiştiriciliği, ıslah çalışmaları ve genetik kaynakların korunmasına yönelik planlamalara ışık tutmaktır.

Çalışmanın önemi: Atçılık merkezleri; at yetiştiriciliği, nalbantlık, yem üretimi, veteriner hizmetleri, spor kulüpleri ve turizm faaliyetleriyle geniş bir istihdam alanı yaratır. Atçılık, Türk kültüründe köklü bir geleneğe sahiptir. Bu merkezin kurulması, kültürel mirasın korunmasına ve gelecek nesillere aktarılmasına katkı sağlayacaktır. Merkez, atlı sporların gelişmesini, hipodrom faaliyetlerini, binicilik turizmini ve bölgeye yönelik tanıtım faaliyetlerini, ilçede bulunan meslek yüksekokulu faaliyetlerini artıracaktır.

Merkez ayrıca; üniversiteler, meslek yüksekokulları, meslek liseleri ve araştırma kurumları için uygulama alanı sunarak bilimsel çalışmaların gelişmesine katkıda bulunacaktır.

Yerel hayvancılık çeşitliliğinin korunması, yerli ırkların ıslahı ve sürdürülebilir tarım politikaları açısından önem taşıyan proje, tarım ve kırsal kalkınmaya ivme kazandırarak bölgenin ekonomik ve sosyal gelişimine destek sağlayacaktır.

Dünyada ve Türkiye'de Atçılık Sektörünün Gelişimi

Dünyada at yetiştiriciliği sektörü, tarih boyunca ulaşım, savaş, tarım ve spor gibi çok farklı alanlarda önemli roller üstlenmiş ve her dönemde farklı amaçlarla gelişim göstermiştir. Günümüzde ise sektörün gelişimi daha çok spor, rekreasyon, turizm ve kültürel miras odaklı hale gelmiştir.

Antik Çağlarda, atlar savaş, ticaret ve ulaşımda stratejik öneme sahiptir. Orta Asya bozkırlarından başlayan at evcilleştirme süreci, medeniyetlerin yayılımında büyük rol oynamıştır. Orta Çağ'da Avrupa'da feodal düzenin temel unsuru haline gelen at, şövalyelik ve tarımda kullanılan "çeki hayvanı" rolüyle değer kazanırken Sanayi Devrimi Öncesinde, ulaşım ve posta sistemlerinde atlar kullanılmıştır. Osmanlı, Arap ve Orta Asya toplumlarında at yetiştiriciliği hem askeri hem de ekonomik güç göstergesi niteliği taşımıştır. Sanayi Devrimi Sonrası ise buharlı ve motorlu araçların yaygınlaşmasıyla birlikte atın ulaşım ve savaş amaçlı kullanımı azalarak spor ve rekreasyon amaçlı yetiştiriciliğe yönelim göstermiştir. Günümüzde; Spor amaçlı yetiştiriciliğinde at yarışları; İngiltere, ABD, Japonya, Avustralya ve Körfez ülkelerinde milyarlarca dolarlık hacme sahiptir. Olimpik branşlar (engel atlama, dresaj, üç gün yarışmaları) ile birlikte atlı okçuluk ve geleneksel sporlar yeniden ilgi görmeye başlamıştır. Ayrıca; Avrupa'da kırsal turizm ve doğa aktivitelerinde, Amerika'da "ranch turizmi'nde, Orta Doğu'da ise kültürel mirasla bağlantılı olarak yaygınlaşan atlar kültürel ve geleneksel boyutta devamını sağlayarak Orta Asya'da göçebe kültürünün devamı niteliğinde "atlı oyunlar" (kok boru, cirit) ile İspanya ve Portekiz'de atlı festivaller düzenlenmektedir.

ABD'de yaklaşık $50 milyar' lık büyüklüğe sahip olan atçılık, Avrupa Birliği ülkelerinde at yetiştiriciliği kırsal kalkınma politikaları içinde desteklenmektedir. Körfez ülkelerinde (özellikle Katar, BAE, Suudi Arabistan) at yetiştiriciliği prestij ve turizm aracı olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye'de at yetiştiriciliği, tarihsel kökleri çok derinlere inen, günümüzde ise hem yarışçılık hem de kültürel-turistik boyutlarıyla önem taşıyan bir sektör haline gelmiştir.

Türklerin Orta Asya'dan Anadolu'ya göçüyle birlikte at, hem askeri hem de sosyal yaşamın merkezinde yer alırken atlı savaş kültürü, cirit gibi geleneksel sporlar bu dönemde güç kazanmıştır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde Sipahi sınıfı ve ordunun başarısında at yetiştiriciliği önemli yer edinmiştir. Osmanlı'da "hassa ahırları" ve "haralar" kurularak devlet destekli at ıslah çalışmaları yapılmıştır. Anadolu'daki Arap atı, özellikle safkan özellikleriyle değer kazanarak Arap Yarımadası ile Avrupa'ya ihraç edilmiştir. 1926'da Türkiye Jokey Kulübü (TJK) kurularak modern at yetiştiriciliği ve yarışçılık organizasyonu devlet kontrolünde gelişmeye başlamıştır. Haralar aracılığıyla safkan Arap ve İngiliz atı yetiştiriciliği kurumsallaşarak adından söz ettirmektedir.

Türkiye'de yaklaşık 50 binin üzerinde kayıtlı safkan at bulunmaktadır. İstanbul (Veliefendi), Ankara (75. Yıl Hipodromu), İzmir (Şirinyer), Bursa (Osmangazi), Adana (Yeşiloba) gibi hipodromlarda yıl boyu yarışlar düzenlenmektedir. TJK, hem yarış organizasyonunu hem de yetiştiricilik desteklerini yürütmektedir. Sektör, milyarlarca TL'lik bir ekonomik hacim yaratmaktadır (yarış ikramiyeleri, bahis, istihdam, yem ve veterinerlik hizmetleri). Cirit, rahvan, atlı okçuluk gibi geleneksel sporlar Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Ege'de kültürel bir değer olarak sürdürülmektedir. Karacabey Harası (Bursa), Sultansuyu Harası (Malatya), Anadolu Tarım İşletmesi (Eskişehir) gibi işletmeler safkan yetiştiriciliğin merkezleridir. Arap atı yetiştiriciliğinde Türkiye, dünyada sayılı ülkelerden biridir.Geleneksel atlı sporların tanıtımı ve yaygınlaştırılması için federasyon düzeyinde çalışmalar yapılmaktadır.

Kapadokya'da atlı safari, Karadeniz'de yayla turları, Ege ve Akdeniz'de binicilik merkezleri turistik katkı sağlamaktadır. Ayrıca atlı terapi (hipoterapi) merkezleri özellikle son yıllarda önem kazanırken atlı sağlık turizmin gelişmesine katkı sağlamıştır.
Aşağıdaki tabloda dünyada ve Türkiye'de at yetiştiriciliği sektörünün tarihsel gelişimi, günümüzdeki durumu, ekonomik boyutları ve geleceğe yönelik eğilimleri karşılaştırmalı olarak ele alınmaktadır.

Başlık	Dünya Genelinde	Türkiye'de
Tarihsel Köken	Antik çağlardan itibaren savaş, ulaşım, tarım ve spor amaçlı kullanılmıştır.	Orta Asya'dan taşınan atlı kültür, Osmanlı'da haralar ve sipahi sistemiyle gelişmiştir.
Güncel Kullanım Alanları	Spor (yarış, dresaj, engel atlama), rekreasyon, turizm, geleneksel spor alanlarıdır.	Yarışçılık (İngiliz ve Arap atları), geleneksel sporlar (cirit, rahvan), turizm (Kapadokya, yayla turları), hipoterapi alanlarıdır.
Ekonomik Büyüklük	ABD'de yıllık ~50 milyar $'dır.	TJK'nın düzenlediği yarışlar ve bahis gelirleriyle milyarlarca TL'lik hacime sahiptir.
Başlıca Türler	Thoroughbred (İngiliz atı), Arabian, Quarter Horse, çeşitli spor ve gösteri ırkları yer almaktadır	Safkan Arap atı (dünya çapında güçlü konum), İngiliz atı; geleneksel olarak Anadolu yerli ırkları yer almaktadır.
Kurumsal Yapı	Uluslararası organizasyonlar (FEI, IFHA), özel çiftlikler, üniversite araştırma merkezleridir.	Türkiye Jokey Kulübü (TJK), Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM), atlı spor federasyonlarıdır.
Turizm ve Kültür	Avrupa'da kırsal turizm, ABD'de ranch turizmi, Orta Asya'da geleneksel atlı oyunlardır.	Kapadokya'da atlı turlar, Anadolu'da cirit, rahvan, atlı okçuluk gibi kültürel etkinliklerdir.
Islah ve Teknoloji	Yapay tohumlama, embriyo transferi, genetik araştırmalar yaygındır.	Haralar aracılığıyla geleneksel ıslah; biyoteknolojik yöntemlerdir.
Sorunlar	Bazı ülkelerde hayvan refahı tartışmaları, yüksek bakım maliyetleridir.	Yüksek maliyet, yarış gelirlerine bağımlılık, geleneksel sporların sınırlı destek görmesidir.
Gelecek Eğilimleri	Biyoteknoloji, sürdürülebilir turizm, hayvan refahı odaklı yetiştiriciliktir.	Arap atı yetiştiriciliğinde küresel marka olma, kırsal turizm ve geleneksel sporların desteklenmesidir.

Atçılığın Sosyo-Ekonomik Etkileri
Atçılık sektörü, Türkiye'de köklü bir kültürel geçmişe sahip olmasının yanı sıra, günümüzde ekonomik büyüme, kırsal kalkınma ve beşerî sermaye gelişimi açısından stratejik öneme sahip bir sektördür. Bu sektör, hem istihdam yaratma gücü hem de eğitim, sağlık ve turizm gibi farklı alanlarla kurduğu etkileşim sayesinde çok boyutlu bir sosyo-ekonomik ağ oluşturmaktadır (Darmansah et al., 2017).

Gelişmiş ülkelerde atçılık, doğrudan, dolaylı ve tetiklenmiş harcamalar aracılığıyla güçlü bir ekonomik çarpan etkisi yaratmaktadır. Amerika At Konseyi'nin (American Horse Council) 2023 yılı verilerine göre, yalnızca ABD'de atçılık sektörünün toplam ekonomik katkısı 177 milyar ABD dolarına ulaşmış ve yaklaşık 2,2 milyon kişiye doğrudan ya da dolaylı istihdam sağlamıştır (AHC, 2023). Bu katkı, tarım (yem ve saman üretimi), sağlık (veterinerlik ve ilaç sektörü), turizm ve gayrimenkul (ahır, manej ve tesis inşaatı) gibi pek çok alana yayılmaktadır (Vitafloor, 2025). Benzer biçimde Avrupa'da, özellikle Fransa ve İrlanda'da, atçılık kırsal ekonominin ana dinamiklerinden biri hâline gelmiştir. İrlanda'da Thoroughbred (safkan yarış atı) yetiştiriciliği, ülke hayvancılığının yaklaşık %10'unu oluşturarak on binlerce kişiye istihdam sağlamaktadır (Younge & Vial, 2012). Bu durum, kamu politikalarının ve bölgesel teşviklerin sektörün sürdürülebilirliğini doğrudan etkilediğini göstermektedir (Gottlieb et al., 2020).

Türkiye'de ise atçılık, özellikle kırsal alanlarda istihdamı artıran ve ekonomik çeşitliliği destekleyen bir potansiyele sahiptir. At yetiştiriciliği, nalbantlık, seyislik, eğitmenlik ve antrenörlük gibi uzmanlık gerektiren meslekler, bölgesel ekonomilerde katma değer yaratmaktadır. Meslek Yüksekokullarında açılan Atçılık ve Antrenörlüğü programları, at bakımı, beslenmesi, fizyolojisi ve antrenman sistemleri üzerine bilimsel bilgi aktararak sektöre nitelikli iş gücü kazandırmaktadır. Bu eğitimler, aynı zamanda veterinerlik ve zootekni disiplinleriyle entegre biçimde çalışarak hem at sağlığı hem de genel hayvancılık yönetimi konularında yetkin personel yetiştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Atçılığın sosyo-ekonomik etkilerinden biri de sürdürülebilir turizm ve kültürel kimlik alanlarında görülmektedir. Kapadokya gibi doğal ve kültürel mirası zengin bölgelerde düzenlenen atlı safari ve binicilik turları, düşük çevresel etki ve yerel ekonomiye doğrudan katkı sağlamaları nedeniyle ekoturizm ilkelerine uygun örneklerdir (Rezapouraghdam et al., 2025). Bu faaliyetler, turizm gelirlerinin kent merkezlerinden kırsal alanlara yayılmasını sağlayarak yerel refahı artırmaktadır (Karakurt & Çobanoğlu, 2019). Ayrıca Atlı Cirit gibi geleneksel oyunlar, Anadolu'nun somut olmayan kültürel mirasını yaşatarak hem bölgesel kimliği güçlendirmekte hem de turizm pazarında Türkiye'ye özgün bir rekabet avantajı sunmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde binek veya yük taşıma amaçlı kullanılan işgücü atları (working equids) da sosyo-ekonomik açıdan kritik bir işleve sahiptir. Eşek ve katır dâhil bu hayvanlar, hassas toplulukların geçim kaynaklarını ve gıda güvenliğini destekleyen temel unsurlardır (Bonsi et al., 2023). Ancak işgücü atlarında görülen hastalıklar, yalnızca hayvan refahını değil, sahiplerinin gelir güvenliğini ve halk sağlığını da tehdit etmektedir (Bonsi et al., 2024). Bu nedenle "Tek Sağlık" (One Health) yaklaşımı, hayvan sağlığı, insan sağlığı ve geçim kaynaklarının bütüncül biçimde ele alınması açısından kritik bir politika aracı olarak görülmektedir (Pritchard et al., 2023).

Atçılığın sağlık sektöründeki yansımaları da dikkate değerdir. Hipoterapi (Hippotherapy) ve At Destekli Terapi (Equine-Assisted Therapy – EAT) yöntemleri, nöromotor bozuklukların tedavisinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Sistematik incelemeler, bu terapilerin serebral palsili çocuklarda motor fonksiyonları, dengeyi ve postürü geliştirdiğini göstermiştir (Zadnikar & Kastrin, 2011). Multipl Skleroz (MS) hastalarında da yürüme hızı, denge ve yorgunluk düzeylerinde anlamlı iyileşmeler kaydedilmiştir (Stergiou et al., 2025). Ancak bu terapilerin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel, yüksek maliyetler ve ulusal sağlık sigortalarının sınırlı desteğidir (Angoules et al., 2015; Koca & Ataseven, 2016). Bu nedenle gelecekteki araştırmaların, hipoterapinin uzun vadeli fayda-maliyet oranını ortaya koymaya odaklanması önerilmektedir (Suárez-Iglesias et al., 2021).

Atçılık Merkezinin Bölgeye Katkıları

Eğitim ve Mesleki Gelişim Alanına Katkı

Konya'nın Karapınar ilçesinde kurulması planlanan Atçılık Merkezi, bölgenin özgün çevresel koşulları ve sosyo-ekonomik yapısı dikkate alındığında, sürdürülebilir kalkınma açısından stratejik bir potansiyele sahiptir. Karapınar, çölleşme, obruk oluşumu ve sınırlı su kaynakları gibi çevresel zorluklarla karşı karşıya olan bir bölge olup, planlanan bu merkez söz konusu sorunları fırsata dönüştürerek tarıma dayalı ekonominin risklerini azaltma, alternatif gelir kaynakları yaratma ve çevresel farkındalığı artırma potansiyeline sahiptir. Bölge ekonomisinin iklim değişikliği ve yeraltı suyunun aşırı kullanımı nedeniyle kırılgan bir yapıya sahip olması, Atçılık Merkezi'nin ekonomik dayanıklılık açısından önemini artırmaktadır. Bu merkez, yeni istihdam ve gelir olanakları yaratarak tarımsal riski azaltabilir. Ulusal düzeyde düzenlenecek atlı turizm etkinlikleri ve yarış organizasyonları, bölgeye dışarıdan sermaye girişi sağlayarak eğitmenlik, veteriner teknisyenliği, tesis yönetimi ve at ekipmanları satışı gibi yeni meslek alanları oluşturacaktır (Mueke, 2024; Darmansah et al., 2017). Ayrıca merkezin yem ihtiyacının karşılanması, yerel çiftçilere yeni pazar olanakları sunarken, su kıtlığı dikkate alınarak az su tüketen yem bitkilerine yönelimi teşvik edecektir. Meke Gölü ve obruklar gibi doğal ve jeolojik değerlerle bütünleşen turizm paketleri ise merkezin kırsal turizmde yıl boyu faaliyet gösteren bir cazibe merkezi hâline gelmesine katkı sağlayacaktır.

Atçılık Merkezi aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik bakımından örnek bir model olarak değerlendirilebilir. Bölgenin çölleşme ve obruk sorunlarına karşı geliştirilecek sürdürülebilir otlatma (rotational grazing) teknikleri, toprak bozulmasını önleyerek otlak yönetimini iyileştirecektir (Anonim, 2015). Geniş otlak alanlarının varlığı, erozyonun önlenmesine katkıda bulunurken, doğal peyzajın korunmasına da olanak tanıyacaktır. Modern kompostlama tesislerinde işlenecek at gübresi, kimyasal gübre kullanımını azaltan çevre dostu bir organik gübre kaynağına dönüştürülebilir. Böylece tarımsal üretimde döngüsel ekonomi yaklaşımı desteklenirken, çevresel zararlar en aza indirilebilir. Bölgenin sınırlı su kaynakları dikkate alındığında, yağmur suyu hasadı, gri su geri dönüşümü ve minimum su tüketimine dayalı işletim modelleri, merkezin çevreyle uyumlu yönetim anlayışının temelini oluşturmalıdır.

Eğitim ve toplumsal gelişim açısından bakıldığında, Atçılık Merkezi yalnızca ekonomik bir yatırım değil, aynı zamanda bilimsel bilgi üretimi ve insan kaynağının gelişimi için bir eğitim platformu niteliği taşımaktadır. Yerel üniversiteler ve meslek yüksekokullarıyla yapılacak iş birlikleri, at anatomisi, beslenme ve hayvan refahı konularında bilim temelli eğitimlerin (evidence-based education) sunulmasını mümkün kılacaktır (Torell et al., 2025). Böylelikle geleneksel bilgi birikimi modern bilimsel yöntemlerle bütünleştirilecektir. Bunun yanı sıra At Destekli Deneyimsel Öğrenme (Equine-Assisted Experiential Learning – EAL) programları, gençlerin liderlik, öz-farkındalık ve duygusal zekâ becerilerini geliştirme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Sivagurunathan et al., 2025; Pentecost, 2018). Bu programlar, sosyal öğrenme süreçlerini güçlendirirken, at-insan etkileşimi üzerinden duygusal dayanıklılık ve empati gibi becerilerin kazandırılmasına katkıda bulunabilir. Ayrıca cirit gibi geleneksel atlı sporların canlandırılması, Karapınar'ın kültürel kimliğini koruma ve turizm çekiciliğini artırma yönünde destekleyici bir unsur olacaktır.

Atçılık Merkezinin Karapınar'da Sürdürülebilir Kalkınmaya Katkısı

Konya'nın Karapınar ilçesinde planlanan Atçılık Merkezi, bölgenin özgün çevresel koşulları (çölleşme, obruk oluşumu ve su kıtlığı) ile sosyo-ekonomik kırılganlıklarını birlikte ele alan bir yaklaşımla değerlendirildiğinde, sürdürülebilir kalkınma için stratejik bir kaldıraç sunmaktadır.

Merkez; tarıma dayalı ekonominin risklerini azaltarak alternatif istihdam ve gelir kanalları oluşturmayı, tedarik zincirlerini su kısıtlarına duyarlı biçimde yönlendirmeyi ve çevresel farkındalığı artırmayı hedefleyen bir model olarak kurgulanabilir. Ulusal ölçekte düzenlenecek atlı turizm etkinlikleri ve yarış organizasyonları, bölgeye dış kaynak girişini tetikleyerek eğitmenlik, veteriner teknisyenliği, tesis yönetimi ve at ekipmanları satışı gibi uzmanlaşmış meslek alanlarında istihdam yaratabilir (Mueke, 2024; Darmansah ve ark., 2017). Merkezin yem talebinin (yulaf, yonca, saman) yerel çiftçiler için yeni pazarlar açması beklenirken, üretimin az su tüketen yem bitkilerine yönlendirilmesi su stresi baskısını azaltacaktır. Meke Gölü ve obruklar gibi doğal-jeolojik değerlerle bütünleşik turizm paketleri ise yıl geneline yayılan talep oluşturarak ekonomik çeşitlenmeyi ve yerel dayanıklılığı güçlendirebilir.

Çevresel boyutta, sürdürülebilir otlatma (rotational grazing) uygulamaları toprak bozulmasını ve aşırı otlatmanın etkilerini sınırlarken, geniş otlakların erozyona karşı tampon işlevi kırsal peyzajın muhafazasına katkı sunar (ELCR, 2015). Modern kompostlama altyapısıyla yönetilecek at gübresi, çevreye zarar vermeden organik gübre olarak tarıma kazandırılabilir; böylece kimyasal girdilere bağımlılık azalır ve döngüsel tarım uygulamaları desteklenir (Anonim, 2015). Bölgenin su hassasiyeti nedeniyle yağmur suyu hasadı, gri su geri dönüşümü ve minimum su kullanımı ilkeleriyle işletilen bir tesis tasarımı, merkezin başarısı için zorunludur.

Sosyal ve eğitimsel düzlemde Atçılık Merkezi; yerel meslek yüksekokulları ve üniversitelerle iş birliği içinde, at anatomisi, beslenme ve hayvan refahı gibi alanlarda kanıta dayalı (evidence-based) eğitimler yoluyla geleneksel bilgi ile modern bilimi bütünleştirebilir (Torell ve ark., 2025). At Destekli Deneyimsel Öğrenme (EAL) programları, gençlerde liderlik, öz-farkındalık ve duygusal zekâ gibi becerileri geliştirmede etkili bir araç olarak öne çıkmakta; ilişkisel ve bedenlenmiş (embodied) liderlik yetkinliklerini güçlendirdiği vurgulanmaktadır (Sivagurunathan et al., 2025; Pentecost, 2018).

Atçılık Merkezinin Ekonomik Katkıları;

İstihdama Katkıları: Veteriner, antrenör, seyis, nalbant, binicilik eğitmeni gibi meslek gruplarına iş imkânı sağlaması amaçlanmaktadır. Bu sayede ilçe halkının doğrudan istihdamı ve merkezle bağlantılı yem üreticileri, otel, restoran gibi hizmet sektöründe istihdam oluşması beklenmektedir.

Tarımsal ve Hayvansal Üretime Katkıları: Merkezin, yem bitkileri üretimi ve hayvancılık sektörünü destekleyerek ilçede yem bitkilerinin üretim kapasitesinin artması, hayvancılık sektörünün gelişmesi, at yetiştiriciliğiyle bağlantılı genetik ıslah ve damızlık faaliyetlerinin artması ve bölgesel tarımı güçlendirmesi beklenmektedir.

Spor ve Yarış Gelirleri İle Ekonomiye Katkıları: At yarışları, binicilik turnuvaları ve gösteriler, bilet satışları ve sponsorluk gelirleri, hipodrom ve yarış faaliyetleriyle bölgeye önemli bir ekonomik hareketlilik kazandırması beklenmektedir.

Turizm ve Hizmet Sektörüne Katkıları: Binicilik turizmi, kırsal turizm ve geleneksel kültür turizminin ilçeye kazandırılmasına zemin oluşturacak olan atçılık merkezine yerli ve yabancı turistlerin ilgi göstermesi beklenirken konaklama, yeme-içme ve ulaşım sektörüne katkı sağlaması öngörülmektedir.

Atçılık merkezinin ilçenin atçılık, binicilik, spor ve yarış, turizm alanlarında marka değeri taşımasına yönelik çalışmaların başlaması ve markalaşması amaçlanmaktadır.

Eğitim ve Araştırma Gelirlerine katkıları: Başta Meslek Yüksekokulu olmak üzere ilçede bulunan meslek liseleri, Kamu Kurum Kuruluşları, Oda/Borsalar, STK'lar ile iş birliği yaparak atçılık eğitimi ve kursları ile gelir sağlanması amaçlanmaktadır. Sektörün geliştirilmesine yönelik araştırma projeleri ile kredi/hibe destekleri kullanılarak ekonomin gelişmesi amaçlanmaktadır.
Yatırım ve Bölgesel Kalkınmaya Katkıları: At yetiştirme, seyis, nalbant, turizm, yeme-içme gibi alanlarda yerli ve yabancı yatırımcıların ilçeye çekilmesi ile küçük ölçekli işletmelerin (süt ürünleri, el sanatları, yöresel ürünler) kendilerini geliştirmeleri beklenirken ekonomik ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlaması öngörülmektedir.
İhracata Katkıları: Merkezin safkan at yetiştiriciliği ve satışı ile hem iç pazara hem de dış pazara hitap etmesi sonucu yüksek katma değerli bir sektör olarak ülke ve ilçe ekonomisine ihracat geliri sağlaması beklenmektedir.

Atçılık Merkezinin Sosyal Katkıları:
Kültürel Mirasın Korunması ve Yaşatılmasına katkıları: At, Türk kültüründe ve tarihî mirasında önemli bir yere sahiptir. Geleneksel atlı sporlarının (cirit, rahvan, okçuluk) canlandırılması ve gelecek nesillere aktarılması beklenmektedir.
Spor ve Sağlıklı Yaşama katkıları: Binicilik sporunun gelişmesiyle gençlerin spora yönelmesi ve bedensel ve zihinsel gelişimlerine katkı sağlayan terapi amaçlı binicilik (hipoterapi) imkânları ortaya çıkması beklenmektedir.
Eğitim ve Gençlere Katkıları: Çocuk ve gençler için binicilik kursları, eğitim programları düzenlenerek aralarında etkileşimin artması, hayvan sevgisi, sorumluluk bilinci ve disiplin duygusu kazandırılması amaçlanmaktadır.
Sosyal Etkileşim ve Toplumsal Dayanışmaya Katkıları: Yerel halkın bir araya gelmesine, festivaller ve yarışmalarla sosyal bağların güçlenmesine kırsal bölgelerde topluluk ruhunu ve sosyal yaşam kalitesinin artırılması, bölgeye gelen yerli-yabancı turistler sayesinde farklı kültürlerle etkileşim sağlanması öngörülmektedir.
Dezavantajlı Gruplara Katkıları: Engelliler için hipoterapi uygulamaları ile sosyal uyumun desteklenmesi, kadınlar ve gençler için istihdam ve girişimcilik fırsatlarının ortaya çıkması, beklenmektedir.
Ayrıca Kırsal yaşamın cazibesini artırarak göçün azalmasına ve bölge halkı için yeni sosyal alanlar ve etkinlik merkezlerinin oluşması ile sosyal etki yaratması beklenmektedir.

Atçılık Merkezinin Eğitim, İstihdam, Spor, Turizm Ve Tarım Alanlarında Sağlayacağı Faydalar
Atçılık merkezinin mesleki eğitim ve uzmanlık açısından faydaları; veterinerlik, zooteknik, hayvan sağlığı, spor bilimleri ve turizm bölümleri için uygulama alanı oluşturulmasına, bu bölümlerin akademik çalışmalarının artmasına, teorik ve uygulamalı eğitimlerin gerçekleştirilmesine katkı sağlar. Ayrıca bilimsel projeler, tezler ve uluslararası iş birlikleri için bir merkez görevi görerek ulusal ve uluslararası alanda tanınırlığın artması beklenmektedir. Nalbantlık, seyislik, antrenörlük gibi geleneksel mesleklerin modern yöntemlerle öğretilmesi ve yaşatılması öngörülmektedir.
Çocuklara ve gençlere yönelik binicilik okulları, yaz kursları ve atlı spor eğitimleri düzenlenerek at kültürünün tanıtılması, tarihsel ve kültürel mirasın genç kuşaklara aktarılması, atlı sporların (cirit, rahvan, engel atlama, dresaj) eğitim yoluyla yaygınlaşması, Hipoterapi (atlarla terapi) aracılığıyla engelli bireylerin eğitimine katkı sunulması beklenmektedir.

Atçılık merkezinin istihdam açısından faydaları; At yetiştiricisi, seyis, antrenör, nalbant, binicilik eğitmeni, veteriner hekim, zooteknist gibi meslek alanlarında iş imkânı oluşması, Yem üreticileri, saman ve yem bitkisi yetiştiricileri, at malzemeleri üreticileri (eyer, koşum, ekipman) için pazar oluşması, Konaklama, restoran, ulaşım ve turizm işletmelerine müşteri çekerek bölgesel hizmet sektöründe iş alanı açılması, üniversite, meslek lisesi ve kurs mezunlarına uygulamalı eğitim ve iş bulma fırsatı sunması beklenmektedir. Kadınlara yönelik binicilik eğitmenliği, turizm rehberliği, işletme yönetimi gibi alanlarda istihdam sağlarken atlı turizm, atlı spor kulüpleri, hipoterapi merkezleri gibi yan sektörlerin gelişmesine katkı sağlayacaktır. İstihdamı artırarak göçün azaltılması ve kırsal bölgelerin ekonomik canlılığa kavuşması, yerel üreticilerin ve küçük işletmelerin (el sanatları, yöresel ürünler, hediyelik eşyalar) faaliyetlerinin artması, gençler için staj, kurs ve girişimcilik fırsatları yaratması, araştırmacılar ve eğitmenler için çalışma alanı oluşturması, merkezde görev alacak idari personel, temizlik, güvenlik ve bakım çalışanları için istihdam sağlaması diğer faydalar arasında yer almaktadır.

Atçılık merkezinin spor açısından faydaları; Merkez Engel atlama, dresaj, üç gün yarışmaları, endurans gibi modern atlı sporların gelişmesine zemin hazırlayacaktır. Gençlere ve profesyonel sporculara yönelik binicilik eğitimleri ve lisanslı sporcu yetiştirme programları düzenlenerek ulusal ve uluslararası yarışmalara sporcu yetiştirme imkânı sunacaktır. Yarış pistleri, manejler ve antrenman alanlarıyla sporculara modern tesisler sağlayarak çocuklar ve gençler için spora yönlendirme, disiplin ve takım ruhu kazandırma, gençlerin kötü alışkanlıklardan uzak kalmasına imkânı sağlayacaktır Hipoterapi ve binicilik terapisi ile engelli bireylerin fiziksel ve ruhsal gelişimine, amatör sporcular için sağlıklı yaşam ve hobi amaçlı spor olanaklarına ulaşılmasına, sponsorluklar, bilet gelirleri ve turizm faaliyetleri ile sporun sürdürülebilirliğine, atlı sporların yaygınlaşmasıyla bölgesel ve ulusal düzeyde spor kültürünün gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Atçılık merkezinin turizm açısından faydaları: Binicilik turları, doğa ve safari gezileri, kırsal turizm etkinlikleri ile ziyaretçilere alternatif turizm imkânı sunar. Cirit, rahvan, atlı okçuluk gibi geleneksel sporların gösterileri turistik cazibe oluşturur. Türk at kültürünün ve tarihî mirasın tanıtılmasına katkı sağlar. Ulusal ve uluslararası yarışmalar, turnuvalar, festivaller düzenlenerek bölgeye spor turisti çeker. Konaklama, yeme-içme ve ulaşım sektöründe canlılık yaratır. Bölgenin marka imajını güçlendirerek turizm gelirlerini artırır. Hipoterapi (atlarla terapi) uygulamalarıyla sağlık turizmine katkı sağlar. Özellikle engelli bireyler ve rehabilitasyon amaçlı gelen ziyaretçiler için çekim merkezi olur.

Atçılık merkezinin tarım faydaları; Atların beslenmesi için arpa, yulaf, fiğ, yonca gibi yem bitkileri üretimine talep artar. At yetiştiriciliği, hayvansal üretim ve tarımsal altyapı ile doğrudan ilişkilidir. At gübresi, organik tarımda doğal gübre olarak kullanılabilir. Küçük ölçekli çiftliklerde atların iş gücü olarak kullanımı (özellikle kırsal alanlarda) desteklenebilir. Üniversiteler ve ziraat fakülteleri için uygulama ve araştırma alanı oluşturur. Tarımsal üretimde hayvan besleme, yem teknolojisi ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için deneysel çalışmalar yapılır. Yem üretimi, saman balyalama, mera yönetimi ve tarım makineleri sektörlerine ekonomik hareketlilik sağlar. Yerel üreticiler için yeni pazar fırsatları yaratır. Tarımsal faaliyetlerle atçılığın entegrasyonu sayesinde kırsal kalkınma hızlanır. Toprak verimliliğini artırarak sürdürülebilir tarıma katkı sağlar. Bölgedeki çiftçilerin gelir kaynakları çeşitlenir. Bu da bölgede tarımsal çeşitliliğin ve üretim kapasitesinin yükselmesine katkı sağlar.

Atçılık merkezinde sürdürülebilir at yetiştiriciliği, hem ekonomik hem de çevresel açıdan uzun vadeli fayda sağlamayı hedefler. Bu yaklaşım, atların sağlıklı, verimli ve doğal yaşam döngüsüne uygun şekilde yetiştirilmesini içerir.

Yerli at ırklarının (Anadolu atı, Rahvan vb.) korunması ve ıslah edilmesi. Safkan ve kültür ırklarının kontrollü yetiştiricilik programları ile sürdürülebilir kılınması ile genetik kaynakların korunması sağlanır. Doğal ve dengeli besleme programları ile atların sağlıklı büyümesi. İsrafı önleyen ve maliyetleri düşüren yem planlaması ile doğru beslenme ve yem yönetimi sağlanır. At gübresinin organik gübre olarak tarımda değerlendirilmesi. Meraların bilinçli kullanımı, erozyon ve aşırı otlatmanın önlenmesi. Su kaynaklarının korunması ve doğal ekosisteme zarar verilmemesi ile çevreye duyarlı uygulamalar hayata geçirilir. Atların düzenli veteriner kontrolleri, aşıları ve parazit mücadelesinin yapılması. Hayvan refahı ilkelerine uygun barınak ve bakım koşullarının sağlanması ile hayvan sağlığı ve refah standartları oluşturulur. Yetiştiricilere yönelik sürdürülebilir yetiştiricilik eğitim programları düzenlenmesi. Üniversite ve araştırma kurumlarıyla iş birliği içinde yeni yöntemlerin uygulanması ile eğitimde sürdürülebilirlik sağlanır. At yetiştiriciliğiyle birlikte spor, turizm, eğitim ve tarım sektörlerinde katma değer yaratılması. Uzun vadeli planlamalarla merkezin kendi kendine yeterli hale gelmesi ile ekonomide sürdürülebilirlik öngörülmektedir.

Atçılık merkezinde sürdürülebilir ıslah çalışmaları ve genetik kaynakların korunmasına yönelik, hem mevcut at ırklarının korunmasını hem de verimli ve sağlıklı yeni nesillerin yetiştirilmesini hedefler. Bu çalışmalar, uzun vadede genetik çeşitliliğin korunması, hayvan refahının sağlanması ve ekonomik değer yaratılması açısından büyük önem taşır.

Yerli at ırklarının (Anadolu atı, Rahvan vb.) genetik özelliklerinin kayıt altına alınması. Safkan atların soy kütüğü ve pedigri kayıtlarının düzenli tutulması. Nesiller arası genetik kayıpların önlenmesi ile genetik çeşitliliğin korunması sağlanır. Sağlıklı ve üstün özelliklere sahip damızlıkların seçilmesi. Planlı aşılama ve eşleştirme programları ile kalitenin artırılması. Akraba çiftleşmelerin önlenerek genetik bozulmaların engellenmesi ile kontrollü damızlık programları oluşturulur. Yapay tohumlama, embriyo transferi gibi modern biyoteknolojik yöntemlerin uygulanması. DNA analizleri ve genetik testlerle soy takibi ve hastalık taramaları yapılması ile modern ıslah yöntemleri uygulanır. Atların hız, dayanıklılık, sağlık ve davranış özelliklerinin düzenli takip edilmesi. Spor atları için performans testleri, yerli ırklar için adaptasyon ve dayanıklılık ölçümleri yapılması ile performans ve verimlilik ölçümleri yapılır.

Atçılık merkezinin yatırım fizibilitesinin ortaya konulması, merkezin kurulmasının ekonomik, sosyal ve teknik açıdan uygulanabilirliğini analiz etmeyi içerir. Bölgedeki mevcut atçılık potansiyeli (at sayısı, ırklar, yetiştiricilik düzeyi). Spor, turizm, eğitim ve yarış atçılığına olan talebin incelenmesi. Rakip merkezlerin durumu ve piyasa boşluklarının belirlenmesi ile Pazar analizi yapılır.

Merkezin kurulacağı arazinin büyüklüğü, mera yapısı, iklim koşulları. Ahırlar, manejler, hipodrom, eğitim alanları, veteriner klinikleri gibi tesis ihtiyaçları. Ulaşım, su, enerji ve iletişim altyapısının yeterliliği ise teknik ve alt yapı analizi ile ortaya konur.

Arazi alımı veya tahsisi, inşaat ve altyapı maliyetleri. Damızlık at temini, yem üretimi, ekipman ve bakım giderleri. İlk 5 yıllık işletme giderlerinin ve gelir projeksiyonlarının hazırlanması. Devlet destekleri, hibe ve teşvik programlarının araştırılması ile yatırım maliyeti ve finansmanı çıkarılır.

Gelir kaynakları arasında; At yetiştiriciliği ve satış gelirleri, Binicilik eğitimi, spor müsabakaları ve yarış organizasyonları,Turizm (atlı turlar, gösteriler, festivaller), Hipoterapi ve rehabilitasyon hizmetleri, Üniversite ve araştırma projelerinden gelecek destekler yer almaktadır.

Yatırımın; İstihdam yaratma potansiyeli (doğrudan ve dolaylı), Bölgesel tarım, turizm ve hizmet sektörüne sağlayacağı katma değeri Kırsal kalkınmaya ve göçün azaltılmasına etkisi gibi ekonomik ve sosyal katkıları söz konusudur.

Fizibilite ile ayrıca risk analizi ortaya konularak olası risklerin önlenmesi sağlanacaktır. Risklerin minimize edilmesi için; hastalıklar, maliyet artışları ve iklim koşulları, yatırımın geri dönüş süresinin (ROI) hesaplanması, pazar dalgalanmalarına karşı sürdürülebilirlik stratejileri belirlenecektir.

Atçılığın Ekoturizm ve Kültürel Turizm ile Entegre Edilmesi

Atçılık sektörü, günümüzde yalnızca spor veya hobi olmaktan çıkarak ekoturizm ve kültürel mirasın korunmasıyla güçlü biçimde bütünleşen, kırsal topluluklara çevresel sorumluluk ve kültürel kimlik açısından yeni ekonomik fırsatlar sunan bir alan hâline gelmiştir. Ekoturizmin düşük çevresel etki, doğayı takdir etme ve yerel refaha katkı ilkeleriyle doğal uyum içindeki atlı faaliyetler; motorlu taşıtların ulaşımının sakıncalı olabildiği hassas habitatlara düşük etkili erişim sağlayarak doğa turizminin sürdürülebilirliğini destekler. Atlı gezintiler ve uzun mesafe rotalar, peyzaj ve habitat üzerindeki bozulmayı en aza indirir; katılımcılara doğayı yerinde deneyimleme imkânı vererek, yerel ekosistemlerin korunmasına yönelik bilişsel ve duygusal bağları güçlendirir (Rezapouraghdam ve ark., 2025; Mueke, 2024). Doğal koruma alanlarının çevresinde konumlanan at çiftlikleri ve binicilik merkezleri ise, kentsel yayılıma karşı yeşil altyapının bir parçası gibi işlev görerek arazi koruması için ekonomik teşvik üretir (ELCR, 2015).

Kültürel turizm boyutunda atçılık; cirit, rahvan binicilik ve atlı okçuluk gibi geleneksel Türk sporlarının canlandırılması yoluyla somut olmayan kültürel mirasın yaşatılmasına hizmet eder ve yerel kimliği güçlendirir. Tarihî ticaret yolları, eski göç güzergâhları ve İpek Yolu'nun yerel kollarının at sırtında deneyimlenmesi, ziyaretçilere yalnızca manzara sunmakla kalmayıp bölgenin tarihsel anlatılarını da görünür kılar. Bu süreç, nalbantlık, eyer ve koşum takımı yapımı gibi zanaatların sürdürülebilir biçimde canlanmasına katkıda bulunarak yerel bilgi ve becerilerin ekonomik değer üretmeye devam etmesini sağlar. Böylece atçılık; çevresel eğitim ve farkındalığı artıran ekoturizm pratikleri ile kültürel mirası görünür kılan deneyimlerin kesişiminde, bölgesel markalaşmayı destekleyen, yerel refahı güçlendiren ve uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bütüncül bir kalkınma aracına dönüşür (Rezapouraghdam vd., 2025; Mueke, 2024; ELCR, 2015).

Hayvancılık Faaliyetleri ile Entegrasyonu

Atçılık sektörü çoğu zaman bağımsız bir endüstri olarak değerlendirilse de tarımsal üretim ve kırsal kalkınma bağlamında geleneksel hayvancılık faaliyetleriyle güçlü bir entegrasyon potansiyeline sahiptir. Bu bütünleşme, biyolojik çeşitliliğin korunmasından arazi yönetimine, çiftlik turizmi ve tamamlayıcı gelir modellerinden eğitimsel iş birliklerine kadar uzanan çok yönlü katkılar sunar. Atçılık faaliyetleri, tarım ve hayvancılık işletmelerinin arazi kullanım stratejileriyle doğrudan ilişkilidir. Geniş padoklar, çiftlikler ve binicilik rotaları için duyulan alan ihtiyacı, tarım arazilerinin kentsel yayılıma karşı korunmasını teşvik eder ve kırsal peyzajın sürdürülebilirliğine katkı sağlar (Anonim, 2024; ELCR, 2015). Bununla birlikte, kırsal alanlarda atların kontrollü otlatılması, otlak yönetimini iyileştirir ve biyolojik çeşitliliğin devamlılığına destek olur.

Atçılığın çiftlik yönetimiyle entegrasyonu, modern tarım işletmelerinde yeni iş alanlarının doğmasına da öncülük etmektedir. Atların varlığı, tarım işletmelerini "Çiftlikte Konaklama" (Farm Stays) ve "Kırsal Turizm" (Agri-Tourism) gibi etkinlikler için cazip destinasyonlara dönüştürmektedir. Bu tür faaliyetler, ziyaretçilere binicilik dersleri veya at bakımı deneyimleri sunarak çiftlik gelirlerinin çeşitlendirilmesine olanak sağlar (Rezapouraghdam ve ark., 2025). Ayrıca, at gübresi (manure) çevre dostu bir organik gübre kaynağı olarak hem çevresel sürdürülebilirliği destekler hem de bitkisel üretim döngüsünü güçlendirir (Pavić ve ark., 2019).

Eğitim boyutunda ise atçılık, hayvancılık bilimleriyle (Animal Science) doğrudan etkileşim içindedir. Üniversitelerde genellikle Hayvan Bilimleri bölümleri altında yer alan atçılık programları, veterinerlik, beslenme, davranış bilimi ve hayvan refahı gibi disiplinler arası bilgi paylaşımını teşvik eder. At anatomisi, fizyolojisi ve beslenmesi gibi alanlarda sağlanan bilimsel bilgi, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığın sürdürülebilir yönetimi için de temel bir referans oluşturur. Ayrıca atçılıkta geliştirilen yüksek hayvan refahı ve etik davranış standartları, diğer hayvancılık sektörlerinde de benimsenebilecek iyi uygulamalara örnek teşkil eder (Sivagurunathan ve ark., 2025; Torell, 2025).

Atçılık Sektörünün Turizm, Tarım ve Eğitimle Entegrasyonu

Atçılık sektörü, yalnızca bir spor veya hobi dalı olmanın ötesinde; turizm, tarım ve eğitim alanlarıyla bütünleşerek kırsal kalkınma, ekonomik çeşitlenme ve insani gelişim açısından güçlü bir ekosistem oluşturan çok yönlü bir endüstridir. Bu entegrasyon, hem ekonomik hem de kültürel düzeyde sürdürülebilir kalkınmayı destekleyerek, atçılığın stratejik bir sektör olarak önemini ortaya koymaktadır.

Turizm boyutunda atçılık sektörü, büyük ölçekli etkinlikler, festivaller ve kırsal turizm faaliyetleri aracılığıyla destinasyon ekonomilerine doğrudan katkı sağlamakta ve "yeni para" akışı oluşturarak güçlü bir ekonomik çarpan etkisi yaratmaktadır. ABD'de düzenlenen Kentucky Derby her yıl yaklaşık 400 milyon ABD Doları katkı sağlamaktadır. Florida'daki World Equestrian Center ise milyarlarca dolarlık ekonomik etki yaratmakta; otelcilik, restoran ve ulaşım sektörlerine doğrudan fayda sunmaktadır (Anonim, 2025). Benzer şekilde, Teksas'ta düzenlenen atçılık etkinliklerine katılan seyircilerin yıllık harcamalarının 3 milyar ABD Dolarına ulaştığı bildirilmektedir (Anonim, 2024). Bunun yanı sıra, binicilik merkezleri, atlı festivaller ve tur rotaları, küçük işletmeler ve zanaatkârlar için ek gelir kaynağı oluştururken, kırsal bölgelerde kültürel mirasın korunmasına ve destinasyon markalaşmasının güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Pavić et al., 2019; Rezapouraghdam et al., 2025).

Eğitim ve mesleki gelişim açısından atçılık sektörü, yalnızca teknik uzmanlıkların değil; aynı zamanda liderlik, iletişim ve duygusal zekâ gibi çağdaş iş dünyasında öne çıkan becerilerin de gelişimini desteklemektedir. At Bilimi, At Yönetimi ve Atlı Rehabilitasyon gibi akademik programlar, öğrencileri veterinerlik, ahır yöneticiliği ve profesyonel eğitmenlik gibi alanlara yönlendirmekte ve sektörde bilim temelli, etik standartlara uygun iş gücü oluşumuna katkı sağlamaktadır (Darmansah et al., 2017; Anonim, 2025). Ayrıca At Destekli Deneyimsel Öğrenme (Equine-Assisted Experiential Learning – EAL) programları, atların birer "ortak öğretmen" olarak kullanıldığı, bireylerin öz-farkındalık, sözsüz iletişim, empati ve güven inşa etme becerilerini geliştiren yenilikçi eğitim uygulamaları sunmaktadır (Pentecost, 2017). Bu programlar, liderlik eğitiminde beden dili, sezgisel farkındalık ve duygusal denge gibi ilişkisel becerilerin kazandırılmasında etkili bir araç olarak görülmektedir (Torell et al., 2025).

Tarım ve hayvancılıkla entegrasyon açısından atçılık faaliyetleri, kırsal alanlarda ekonomik ve biyolojik dayanıklılığı artıran bir işlev üstlenmektedir. At çiftlikleri ve binicilik rotaları, tarım arazilerinin kentsel yayılıma karşı korunmasına ve kırsal peyzajın muhafaza edilmesine katkıda bulunmaktadır (Anonim, 2015; Anonim, 2024). Kontrollü otlatma uygulamaları, otlak yönetimini destekleyerek biyolojik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, atların varlığı tarım işletmelerine çiftlik turizmi (agri-tourism) olanağı sunmakta; ziyaretçilere binicilik dersleri ve kırsal yaşam deneyimleri kazandırarak çiftlik gelirlerini çeşitlendirmektedir (Rezapouraghdam et al., 2025). At gübresinin organik tarımda doğal gübre kaynağı olarak kullanılması ise bitkisel üretim döngüsünün sürdürülebilirliğini desteklemekte ve çevresel etkiyi azaltmaktadır (Pavić et al., 2019).

Atçılık sektörü yalnızca bağımsız bir ekonomik faaliyet değil; aynı zamanda geleneksel hayvancılıkla entegre olarak kırsal kalkınmayı, ekonomik çeşitlenmeyi ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen stratejik bir paydaş konumundadır. Arazi koruma, otlak yönetimi, gübre kullanımı ve disiplinler arası eğitim uygulamaları sayesinde, atçılık faaliyetleri hem kırsal ekonomiye hem de çevresel dengenin korunmasına uzun vadeli katkılar sunmaktadır.

Atçılık turizmi, yalnızca bir spor veya kültürel etkinlik değil, aynı zamanda bölgesel kalkınmayı destekleyen ve ekonomik çeşitliliği artıran güçlü bir sektörel modeldir. Yarışmalar, festivaller ve eğitim merkezleri aracılığıyla hem doğrudan hem de dolaylı ekonomik katkılar sunmakta; aynı zamanda sürdürülebilir turizm ilkeleri doğrultusunda çevresel, sosyal ve kültürel faydalar sağlamaktadır. Bu nedenle, atçılık turizmi hem ekonomik büyümenin hem de kültürel mirasın korunmasının bütünleştiği bir alan olarak, geleceğin sürdürülebilir kalkınma stratejilerinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Atçılık sektörü, turizm, eğitim ve tarım alanlarıyla bütünleşerek ekonomik, sosyal ve çevresel düzeylerde sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Uluslararası yarışmalar ve festivaller aracılığıyla milyarlarca dolarlık ekonomik etki yaratan bu sektör, aynı zamanda akademik eğitim ve deneyimsel öğrenme yöntemleriyle nitelikli iş gücü yetiştirmekte; tarım ve hayvancılıkla kurduğu organik bağlar sayesinde kırsal ekonominin dayanıklılığını artırmaktadır. Dolayısıyla atçılık, yalnızca bir spor ya da kültürel etkinlik alanı değil, bütüncül kalkınmanın, çevresel sürdürülebilirliğin ve kültürel mirasın korunmasının temel aktörlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Atçılık sektörü, yalnızca bir spor veya hobi alanı değil; ekonomik büyüme, kırsal kalkınma, eğitim, turizm ve sağlıkla doğrudan ilişkili çok boyutlu bir kalkınma aracıdır. Gelişmiş ülkelerde ekonomik çarpan etkisiyle büyüme ve istihdam yaratırken, gelişmekte olan ülkelerde geçim kaynağı ve toplumsal refahın yapıtaşı hâline gelmiştir. Türkiye özelinde ise nitelikli eğitim, sorumlu turizm politikaları ve bilim temelli üretim anlayışıyla desteklendiğinde, atçılık sektörünün hem ekonomik hem kültürel sürdürülebilirlik açısından önemli bir kalkınma gücü olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, Karapınar Atçılık Merkezi; çevresel kısıtlara saygılı, yüksek teknolojiye dayalı su yönetimini benimseyen ve tarımsal riski azaltacak ekonomik çeşitlenmeyi hayata geçiren bir yaklaşımla, kırsal ekonominin dayanıklılığını artırırken bölgenin çevresel sorunlarına çözüm üreten sürdürülebilir bir kalkınma odağına dönüşebilir (Torell et al., 2025).

Karapınar Atçılık Merkezi'nin başarısı; çevresel kısıtlamalara duyarlı, yenilikçi su yönetimi teknolojilerini benimseyen ve tarımsal riskleri azaltacak şekilde ekonomik çeşitliliği destekleyen bir modelle mümkündür. Böyle bir yapı, hem kırsal ekonominin dayanıklılığını artıracak hem de bölgenin çevresel sorunlarına çözüm üretirken eğitim, istihdam ve kültürel sürdürülebilirlik açısından uzun vadeli bir değer yaratacaktır.

KAYNAKLAR

Angoules, A. G., Boutsikari, Z. & Theos, B. (2015). A Review of Efficacy of Hippotherapy for the Treatment of Musculoskeletal Disorders. British Journal of Medicine and Medical Research, 8(4), 289–297.

AHC (American Horse Council). (2023). Results from the 2023 National Equine Economic Impact Study Released. Erişim tarihi: 28.09.2025 Erişim adresi: https://horsecouncil.org/project/results-from-the-2023-national-equine-economic-impact-study-released/

Anonim, (2015). Equestrian economic impact analysis: How your community benefits. Equine Land Conservation Resource. Erişim tarihi: 17.09.2025 Erişim adresi: https://elcr.org/wp-content/uploads/2015/11/Equestrian-Economic-Impact-Analysis-How-Your-Community-Benefits.pdf

Anonim, (2024). Unveiling the economic influence of Texas' horse industry. Texas A&M AgriLife. Erişim tarihi: 10.09.2025 Erişim adresi: https://agrilifetoday.tamu.edu/2024/04/17/unveiling-the-economic-influence-of-texas-horse-industry/

Anonim, (2025). The economic impact of the equine industry in the United States. Mid-South Horse Review. Erişim tarihi: 01.10.2025 Erişim adresi: https://www.midsouthhorsereview.com/the-economic-impact-of-the-equine-industry-in-the-united-states

Anonim, (2015). *Equestrian economic impact analysis: How your community benefits.* Equine Land Conservation Resource. Erişim tarihi: 17.09.2025 Erişim adresi: https://elcr.org/wp-content/uploads/2015/11/Equestrian-Economic-Impact-Analysis-How-Your-Community-Benefits.pdf

Anthony, DW. The Horse, the Wheel, and Language, Oxford, 2007, s.221

Baskıcı, M. Murat (1998) Evcilleştirme Tarihine Kısa Bir bakış, A.Ü.S.B.F. Dergisi, Cilt 53 Sayı 1- 4,Ocak-Aralık s.88,89

Berkmen, Haluk (2011) At, Ata ve A Harfi, Türk Dünyası Tarih Kültür Dergisi, 300(50), s.54

Bonsi, M., Anderson, N. E., & Carder, G. (2023). The socioeconomic impact of diseases of working equids in low and middle-income countries: A critical review. Animals, 13(24), 3865.

Bonsi, M., Anderson, N. E., & Carder, G. (2024). The socioeconomic impact of equine epizootic lymphangitis in working equids in low and middle-income countries: A scoping review. Journal of equine veterinary science, 132, 104981.

Caferoğlu, A. (1953). Türk onomastiğinde at kültü. Türkiyat Mecmuası, X, 201–212.

Ceylan, A. (2002). Anadolu'daki ilk Türk yerleşmelerinden Cunni Mağarası. Türkler Ansiklopedisi, 6, 425–429.

Ceylan, A. (2004). Erzurum ve çevresindeki Türk yerleşmeleri. Türk Kültürü, 30–47.

Çoruhlu, Y. (1997). Türk sanatında av sembolizmi. Arkeoloji ve Sanat, 76, 13–25.

Çoruhlu, Y. (2006). Türk mitolojisinin ana hatları. İstanbul: Kabalcı Yayınları

Cumakunova, Gülzura (2009) Kırgız ve Türkmen Türkçelerinde Atçılık Terminolojisi, Ankara Üniv. Dil Tarih Coğrafya Fak.,Modern Türklük Araştırmaları Dergisi, 6(2),s.41

Darmansah, N. A., Hassan, F., & Said, B. (2017). Contribution of equine education to the equine industry development in Malaysia. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 9(3S), 241–250.

Darmansah, N. F., Misnan, M. S., Sam, A. R. M., & Omar, A. H. (2017). Contribution of Equine Education to the Equine Industry Development in Malaysia. Advanced Science Letters, 23(4), 2818–2820.

Diamond, Jared (2008) Tüfek, Mikrop ve Çelik, Tübitak Popüler Bilim kitapları, Çeviri Ülker İnce, 19.basım, s.84

ELCR (Equine Land Conservation Resource), (2015). Equestrian economic impact analysis: How your community benefits. https://elcr.org/wp-content/uploads/2015/11/Equestrian-Economic-Impact-Analysis-How-Your-Community-Benefits.pdf

Golden, P. B. (2014). Dünya Tarihinde Orta Asya,(Çev. YK Taştan). Ötüken Neşriyat, İstanbul

Gottlieb, P. D., Weinert, J. R., Dobis, E., & Malinowski, K. (2020). The evolution of racehorse clusters in the United States: Geographic analysis and implications for sustainable agricultural development. Sustainability, 12(2), 494.

Güleç, Ertuğrul (2005) Türk At Irkları, Anadolu At Irklarını Yaşatma ve Geliştirme Derneği Tarafından Neşredilmiştir, 2.Baskı, s.4,5 ve 17

Irwin, E. G., & Luloff, A. E. (2020). The Evolution of Racehorse Clusters in the United States: Geographic Analysis and Implications for Sustainable Agricultural Development. Sustainability, 12(2), 494.

Kafesoğlu, İ. (1995). Türk milli kültürü. İstanbul: Boğaziçi Yayınları

Karakurt, Y., & Çobanoğlu, G. (2019). Türkiye'de atlı turizmin bölgesel kalkınma potansiyeli ve uygulanabilirliği. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 7(2), 173–190.

Koca, T. T., & Ataseven, H. (2016). What is hippotherapy? The indications and effectiveness of hippotherapy. Northern clinics of Istanbul, 2(3), 247.

Mueke, V. (2024). The Impacts and Sustainability of Equestrian Tourism. https://www.researchgate.net/profile/VincentMueke/publication/388412895_The_Impacts_and_Sustainability_of_Equestrian_Tourism/links/679770138311ce680c3cc55c/The-Impacts-and-Sustainability-of-Equestrian-Tourism.pdf

Mustafa, A. (2000). Geçmişten Günümüze At. Türk Veteriner Hekimliği Dergisi, 1(2), 37.

Ögel, B. (1979). Türk kültür tarihine giriş. Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları

Özgül, O. (2015). Erzurum bölgesi kaya panoları. Trakya Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi, 5, 169–198.

Pavić, L., Blešić, I., Petrović, M. D., Radovanović, M. M., & Prišenk, J. (2019). Can the quality of hospitality services play a role in sustainable equestrian tourism in Slovenia? Mediations, effects, and implications. Sustainability, 11(21), 6155.

Pentecost, L. A. (2017). The effects of equine assisted leadership programs on perceived professional development outcomes [Doctoral dissertation, Liberty University]. https://digitalcommons.liberty.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2680&context=doctoral

Pentecost, L. A. (2018). The effects of equine assisted leadership programs on perceived professional development outcomes. Liberty University.

Rezapouraghdam, H., Saydam, M. B., Altun, O., Roudi, S., & Nosrati, S. (2025). A contemporary systematic literature review of equestrian tourism: Emerging advancements and future insights. Journal of Hospitality and Tourism Insights, 8(2), 472–492.

Sivagurunathan, R., Senathirajah, A. R. B., Sivagurunathan, L., Qazi, S., & Haque, R. (2025). Equine-Assisted Experiential Learning: A Literature Review of Embodied Leadership Development in Organizational Behavior. Administrative Sciences, 15(8), 298.

Stergiou, A. N., Ploumis, A., Kamtsios, S., Markozannes, G., Christodoulou, P., & Varvarousis, D. N. (2025). Effects of Equine-Assisted Therapy: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Clinical Medicine, 14(11), 3731.

Sümer, F. (1995). Türklerde atçılık ve binicilik. İstanbul: TDA Vakfı Yayınları

Torell Palmquist, G., Känsälä Alveheim, N., Huot-Marchand, F., Ashton, L., & Lewis, V. (2025). The Role of European Equestrian Institutions in Training Professionals: Outcomes from a Workshop on Horse Welfare in Equestrian Education. Animals, 15(2), 183.

Turan, O. (1941). On iki hayvanlı Türk takvimi. İstanbul: Ötüken Yayınları

Vitafloor. (2025). The horse industry's economic impact in the U.S. Erişim tarihi:25.09.2025 Erişim adresi: https://www.vitafloor.com/news/the-horse-industry-s-economic-impact-in-the-u-s/

Watanabe, Y., Miki, T., & Takeishi, M. (2023). Horse grazing for grassland management: A review. Grassland Science, 69(2), 79–88. https://doi.org/10.1111/grs.12411

Yiğit, Ayhan (2011) İnsanın Eski dostu Atın Evrimi, Anadolu Geç miyosen Dönem Atları", Aktüel Arkeoloji, Ocak 2011, s.72.

Younge, B., & Vial, C. (2012). Socio-economic impact of horse production on rural areas: A comparison between Ireland and France. Animal Frontiers, 2(1), 58-65.

Zadnikar, M., & Kastrin, A. (2011). Effects of hippotherapy and therapeutic horseback riding on postural control or balance in children with cerebral palsy: a meta-analysis. Developmental medicine & child neurology, 53(8), 684-691.

KARAPINARDA TARIM VE HAYVANCILIĞA BAKIŞ

Prof. Dr. Tahir BALEVİ
Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-8830-9170

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksek Okulu
ORCID: 0000-0003-1999-5805

ÖZET
İnsanların dengeli beslenebilmeleri için hem bitkisel hemde hayvansal gıdaları tüketmeleri gerekir. Yetişkin bir insanın sağlıklı olabilmesi için günde ihtiyaç duyduğu 70-80 g proteinin yarısını, esansiyel besin maddeleri yönünden daha zengin olan hayvansal gıdalardan alması gerekir. İnsanlar için en kaliteli hayvansal protein kaynakları yumurta, et, süt ve ürünleridir.
Konya tarım ve hayvancılık bakımından ülkemizde önemli yeri olan bir ilimizdir. Konya 1.882.068 ha toplam tarım alanı, 834.219 ha mera alanı, 297.760 ha nadas alanı, 643.000 ha orman alanı ve 717.000 ha tarım dışı diğer alan olmak üzere toplam 4.083.800 ha alana sahiptir. Konya'da 2024 yılı verilerine göre 40.619 adet işletmede 192.930 adeti melez, 716.331 adeti de kültür olmak üzere toplam 909.261 adet büyükbaş hayvan, 15.769 işletmede ise merinos, yerli ve keçiler dahil toplam 3.203.620 adet küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Konya ili Karapınar ilçesi de tarım alanları ve hayvan sayıları bakımından ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Karapınar 150.000 ha tarım arazisi, 130.000 ha çayır ve mera, 2.013 ha orman ve 11.459 ha diğer olmak üzere, toplam 293.916 ha alana sahiptir. Karapınar'da bitkisel üretimde arpa, buğday, mısır, çavdar, tritikale, ayçiçeği, şeker pancarı ve yem bitkileri yanında fasulye, nohut, patates ekimleri de yapılmaktadır. Karapınar'da süt inekçiliği ve koyun üretimi yoğun şekilde yapılan ender ilçelerden biridir. Karapınar'da 2159 adet büyükbaş işletmesinde 85.614 adet büyükbaş, 389.583 adet de küçükbaş hayvan bulunmaktadır.
Karapınar ilçesinin arazi yönünden büyük ve küçükbaş üretimi için uygun olduğu, konsantre yem hammaddeleri ve kaba yem üretimi için gerekli tarım arazilerinin bulunduğu, bu arazilerde yeterli miktarlarda kaba yem üretilebildiği, çiftliklerin gerek Selçuk gerekse Necmettin Erbakan üniversiteleriyle ilişkilerinin iyi olduğu, ortak projeler yaptıkları görülmüştür.
Anahtar Kelimeler: Karapınar, tarım, hayvan, mera.

A PERSPECTIVE ON AGRICULTURE AND ANIMAL HUSBANDRY IN KARAPINAR

ABSTRACT
A balanced human diet necessitates the consumption of both plant- and animal-derived foods. For an adult to maintain health, half of the recommended daily protein intake of 70–80 g should be obtained from animal-source foods, which are richer in essential nutrients. Eggs, meat, milk, and dairy products constitute the highest-quality animal protein sources for humans.

Konya is among Türkiye's most prominent provinces in terms of agriculture and animal husbandry. The province encompasses a total area of 4,083,800 ha, including 1,882,068 ha of arable land, 834,219 ha of pastureland, 297,760 ha of fallow land, 643,000 ha of forest, and 717,000 ha of other non-agricultural land. According to 2024 data, Konya hosts 40,619 enterprises managing a total of 909,261 head of cattle—192,930 crossbreds and 716,331 culture breeds—as well as 3,203,620 small ruminants (including Merino sheep, native breeds, and goats) raised across 15,769 enterprises. The Karapınar district of Konya likewise holds national significance with respect to cultivated land and livestock populations. Karapınar covers 293,916 ha in total, consisting of 150,000 ha of farmland, 130,000 ha of meadows and pastures, 2,013 ha of forest, and 11,459 ha of other land. In terms of crop production, barley, wheat, maize, rye, triticale, sunflower, sugar beet, and forage crops are widely cultivated, alongside beans, chickpeas, and potatoes. Karapınar is among the few districts where dairy cattle farming and sheep husbandry are conducted at high intensity. The district comprises 2,159 cattle operations with 85,614 head of cattle and 389,583 small ruminants.
Evidence indicates that Karapınar's land resources are highly suitable for both cattle and small ruminant production; that sufficient agricultural areas are available for the cultivation of both concentrate feed ingredients and roughage; that these lands can produce adequate quantities of roughage; and that local farms maintain robust collaborations with Selçuk University and Necmettin Erbakan University, with which they implement joint projects.
Keywords: Karapınar, agriculture, livestock, pasture.

GİRİŞ

Konya ilinin güneydoğusunda yer alan Karapınar ilçesinde tarım ve hayvancılık kırsal alanın temel dinamiğini oluşturmakta ve stratejik bir rol oynamaktadır (Yılmaz, 2022). Bu bağlamda Konya ili Karapınar ilçesi hem tarım hemde hayvancılık faaliyetleri bakımından çok önemli bir yerdedir. İlçe İç Anadolu bölgesinin tipik karasal iklim özelliklerini taşımakta olup, yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Bu iklim koşulları bölgedeki bitkisel üretim modeli ve hayvancılık faaliyetlerini doğrudan etkilemektedir (Konyalı, 2019). Ancak son yıllarda iklim değişikliği, yeraltı suyu çekilmesi, toprakta tuzlanma ve çölleşme gibi çevresel etkiler bölgedeki üretim kapasitesini tehdit etmektedir (Kılınç, 2024).
İlçenin yüzölçümü yaklaşık olarak 293.916 km^2 olup, tarıma elverişli alan oranı % 65 civarındadır (TÜİK, 2023). Ancak bu arazilerin büyük bir çoğunluğu kireçli, düşük organik madde içeriğine sahip ve tuzlanmaya yatkın, yağmura bağımlı yani kuru topraklardır. Konya ili Karapınar ilçesinde yıllık yağış ortalaması 280-300 kg/m^2 civarındadır (Karakuş ve ark., 2021). Bu yüzden tarımsal üretimde aşırı yeraltı suyu kullanımından dolayı, son yıllarda çok sayıda obruk oluşmuştur (Konya Tarım İl Müdürlüğü, 2024). TÜİK (2024) ve Tarım ve Orman Bakanlığı (2024) verilerine göre, Karapınar'da tarımsal üretim maliyetleri son beş yılda % 75'in üzerinde artarken, kar miktarlarında düşüşler gözlenmiştir. Bu nedenle, bölgenin sürdürülebilir üretim kapasitesinin korunması için yenilikçi, çevreye duyarlı ve ekonomik olarak uygulanabilir çözümler geliştirilmelidir.

Bitkisel Üretim

Karapınar'da yaklaşık olarak toplam 1.370.252 da tarım alanı vardır. Bu alanın % 89,71'i olan 1.229.291 dekar alanda tarım bitkileri, 31.790 dekarda sebze, 3.991 dekar alanda da meyve üretimi yapılmaktadır. Her yıl 105.000 dekar alan nadasa bırakılmaktadır. Tarım alanlarında buğday, arpa ve mısır ekimleri sırasıyla 365.500, 163.000 ve 325.000 dekar alanlarda yapılmaktadır (Tablo 1). Ayrıca Karapınar'da bitkisel üretimde çavdar, tritikale, ayçiçeği, şeker pancarı ve yem bitkileri yanında fasulye, nohut, patates ve havuç ekimleri de yapılmaktadır. Son zamanlarda elma bahçeleri de oluşturulmaya başlanmıştır.

Karapınar'da hayvancılık hızla geliştiği için yonca ve mısır silajı gibi kaba yemlerin fazla miktarlarda ekimleri yapılmaktadır. Bu bitkilerin su ihtiyaçlarının fazla olması en büyük problemlerden biridir. Yeraltı suları hızla azaldığı ve yağışlar az olduğu için, su tüketimi az ve kuraklığa dayanıklı olan nohut, mercimek, arpa, aspir, kekik ve lavanta gibi bitkilerin ekimleri de teşvik edilmelidir. Tablo 1'de ilçede yoğun olarak ekilen bazı ürünler, üretim miktarları ve su ihtiyaçları verilmiştir. Görüldüğü gibi yonca, şeker pancarı ve mısır en çok suya ihtiyaç duyan yem bitkileridir.

Tablo 1. Karapınar'da ekilen tarım ürünleri, üretim miktarları ve su ihtiyaçları

ÜRÜN	EKİM ALANI (dekar)	ÜRETİM (ton)	SU İHTİYACI (kg)
Buğday	365.500	203.878	1800
Arpa	163.000	-	1500
Mısır	325.000	375.349	4500
Mısır silajı	-	307.500	-
Şeker pancarı	210.000	1.611.040	6000
Yonca	82.000	459.200	7000
Havuç	15.000	-	3800
Elma	3.600	-	-

Hayvansal Üretim

Karapınar'da tarım ve hayvancılığın birbirini tamamlaması, bölgesel kalkınma açısından çok önemlidir. Hayvancılığa önem verilen ilçede, özellikle koyun yetiştiriciliği olmak üzere hem küçük hemde büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılmaktadır. Karapınar'da kırsal bölge halkının temel geçim kaynaklarından biri olan özellikle koyun ve keçi yetiştiriciliği yoğun olarak yapılmaktadır. Karapınar küçükbaş yetiştiriciliği yoğun olarak yapılan, Konya'da en çok küçükbaş hayvana sahip olan ender ilçelerden biridir. Karapınar'da bulunan 389.583 adet küçükbaşın yaklaşık olarak 13.500 adeti keçi, geri kalanı da koyundur. İlçede en yaygın koyun ırkı Akkaraman koyunu olup, bölgenin kurak ve sert iklimine yüksek adaptasyon göstermesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca son yıllarda merinos melezi yanında, et verimi yüksek İvesi ve Sakız ırklarının da bazı işletmelerde yetiştirilmeye başlandığı görülmektedir (Karagöz, 2019). Sınırlı oranda yapılan keçi yetiştiriciliğinde ise, genellikle Ankara ve kıl keçisi ırkları tercih edilmektedir. Küçükbaş hayvancılığın temel sorunları arasında mera alanlarının daralması, yem fiatlarının yüksekliği, pazarlama ve fiat istikrarsızlığı, su kaynaklarının azlığı, çoban problemi ve hayvan hastalıklarıyla mücadelede yetersizlik sayılabilir (Karagöz, 2019).

Bölgede büyükbaş hayvancılık genellikle süt inekçiliği şeklinde yapılmaktadır. Ayrıca kırsal bölgelerde aile işletmeciliği şeklinde yapılan hayvancılıkta ortalama hayvan sayısı 10-20 baş arasında değişmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, Karapınar'da süt inekçiliği ve süt üretiminde % 18 düzeyinde artışlar meydana gelmiştir (Aydın ve ark., 2023). Karapınar'da 2159 adet işletmede toplam 85.614 adet Holstein, Simental ve kısmen Montofon ırkı hayvan bulunmaktadır. İlçede süt üretimi yapan büyük işletmelerde çoğunlukla Holstein olmak üzere, melez ineklerde beslenmektedir (Jarshaji, 2019). Önemli sayıda süt ineğine sahip olan ilçede yılda yaklaşık olarak 132.331 ton süt üretilmektedir. Bu sütler entegre tesislerde işlenerek piyasaya sunulmaktadır. Ancak yem fiyatlarının yüksek olması, girdi fiatlarının artması, süt fiatının düşük olması, yetersiz su kaynakları gibi problemler verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca ilçede meralar aşırı otlatma, susuzluk, kuraklık, çölleşme nedeniyle bozulmuştur (Ermetin ve Bayramoğlu, 2010). Meralar tekrar gözden geçirilerek mera ıslah projeleri yapılmalı, kontrollü otlatma yapılmalıdır.

Yem açığını gidermek ve çok su ihtiyacı olan bitkiler yerine korunga, fiğ gibi az su isteyen yem bitkilerin ekim alanları artırılmalıdır. Son dönemde Karapınar Organize Hayvancılık Bölgesinin kurulmasıyla birlikte, ticari ölçekli modern işletme sayısında artış gözlenmiştir (Haber Dairesi, 2024). Türkiye, Konya ve Karapınar'da bulunan büyük ve küçükbaş hayvan sayıları Tablo 2'de verilmiştir. Konya'da toplam 2.792.569 adet küçükbaş hayvan vardır. Karapınar 289.583 adet küçükbaş varlığıyla, Konya'da en fazla küçükbaş hayvan yetiştiren ilçesidir.

Tablo 2. Karapınar ve Konya'da hayvan sayıları

	BÜYÜKBAŞ		**KÜÇÜKBAŞ**	
	Holtein Irkı	**Melez ve Yerli Irk**	**Koyun**	**Keçi**
Karapınar	**55.614**	**30.614**	**375.000**	**14.583**
Konya	**717.331**	**227.507**	**2.338.543**	**454.026**
Türkiye	**8.213.136**	**8.773.123**	**44.080.584**	**10.822.000**

Karapınar'da sınırlı sayıda kanatlı işletmesinde yaklaşık olarak 20.000 civarında kanatlı hayvan bulunmaktadır. Arıcılık ise küçük ölçekli işletmelerde yürütülmektedir. İlçede toplam 1200 civarında olan kovandan, yılda yaklaşık olarak 6 ton bal üretilmektedir.
İlçede hayvancılığın gelişmiş olması beraberinde bazı sorunları da getirmektedir. Bunlardan biride hayvansal atıklardır. Hayvanlardan çıkan atıkların kontrolsüz bir şekilde depolanması, çevreye kontrolsüz atılması, çevre kirliliklerinin oluşmasına yol açmaktadır. Bu yüzden biyogaz tesisleri kurularak, gübrelerin enerji ve organik gübre olarak değerlendirilmesi desteklenmelidir (Demirtaş ve ark., 2023). Korkmaz (2023), biyogaz tesislerinin küçük ölçekli işletmelerde yıllık enerji maliyetini %20 oranında düşürdüğünü bildirmiştir.

Su kaynakları ve Obruklar

Son yıllarda ülkemizde ve Konya'da kar ve yağmur yağışları önemli oranlarda düşmüştür. Konya ilinin yıllık yağış ortalaması yaklaşık olarak 325 kg/m^2 düzeyindedir. Bu rakam Seydişehir'de 731 kg/m^2 iken, Konya'nın en az yağış alan ilçelerinden biri olan Karapınar'da 285 kg/m^2 düzeyindedir (Kaya, 2023).
Karapınar'da sulu tarıma son 30 yılda geçilmiştir. Sulu tarıma geçilmesi, ekilen ürün çeşidinin artması, fazla sayıda yeraltı kuyularının açılması, vahşi sulamanın yapılması, kurak dönemler ve artan su ihtiyacı ilçede su probleminin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Verimin artması su tüketimini de artırarak, yeraltı sularının çekilmesine sebep olmuştur. Aşırı yeraltı suyu kullanımı bölgede toprakların çökmesine, yani obrukların ve tuzlu toprakların oluşma insidansını artırmıştır (Yılmaz, M, 2010). Son yıllarda MTA verilerine göre 360'tan fazla obruk meydana geldiği bildirilmiştir (MTA, 2023). Bu durum hem tarımsal üretim hem de yerleşim güvenliği açısından ciddi bir risk oluşturmaktadır.

Yenilenebilir Enerji ve Çevre Dostu Üretim

Karapınar ve çevresi özellikle güneş ve rüzgar enerjisi yatırımları için uygun bir bölgedir. İlçe yıllık 2800 saat güneş görme süresi ile Türkiye'nin güneş enerjisi için en önemli bölgelerinden biridir. İşletmelere güneş panelleri kurularak elektrik üretilmesi, genel maliyetlerde önemli oranlarda düşüşler sağlar. Yapılan çalışmalarda güneş enerjisi kurulan işletmelerde enerji maliyetlerinde % 60'lar düzeyinde düşmeler olduğu bildirilmiştir. Bu yüzden üretim maliyetlerinin azalması için tarım işletmelerine güneş paneli hibeleri verilmelidir.

Karapınar bölgesine rüzgâr perdeleri, ağaçlandırma kuşakları ve organik madde takviyesi ile toprak verimliliğinde artmalar sağlanabilir. TEMA (2023) verilerine göre, Karapınar'da 1000 hektarlık ağaçlandırma ile rüzgâr erozyonu % 60 oranında azaltılmıştır.

Karapınar'ın Güçlü Yönleri:
Geniş tarım arazilerinin olması,
Yem bitkileri üretimi için yeterli alanların olması,
Küçükbaş hayvan sayısının fazla olması,
Süt inekçiliğinin gelişmiş olması,
Süt işletmelerinin kurulması,
Yenilebilir enerji için ortamın uygun olması,
Üniversitelerle bağlantılar kurularak ortak projelerin yapılması,
Kuruluşlar arasında koordinasyonun olması,

Karapınar'ın Zayıf Yönleri:
Su kaynaklarının azalması,
Çok su isteyen bitkilerin ekimlerinin yapılması,
Obrukların oluşması,
Çölleşme ve toprakta tuzlanmanın olması,

SONUÇ ve ÖNERİLER
Karapınar, geniş tarım arazileri, yoğun küçükbaş hayvan varlığıyla, tarım ve hayvancılık açısından Türkiye'nin önemli üretim merkezlerinden biridir. Ayrıca Karapınar'daki hayvancılık faaliyetleri kırsal yaşamın devamlılığı ve göçün azaltılması açısından önem taşımaktadır. Ancak su kaynaklarının azalması, çölleşme, obruklar ve ekonomik baskılar üretimi doğrudan tehdit etmektedir. Bu sorunlar gözardı edilerek, üretim artışı arayışları kısa vadede ekonomik getiri sağlasa da, orta ve uzun vadede bölgenin tarımsal kapasitesinin düşmesine sebep olacaktır. Bu yüzden suya dayalı planlama, damlama sulama teknolojileri, mera ıslahı, erozyon ve yenilebilir enerji ile tarım gelirlerini ve çeşitlerini artırma stratejileri yapılmalıdır. Bu stratejilerin entegre olarak kullanılması hem verimleri artıracak, hemde üretimin sürdürülebilir olmasına önderlik edecektir. Bu nedenle entegre su yönetimi, düşük su isteyen ürün ekimine geçiş, yenilenebilir enerji kullanımı, kooperatifleşme ve eğitim temelli bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu sebeple;
Vahşi sulamanın önüne geçilmelidir,
Tarımsal alanlardaki topraklarda organik madde oranı artırılmalıdır,
Topraktaki tuz oranları azaltılmalıdır,
Üretimde damlama sulama hatta yer altı sulama sistemleri kullanılmalıdır,
Damlama sulama için destekler verilmelidir,
Tarımsal üretimde suya göre üretim yapılmalıdır,
Ekilen ürün çeşitleri gözden geçirilmelidir,
Çok su isteyen ürünlerin üretimi durdurulmalıdır,
Az su ile üretilen ürünlere öncelik verilmelidir.
Meralar tekrar elden geçirilmelidir,
Mera yönetimi planları oluşturulmalıdır,
Bölgeye uygun mera bitkileri ekilmelidir,
Katma değeri yüksek sebze meyve gibi ürünler teşvik edilmelidir,
Yenilebilir enerji (güneş ve rüzgar) daha efektif kullanılmalıdır,
Yenilebilir enerjiyle üretim maliyetleri düşürülmelidir,
Tarım ve hayvancılık konularında çiftçi eğitimleri yapılmalıdır,

Bölgenin büyükbaş hayvan yetiştiriciliği için uygun olmasından yararlanılarak özellikle genç nesil hayvancılığa yönlendirilmelidir,
Hayvansal atıklar için biyogaz tesisleri kurulmalıdır,
Gübrelerin enerji ve organik gübre olarak değerlendirilmelidir,
Genç girişimcilere destek ve hibeler daha fazla verilmelidir.

KAYNAKLAR

Aydın, H. ve ark. (2023). Konya İli Hayvancılığında Yeni Yönelimler. Ziraat Bilimleri Dergisi, 19 (3), 82–95.

Demirtaş, A. ve ark. (2023). Biyogaz Üretimi ve Döngüsel Ekonomi Yaklaşımı. Tarım Ekonomisi Dergisi, 29 (2), 101–117.

Ermetin, O ve Bayramoğlu, Z. (2010). Konya İlinde Organik Hayvancılık Potansiyeli ve Yaygınlaştırma Olanakları, Ziraat Mühendisliği. Temmuz-Aralık 2010, Sayı: 355.

Haber dairesi. (2024). Karapınar'da Hububat Üretimi ve Fiyatlar.

Jarshaji, ÖHQ ve Zülkadir, U. (2019). Konya ilinde özel bir işletmede yetiştirilen siyah alaca sığırların bazı süt verim özelliklerine ait fenotipik parametre tahminleri. KSO Tarım ve Doğa Dergisi, 22, 162-168.

Karagöz, S. (2019). Konya ili Karapınar ilçesi koyunculuk işletmelerinin yapısal ve yetiştiricilik özellikleri. Tez. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı.

Karakuş, M. ve ark. (2021). Karapınar İlçesinde Tarımsal Üretim ve Kuraklık İlişkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 36(4), 233–242.

Kaya, M. ve ark. (2023). Yağmur Suyu Hasadı ve Tarımsal Su Verimliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.

Kılınç, B. (2024). Sosyolojik bakışla çölleşmenin topluma yansıyan etkileri. Sosyoloji Dergisi, Sayı: 47.

Konyalı, M. (2019). Konya ovasında tarımsal kuraklık analizi. Selçuk Üniversitesi.

Konya İl Tarım Müdürlüğü. (2024). Konya Tarımsal Üretim Değerlendirme Raporu.

Korkmaz, E. (2023). Küçük Ölçekli Hayvancılıkta Biyogaz Kullanımı. Enerji ve Tarım Dergisi.

Mülayim M. (2010). Konya Tarımı (Bitkisel Üretim), Yeni İpek Yolu Dergisi, Konya Kitabı XII. Konya Ticaret Borsası Yayını, Konya.

MTA. (2023). Konya Havzası Obruk ve Yeraltı Suyu İzleme Raporu.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). Konya Tarım ve Hayvancılık Raporu.

TÜİK (2023). Hayvancılık İstatistikleri, Konya ve İlçeleri Raporu.

TÜİK. (2024). Konya Tarımsal Yatırım Rehberi.

Yılmaz, M. (2010). Karapınar Çevresinde Yeraltı Suyu Seviye Değişimlerinin Yaratmış Olduğu Çevre Sorunları. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 2 (2), 145-163.

TEMA Vakfı. (2023). Karapınar Çölleşme İzleme Raporu.

Yılmaz, A. (2022). Kırsal Kalkınmada Hayvancılığın Sosyoekonomik Önemi, Ankara Üniversitesi Yayınları.

FARKLI YUMURTA ÜRETİM SİSTEMLERİNİN YUMURTA KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Ali AYGÜN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü
ORCID: 0000-0002-0546-3034

Öğr. Gör. Dr. Vahdettin SARIYEL
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Meslek Yüksek Okulu, Karapınar
ORCID: 0000-0002-3937-4849

ÖZET
Yumurta yüksek kalitede protein ihtiva etmesi, vitaminler, mineraller ve gerekli doymamış yağ asitleri açısından önemli bir hayvansal protein kaynağı olması ve her yaştan insanın için eşsiz ve dengeli besin maddesi ihtiva etmesinden dolayı önem bir gıda maddesidir. Yumurta üretimi geleneksel kafes sistemi, zenginleştirilmiş kafes sistemi, kuşluklu sistem, kapalı sistem, serbest dolaşımlı sistem ve organik sistemde yapılmaktadır. Yumurta kalite özellikleri olarak yumurta ağırlığı, kabuk temizliği, kabuk mikrobiyal yükü, kabuk kırılma direnci, ak yüksekliği, Haugh birimi, sarı rengi, sarı indeksi, ak ve sarı pH değeri ele alınmaktadır. Avrupa Birliği 2012 yılından itibaren geleneksel kafeste yumurta üretimini yasakladıktan sonra, yumurta üretiminde alternatif sistemelerde yumurta üretimi ön plana çıkmaya başlamıştır. Ülkemizde de 2019 yılında geleneksel kafeste yumurta üretimini yasaklamayı planlamış fakat bü süre 2025 yılına kadar ertelenmiştir. Yumurta kalite özellikleri pek çok faktör tarafından etkilenmektedir. Bu faktörlerden bir tanesi de yumurta üretim sistemleridir. Bu çalışmada, farklı yumurta üretim istemlerinin yumurta kalite özellikllerini nasıl etkilediği ile ilgili bilgiler verilmeye çalışılacaktır.
Anahtar Kelimeler: Kafessiz sistem, organik sistem, yumurta kalitesi, yumurta kabuk mikrobiyal yük.

EFFECT OF DIFFERENT EGG PRODUCTION SYSTEMS ON EGG QUALITY CHARACTERISTICS

ABSTRACT
Eggs are an important food item due to their high-quality protein content, being a significant source of animal protein rich in vitamins, minerals, and essential unsaturated fatty acids, and containing unique and balanced nutrients for people of all ages. Egg production occurs in various systems: traditional cage systems, enriched cage systems, aviary systems, indoor systems, free-range systems, and organic systems. The quality characteristics of eggs include egg weight, shell cleanliness, shell microbial load, egg shell strength, albumen height, Haugh unit, yolk color, yolk index, and the pH values of both albumen and yolk. Since the European Union banned egg production in traditional cages in 2012, alternative systems for egg production have started to gain prominence. In our country, there were plans to ban egg production in traditional cages in 2019, but this has been postponed until 2025. The quality characteristics of eggs are influenced by many factors, one of which is the egg production systems. This study will aim to provide information on how different egg production systems affect egg quality characteristics.
Keywords: Cage-free system, organic system, egg quality, egg shell microbial load.

GİRİŞ

Dünya genelinde yumurta üretimi çoğunlukla geleneksel kafeste yapılmaktadır. Fakat son yıllarda hayvan hakları savunucuları tavukların kapalı ve dar bir alanda yetiştirilmesi ve doğal davranışlarını sergileyemedikleri gerekçesi ile geleneksel kafeste yumurta üretimine karşı çıkmışlardır. Bunun üzerine, Avrupa Birliği devletleri 2012 yılından itibaren geleneksel kafeste yumurta üretimini yasaklamışlar ve alternatif sistemlerde yumurta üretimini teşvik etmişlerdir (Directive, 1999). Buna bağlı olarak, kafes sisteminde barındırılan tavuk sayısında, geleneksel kafese alternatif sistemlere doğru sürekli bir azalma trendi gözlemlenmiştir. Bu değişimlerin dinamikleri ülkeler arasında farklılık gösterse de, Avrupa'da kafes sistemlerinde tutulan tavukların oranı 2010 ile 2015 yılları arasında yaklaşık %10 azalmış, %65.5'ten %56.1'e düşmüştür (Sokołowicz ve ark., 2020).

Geleneksel kafes sistemine alternatif olarak adlandırılan sistemler, zenginleştirilmiş kafes sistemi, aviary sistem, kapalı sistem, serbest dolaşımlı sistem ve organik sistem olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemler, yerleşim sıklığı, hareket olanakları ve doğal davranışları sergileme bakımından farklılıklar göstermektedir.

Geleneksel kafes sistemi: Geleneksel kafes sistemi birim alanda en fazla yumurta üretilen sistemdir (Appleby, 2003). Kümeslerde 12 katlı kafeslere rastlanabilmektedir. Hayvan başı yerleşim sıklığı 400-550 cm^2 olarak değişmektedir (Bayraktar ve ark., 2025) . Ekonomik olarak en ideal yumurta üretim sistemidir. Fakat hayvanların dar bir alanda yetiştirilmesi ve doğal davranışlarını sergileyememeleri neticesinde 1960'lı yıllarda hayvan hakları ile raporlar hazırlanmış ve nihayetinde bazı AB ülkelerinde 2012 yılından itibaren geleneksel kafes sistemlerinde yumurta üretimi yasaklanmıştır (Lewko ve Gornowicz, 2011). Bu kafeslere alternatif olabilecek sistemler önerilmiştir. Alternatif sistemlere geçişin hızlı bir şekilde olması güç olduğundan öncelikle zenginleştirilmiş kafes sisteminde üretim yapılmasının en azından belirli bir süre izin verilmiştir. Ülkemizde de 2019 yılından itibaren geleneksel kafes istemi yasaklanması söz konusu olmuş fakat, bu süre 2025 yılı sonuna kadar ertelenmiş olup, henüz kesin bir karar alınamamıştır.

Zenginleştirilmiş kafes sistemi: Geleneksel kafeslere alternatif olarak dizayn edilen bir kafeste yetiştirme sistemidir. Bu sistem geleneksel kafes sistemine benzeyen fakat hayvanların doğal davranışlarını bir nebze yapabilecekleri ekipmanların eklenmesi ile farklılığı oluşturmaktadır. Bu sistemde, 600 cm^2 kullanılabilir alan olmak üzere hayvan başı 750 cm^2 taban aşnı sağlanmalıdır. Hayvanların kum banyosu yapabilecekleri alan oluşturulmalı, her hayvan için en az 15 cm uzunluğunda tünek sağlanmalıdır (Anonim, 2014).

Aviary (kuşluklu) sistem: Çekme kat sistemi olarakta biline bu sistem, geleneksel kafes sistemine benzese de katlar arasında ve kafes bölmeleri arasında herhangi bir ayrım bulunmamaktadır. Bu sistemler tavuklar kafesler arasında rahatça hareket edebilmektedirler. Bu sistemde katlar arasında geçişi kolaylaştıracak tünek, basamak ve merdiven gibi malzemeler bulunmaktadır. Bu yetiştirme sisteminde yerleşim sıklığı genel olarak metrekarede 25 adet tavuk olarak hesaplanmaktadır (Altan ve Bayraktar, 2024)

Kapalı sistem: Bu sistem, yerde yetiştirme, altlıklı sistem, tünek sistemi ve derin altlıklı sistem olarakta adlandırılmaktadır. Bu sistemde hayvanlar tamamen yerde yetiştirilmektedir. Taban alanında altlık materyali yada ızgaralar olmalıdır. Metrekaredeki hayvan sayısı 9 adeti geçmemelidir. Her hayvan için en az 15 cm tünek uzunluğu hesap edilmelidir. Her 7 adet hayvan için 30 cmx30 cm ölçülerinde folluk bulundurulmalıdır. Oluk tipi yemlikler düşünülüyorsa en az 10 cm, yuvarlak yemlikler düşünülüyorsa en az 4 cm yemlik uzunluğu hesap edilmelidir. Her 10 adet tavuğa en az bir nipel suluk olmalıdır.

Serbest dolaşımlı sistem: Bu yetiştirme sistemi kapalı sistem benzer fakat hayvanların günde en az 8 saat açık alana çıkmalarına müsaade edilmesi gereken bir sistemdir. Diğer bütün gereksinimler aynıdır. Gezinti alanında mutlaka yeşil bitki örtüsü olma zorunluluğu yoktur.

Gezinti alanında yerleşim sıklığı ülkelerde farklılık göstermekle beraber 2-4 adet hayvan/m^2 olarak hesap edilmektedir. Gezinti alanı etrafı ve üstü file ile örtülü olması gerekmektedir.

Organik sistem: Bu yetiştirme sistemi serbest dolaşımlı sistemin biraz daha ileri seviyededir. Kapalı alanda yerleşim sıklığı 6 adet hayvan/m^2 olarak hesap edilmelidir. Gezinti alanında mutlaka yeşil bitki örtüsü olmalıdır. Organik sistemler yalnızca açık hava erişimini değil, aynı zamanda yem bileşimi, yönetim uygulamaları ve hayvan refahı ile ilgili düzenlemelere de sıkı sıkıya bağlı kalmayı gerektirir. Organik sistemlerdeki tavuklar, doğal içeriklerden oluşan sertifikalı organik yemlerle beslenmelidir. Geleneksel ilaçların kullanımı kısıtlanır ve homeopati de dahil olmak üzere alternatif tedavilere öncelik verilir (da Silva Pires ve ark., 2025).

Farklı Yumurta Üretim sistemlerinin Yumurta Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

Yumurta ağırlığı: Yumurta ağırlığı üzerine yetiştirme sistemlerinin etkisi ile ilgili farklı sonuçlar alınmıştır. Serbest dolaşımlı sistemde üretilen yumurtaların ağırlığı, geleneksel kafes sisteminde üretilen yumurtaların ağırlığından daha yüksek olduğu ifade eden çalışmalar mevcuttur (Tůmová ve Ebeid, 2005; Pištěková ve ark., 2006; Alig ve ark., 2023; Baylan ve ark., 2024) . Diğer taraftan, kafes sistemlerinden üretilen yumurtanın kafessiz sistemlerden üretilen yumurtalardan daha ağır olduğu bildirilmiştir (Yakubu ve ark., 2007; Singh ve ark., 2009; Nayak ve ark., 2020). Bunun yanında kafes sistemleri ile alternatif yetiştirme sistemlerinden elde edilen yumurta ağırlıkları bakımından farklılık olmadığı ifade edilmiştir (Zewde ve Kebede, 2022; Işık, 2023). Sistemler arası yumurta ağırlığındaki değişkenlik, besin alımı, tavuk genotipi ve yaştaki farklılıklara bağlanabilir. Yumurta ağırlığının birden fazla faktörlerden etkilendiği görülmektedir ve bu da üretim sistemleriyle ilişkisini tek başına tanımlamayı zorlaştırmaktadır (Pires ve ark., 2021)

Yumurta Şekil indeksi: Yumurta şekil indeksi yumurta genişliği ve uzunluğuna bağlı olarak hesap edilmektedir. İdeal yumurta şekil indeksi %74'tür. Kafes sistemleri ile alternatif sistemler arasında yumurta şekil indeksi bakımından bir farklılık yoktur (Baylan ve ark., 2024).

Yumurta kırılma direnci: Kafes sistemlerinde üretilen yumurta kabuk mukavemeti alternatif sistemlerden üretilen yumurta kabuk mukavemetinden daha yüksektir (Englmaierová ve ark., 2014; Stojanova ve ark., 2016; Vlčková ve ark., 2018; Rodríguez-Hernández ve ark., 2024). Kafes sistemleri ile alternatif sistemlerden elde edilen yumurtaların mukavemeti benzer olduğu ifade edilmiştir (Yang ve ark., 2014; Işık, 2023; Baylan ve ark., 2024). Bu farklılıkların sebebi, kabuk kırılma direnci üzerine sadece yetiştirme sistemi değil bakım-besleme, çevre şartları, yumurta ağırlığı, yumurta üretim yüksekliği ve genotip gibi faktörlerin de etkili olmasındandır.

Yumurta ak yüksekliği: Yumurta ak yüksekliği ak kalitesinin önemli bir özelliğidir. Yapılan bir çalışmada, kafes sistemlerinden elde edilen yumurtaların ak yüksekliği alternatif sistemlerden daha iyi olduğu belirtilmiştir (Rodríguez-Hernández ve ark., 2024)

Yumurta Haugh birimi: Yumurta Haugh birimi, yumurta ak yüksekliği ve yumurta ağırlığına bağlı olarak hesap edilen bir özelliktir (Haugh, 1937). Haugh birimi ne kadar yüksekse yumurta ak kalitesi de o kadar iyidir. Kafes sistemlerinde üretilen yumurtaların Haugh birimi alternatif sistemlerden üretilen yumurtaların Haugh biriminden daha iyi olduğu ifade edilmiştir (Tůmová ve ark., 2011; Sharma ve ark., 2022). Diğer taraftan geleneksel kafes sistemi ile Serbest dolaşımlı sistem arasında istatistiki bir farklılık yoktur (Dedousi ve ark., 2020; Ghanima ve ark., 2020; Işık, 2023; Baylan ve ark., 2024).

Yumurta sarı rengi: Yumurta sarı rengi tüketicilerin en fazla ön planda tuttukları özelliklerdendir. Tüketiciler daha koyu yumurta renkli yumurtaların daha doğal olduğuna inanmaktadır. Yumurta sarı rengi ksantofillerin yumurta sarı rengini vermektedir.

Son yıllarda sentetik olarak üretilmekte ve yemlere belli oranlarda katılarak yumurta sarı renginde istenilen düzenlemeler yapılabilmektedir. Kafes sistemlerinden üretilen yumurtaların sarı rengi ile alternatif sistemlerden elde edilen yumurtaların sarı rengi arasında bir farklılık olmadığı belirtilmiştir (Yang ve ark., 2014; Işık, 2023; Baylan ve ark., 2024).

Yumurta kabuk kalınlığı: Yumurta kabuk kalınlığı, bazı araştırmalara kabuk mukavemeti ile yüksek korelasyon olduğu bildirilmiştir. Alternatif sistemlerden üretilen yumurtaların kabuk kalınlığı kafes sitemlerinden elde edilen yumurtaların kabuk kalınlığından daha kalındır (Yang ve ark., 2014). Diğer taraftan, alternatif sistemler ile kafes sistemler arasında yumurta kabuk kalınlığı bakımından bir farklık olmamıştır (Baylan ve ark., 2024).

Yumurta kabuk mikrobiyal yük: Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliğine göre yumurta üzerinde yabancı bir madde bulunması halinde kirli yumurta olarak adlandırılmaktadır. Bu yumurtaların satılması yasaktır. Yumurta üzerinde genel olarak dışkı bulaşması en fazla olmakta ve mikrobiyal bulaşmalara sebep olmaktadır. Yumurtaların üzerinde dışkı bulunması durumunda tüketilmemelidir. Işık (2023), serbest dolaşımlı sistemde üretilen yumurtaların toplam bakteri yükünün zenginleştirilmiş kafes sisteminde üretilen yumurtalardan daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, genel olarak alternatif sistemlerde üretilen yumurtaların kabuk mikrobiyal yükü kafes sistemlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (Vlčková ve ark., 2018; Sharma ve ark., 2022).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı yumurta üretim sistemlerinin yumurta kalite özellikleri üzerine etkisi ile farklı sonuçlar elde edilmiştir. Farklı sonuçların elde edilmesinin sebebi yumurta kalite özellikleri üzerine sadece üretim sistemlerinin değil genotip, çevre şartları, yaş ve besleme gibi faktörlerin de etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında, yumurta kabuk kirliliği bir diğer deyişle kabuk mikrobiyal yük alternatif sistemlerde daha yüksek olmakta ve bu da tüketim açısından olumsuzluklar oluşturmaktadır. Bu yumurtaların uygun şartlarda depolanmadığı taktirde zararlarının daha da katlanacağı aşikardır. Sonuç olarak, yumurta tercihinin üretim sistemlerine göre değil, yumurtanın kirliliğine göre yapılmasının daha uygun olacağı aşikardır.

KAYNAKLAR

Alig, BN., Malheiros, RD, Anderson, KE. 2023. Evaluation of physical egg quality parameters of commercial brown laying hens housed in five production systems, *Animals*, 13, (4), 716.

Altan, A, Bayraktar, ÖH, 2024. Kümesler ve Donanımları. In: Tavukçuluk Bilimi, yetiştirme, besleme, hastalıklar. Editörler Sarıca M, Türkoğlu M. Ankara/Türkiye: 1. Elektronik Basım, sayfa. 167-201.

Anonim, (2014). Çiftlik Hayvanlarının Refahına İlişkin Genel Hükümler Hakkında Yönetmelik. Gıda tvHB. Ankara, Türkiye, T.C. resmi Gazete. **29183:** 3.

Appleby, MC. 2003. The European Union ban on conventional cages for laying hens: History and prospects, *Journal of applied animal welfare science*, 6, (2), 103-121.

Baylan, M., Kursun, K., Abdallah, N., Celik, L., Yenilmez, F, Kutay, H. 2024. The effect of housing systems on the growth, egg production, overall egg weight and egg quality traits of a new Turkish laying hen hybrid, Akbay, *Braz J Poult Sci*, 26, (3), eRBCA-2024-1924.

Bayraktar, Öh., Yıldırım, İ, Aygün, A, 2025. Tavukçulukta Kümesler ve Donanımlar. In: Kanatlı Hayvan Yetiştirme. Editörler Özkan S, Yalçın S. Ankara, Türkiye: Akademisyen Kitabevi, sayfa. 153-192.

da Silva Pires, PG., Cardinal, KM., dos Santos, BRC, Peripolli, V. 2025. The impact of laying hen housing systems on egg production, egg quality, and intestinal microbiota of the hens, *CABI Reviews*, 20, (1), 0060.

Dedousi, A., Stojčić, MĐ, Sossidou, E. 2020. Effects of housing systems on keel bone damage and egg quality of laying hens, *Vet Res Forum*, 11, (4), 299-304.

Directive, E. 1999. Council Directive 99/74/EC of 19 July 1999 laying down minimum standards for the protection of laying hens, *Official journal of the European Communities*, 203, 53-57.

Englmaierová, M., Tůmová, E., Charvátová, V, Skřivan, M. 2014. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination, *Yeast*, 15, 0.

Ghanima, MMA., Alagawany, M., Abd El-Hack, ME., Taha, A., Elnesr, SS., Ajarem, J,. Mahmoud, AM. 2020. Consequences of various housing systems and dietary supplementation of thymol, carvacrol, and euganol on performance, egg quality, blood chemistry, and antioxidant parameters, *Poult Sci*, 99, (9), 4384-4397.

Haugh, RR. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality, *The US Egg Poultry Magazine*, 43, 522-573.

Işık, Ş, 2023. Farklı Sistemlerde Yetiştirilen Yumurta Tavuklarının Yumurta Verimi, Yumurta Kalitesi, Kabuk Mikrobiyal Yükü ve Ekonomik Analiz Yönünden Karşılaştırması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Lewko, L, Gornowicz, E. 2011. Effect of housing system on egg quality in laying hens, *Ann Anim Sci*, 11, (4), 607-611.

Nayak, Y., Samantaray, BP., Biswal, L, Nayak, Y. 2020. Effect of rearing system in production performance and egg quality characteristics of vanaraja layers (Gallus Gallus domesticus), *International Journal of Modern Agriculture*, 9, (4), 332-341.

Pires, PGD., Bavaresco, C., Prato, BS., Wirth, ML, Moraes, PD. 2021. The relationship between egg quality and hen housing systems-A systematic review, *LIVESTOCK SCIENCE*, 250. doi 10.1016/j.livsci.2021.104597

Pištěková, V., Hovorka, M., Večerek, V., Strakova, E, Suchý, P. 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system, *Czech J Anim Sci*, 51, (7), 318-325.

Rodríguez-Hernández, R., Rondón-Barragán, IS, Oviedo-Rondón, EO. 2024. Egg quality, yolk fatty acid profiles from laying hens housed in conventional cage and cage-free production systems in the andean tropics, *Animals*, 14, (1), 168.

Sharma, MK., McDaniel, CD., Kiess, AS., Loar II, RE, Adhikari, P. 2022. Effect of housing environment and hen strain on egg production and egg quality as well as cloacal and eggshell microbiology in laying hens, *Poult Sci*, 101, (2), 101595. doi https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101595

Singh, R., Cheng, K, Silversides, F. 2009. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens, *Poult Sci*, 88, (2), 256-264.

Sokołowicz, Z., Dykiel, M., Topczewska, J., Krawczyk, J, Augustyńska-Prejsnar, A. 2020. The effect of the type of non-caged housing system, genotype and age on the behaviour of laying hens, *Animals*, 10, (12), 2450.

Stojanova, M., Kocevski, D., Vukovic, V, Porcu, K. 2016. Comparison of qualitative properties of eggs from hens reared in battery cages and free range system, *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 9, (6), 77-83.

Tůmová, E, Ebeid, T. 2005. Effect of time of oviposition on egg quality characteristics in cages and in a litter housing system, *Czech J Anim Sci*, 50, (3), 129-134.

Tůmová, E., Englmaierova, M., Ledvinka, Z, Charvatova. 2011. Interaction between housing system and genotype in relation to internal and external egg quality parameters, *Czech J Anim Sci*, 56, (11), 490-498.

Vlčková, J., Tůmová, E., Ketta, M., Englmaierová, M, Chodová, D. 2018. Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs, *Czech J Anim Sci*, 63, (2), 51-60.

Yakubu, A., Salako, A, Ige, A. 2007. Effects of genotype and housing system on the laying performance of chickens in different seasons in the semi-humid tropics, *Int J Poult Sci*, 6, (6), 434-439.

Yang, H., Yang, Z., Wang, W., Wang, Z., Sun, H., Ju, X, Qi, X. 2014. Effects of different housing systems on visceral organs, serum biochemical proportions, immune performance and egg quality of laying hens, *Eur Poultry Sci*, 78, 1-9.

Zewde, MM, Kebede, E, 2022. Comparative evaluation of deep-litter and cage housing systems on egg production and quality, hematological parameters, and serum metabolites of white leghorn layers, Haramaya University.

HAYVANSAL ÜRETİMDE BAKTERİYEL ENFEKSİYONLARIN VERİM KAYBI VE HAYVAN REFAHI ÜZERİNE ETKİLERİ

Onur ERZURUM
Karapınar Aydoganlar Vocational School Veterinary Department, Selcuk University
ORCID: 0000-0001-7074-8573

Gokcenur SANIOGLU GOLEN
Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Aksaray University
ORCID: 0000-0001-9950-330X

ÖZET
Hayvansal üretimde bakteriyel enfeksiyonlar, yalnızca ekonomik verim kayıplarına değil, aynı zamanda hayvan refahında önemli sorunlara da neden olmaktadır. Enfeksiyonlara bağlı olarak ortaya çıkan ağrı, ateş, iştahsızlık, halsizlik, davranış değişiklikleri hayvanların fizyolojik halini olumsuz etkiler. Ayrıca hayvan refahının düşmesi ve stresin artması sekonder bakteriyel viral ve paraziter enfeksiyonlara predispoze kılar. Özellikle *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida* ve *Brucella abortus* gibi bakteriyel etkenler; mastitis, solunum yolu enfeksiyonları ve üreme sistemi hastalıklarına yol açarak süt verimi, büyüme performansı ve döl veriminde belirgin düşüşlere neden olmaktadır. Bu durum, hem üretim sistemlerinin ekonomik sürdürülebilirliğini zayıflatmakta hem de hayvanların yaşam kalitesini azaltmaktadır.
Bakteriyel enfeksiyonlar sonucu gelişen ağrı ve rahatsızlık, davranışsal stres göstergelerinde artışa neden olur. Uzun süreli veya kronik enfeksiyonlar immun sistemi baskılayarak hayvanın çevresel stres faktörlerine karşı direncini düşürür. Bu süreçte refah düzeyi azalan hayvanlarda iyileşme süresi uzamakta, tedavi etkinliği düşmekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır.
Hayvan refahını korumak üretim verimliliğinin sürdürülebilir olmasının da temel koşuludur. Bu nedenle enfeksiyonların önlenmesi ve kontrolü için biyogüvenlik uygulamaları, uygun barınak koşulları, stres azaltıcı çevresel düzenlemeler, düzenli sağlık kontrolleri ve aşı programları büyük önem taşımaktadır. Enfeksiyonların etkin şekilde yönetilmesi hem verim kayıplarını azaltmakta hem de yüksek refah standartlarının korunmasına katkı sağlamaktadır.
Anahtar Kelimeler: Bakteriyel Enfeksiyonlar, Hayvansal Üretim, Mastitis, Refah

THE EFFECTS OF BACTERIAL INFECTIONS IN ANIMAL PRODUCTION ON YIELD LOSS AND ANIMAL WELFARE

ABSTRACT
Bacterial infections in animal production not only cause economic yield losses but also seriously impair animal welfare. Pain, fever, loss of appetite, lethargy, behavioral changes, and reduced social interaction resulting from infections negatively affect both the physiological and psychological well-being of animals. Additionally, decreased animal welfare and increased stress predispose animals to seconder bacterial, viral, and parasitic:infections. Bacterial pathogens such as *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli*, *Pasteurella multocida*, and *Brucella abortus* commonly cause mastitis, respiratory infections, and reproductive system diseases. These conditions lead to marked declines in milk yield, growth performance, and fertility, thereby undermining the economic sustainability of production systems and diminishing animals' quality of life.

Pain and discomfort caused by bacterial infections increase behavioral stress indicators such as changes in posture, reduced feed intake, and social withdrawal. Chronic or long-term infections suppress the immune system, lowering the animal's resistance to environmental stressors. As a result, animals with compromised welfare experience longer recovery times, decreased treatment efficacy, and an elevated risk of reinfection.
Protecting animal welfare is not only an ethical responsibility but also a fundamental requirement for sustainable production efficiency. Therefore, biosecurity measures, appropriate housing conditions, stress-reducing environmental modifications, routine health monitoring, and vaccination programs are essential for the prevention and control of infections. Effective infection management reduces production losses while helping maintain high welfare standards.
Keywords: Animal Production, Animal Welfare, Bacterial Infections, Mastitis

INTRODUCTION

Bacterial infections cause economic losses in production systems both by affecting physiological processes and through disease, mortality, and control costs. After adhesion to the host, pathogens invade by secreting toxins and enzymes, disrupting normal physiological functions. (Magnusson et al., 2022). Therefore, the presence of infection is more than just a medical condition. The stress caused by infection is the interaction between factors and the body's defense responses. The occurrence of bacterial disease symptoms not only varies medically, but also provides information about the animal's mental state, physical condition, and immune capacity (Bengtsson & Greko, 2014, Magnusson et al., 2022).
Antimicrobial resistance (AMR) is one of the most serious threats in modern animal health and the management of disease and animal welfare has raised a bar for safety. As antibiotics become less effective, infections no longer follow patterns we have seen for several decades. They have become established, using the same bacteria that continue to fail at controlling disease and worse, power infection to a point where they increasingly become invasive, severe, or erratic. Resistant bacteria have the ability to improve their chances for survival by implementing a multitude of adaptive strategies. Many can form dense and resilient biofilms that can take the energy out of antibiotics and immunology trying to be effective. Others have essential genotypes that confer a virulence and allow them to persist in sustained conditions of antimicrobial resistance (Bengtsson & Greko, 2014). Pathogenic bacteria such as MRSA, multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* and carbapenemase
Compounding this situation is the increase in antibiotic resistance. Infections become increasingly difficult to treat, taking longer to heal, finding their way deeper into the tissues, and responding less consistently. Host gut and animal welfare are impaired even more (Niemi, 2021). Continuous microbiological control in sustainable animal husbandry is important to determine how it affects herd health, productivity, and welfare (Li et al., 2023).

The Effects of Bacterial Infections on Animal Welfare

Bacterial infections can disrupt normal physiological processes, predisposing animals to secondary infections. Some significant pathogens include *Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae, Escherichia coli*, *Pasteurella multocida* and *Brucella abortus*. These are defined in relation to mastitis, respiratory diseases, and reproductive diseases (Robi et al., 2024).

Bacterial infections cause significant financial losses and disrupt the biological mechanisms that affect animal welfare. Pathogens employ a variety of strategies once the host is infected, including adhesion to tissues, toxin production, immune system activation, and changes to normal physiological function (Magnusson et al., 2022). Therefore, the pathogenesis of the infection affects the animal's immune system and causes a stress response.

The growth of antibiotic resistance complicates matters. As options for treatment become more limited, infections tend to last longer, invade more profoundly, and show variable responses to treatment. This increases biological suffering but also makes the control of disease more difficult. Bacterial diseases can increase mortality rates from calf deaths, and respiratory disease (Waller et al 2023).

Measuring animal welfare is regarded as the starting point for improving conditions in shelters and the welfare of animals, as well as potential benefits for animal health and the use of antimicrobials. Literature suggests that efforts to improve animal welfare and animal health may provide opportunities to rationalize the use of antimicrobials (Düpjan& Dawkins 2022, Nielsen et al 2021).

Infectious bacterial infections, in particular, can negatively impact animal welfare in many ways. For example, acute pathogens caused by the infectious agent can reduce the individual's comfort and manifest as clinical signs such as fever, lethargy, and diarrhea. In addition, weight loss and general ill health can have long-term effects, as they can place the animal lower in the hierarchy within the herd (Zhang et al 2021). Disease control measures applied to the shelter population can also lead to a decrease in animal welfare by causing a lack of social interaction. For example, management practices such as separating the dam and her offspring to limit postpartum transmission risk may themselves create welfare concerns (Nielsen et al., 2021).

One of the ongoing problems in modern livestock production is the high incidence of bacterial infections in calves (El-Seedy et al., 2016). Bacterial infections weaken the respiratory, digestive, and immune systems, leading to increased mortality and morbidity in young animals. This situation increases treatment costs and reduces productivity (El-Seedy et al., 2016). Identifying the pathogens causing the infection and implementing control measures based on clinical and subclinical findings are necessary to protect animal welfare (Cho & Yoon, 2014).

Nielsen et al. (2021) introduced the “pain score,” a model that combines the severity, duration, and prevalence of infections under a single assessment criterion. Low pain was therefore defined as a pain score between 0 and 30, and high pain was defined as a score between 31 and 100. This model allows researchers to quantitatively measure toxin release, immune-mediated tissue damage, and the biological burden created by diseases. A clear example is the chronic granulomatous inflammation associated with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. In affected cattle, chronic malabsorption causes progressive weight loss and persistent diarrhea. It leads to a continuous, gradual but persistent biological distress. Such cases demonstrate that the loss of welfare in animals is not solely due to infection, but stems from the persistence of the disease process.

Antimicrobial Resistance and Welfare Loss

Bacterial loads increase, infections persist, and diseases may become more invasive or unpredictable when antimicrobial treatments are no longer effective. According to Bengtsson and Greko (2014), resistant bacterial strains frequently develop more durable biofilms or possess virulence traits that enable them to endure the effects of antibiotics.

Pathogens that can cause chronic disease and long-term inflammation, including MRSA, multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*, and *Enterobacteriaceae* that produce carbapenemase, are especially concerning because they can seriously jeopardize animal welfare. Animals may experience protracted episodes of fever, pain, anorexia, and systemic inflammation when all other treatment options have been exhausted. This makes resistant infections not only a therapeutic challenge but also a serious welfare concern (Bengtsson & Greko, 2014; Düpjan & Dawkins, 2022; Nielsen et al., 2021).

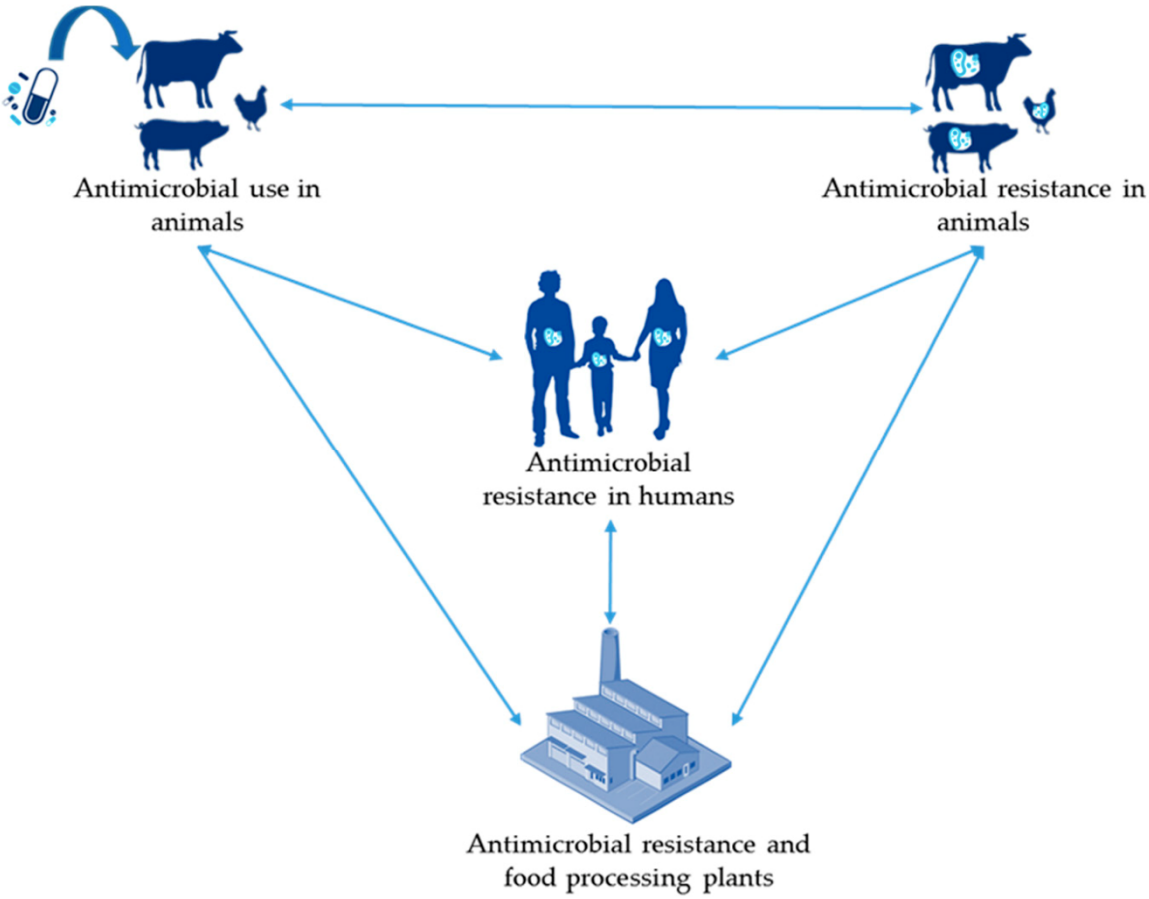


Figure 1. The connections between different data areas identified in the relationship between antimicrobial drug use in the food chain and in humans and antimicrobial resistance (Bennani et al., 2020).

Measuring Welfare and Its Relationship With Antimicrobial Use

There is an association between use of antimicrobials in the food production chain and the development of resistance in animals, however; the actual contribution of resistance to the human burden of AMR is not known (Figure 1). (Bennani et al., 2020). The importance of continuing to improve One Health-based surveillance. Düpjan and Dawkins (2022) pointed out the strong interrelationship of welfare, stress, emotional state, composition of the microbiota, and immune system function. Chronic stress leads to elevated cortisol levels that inhibit macrophage and neutrophil function, disrupt cytokine homeostasis, and compromise gut barrier integrity. All of these physiological pathways increase risk for pathogen invasion. In addition, shifts in the microbiota related to stress response, especially the decreased abundance of *Lactobacillus* species and increased abundance of *Enterobacteriaceae*, further increase risk.

Alternatively, management practices that are welfare-based can enhance immune resilience. Environmental enrichment can facilitate retaining gut and mucosal immunity by helping to moderate stress-induced microbia imbalance. Stable social environments can decrease the degree of suppression of immune cells necessary for immune function (T-cells, dendritic cells, etc.) caused by cortisol. Cognitive enrichment can help fulfill behavioral needs and improve immune function. With appropriate stress management practices combined, we can enhance T-cell responses, moderate cytokine activity, and ultimately lead to more benign outcomes in disease and disease resistance. (Düpjan & Dawkins, 2022; Derunets et al., 2024).

RESULTS

In conclusions, the results suggest that infectious disease antimicrobial resistance, and animal welfare are all part of a closely integrated system. Increasing resistance prolongs infection and negatively effects clinical outcomes, which increase the biological suffering caused by infection. At the same time, insufficient welfare is a compromise of immunology, increases susceptibility to disease, and results in increased intended antimicrobial use. In turn, more antimicrobials leads to increased resistance. Conversely, more welfare leads to decreased infection pressure and lower intended antimicrobial use, suggesting that welfare improvements can aid in the abatement of AMR.

In general, the control of infectious disease in livestock has to take an interdisciplinary view; the disease is not only about the pathogen itself, but knowledge of what is happening with host physiology, welfare science, environmental management, and resistance ecology. Accurate assessment of the biological burden of disease to capture all of the ways resistance modifies a disease interaction, and the link between welfare and immunity, defines the scientific foundation for developing sustainable and resilient livestock production systems.

REFERENCES

Bengtsson, B., & Greko, C. (2014). Antibiotic resistance—consequences for animal health, welfare, and food production. *Upsala journal of medical sciences*, *119*(2), 96-102.

Bennani, H., Mateus, A., Mays, N., Eastmure, E., Stärk, K. D., & Häsler, B. (2020). Overview of evidence of antimicrobial use and antimicrobial resistance in the food chain. *Antibiotics*, *9*(2), 49.

Cho, Y. I., & Yoon, K. J. (2014). An overview of calf diarrhea-infectious etiology, diagnosis, and intervention. *Journal of veterinary science*, *15*(1), 1.

Derunets, A. S., Selimzyanova, A. I., Rykov, S. V., Kuznetsov, A. E., & Berezina, O. V. (2024). Strategies to enhance stress tolerance in lactic acid bacteria across diverse stress conditions. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *40*(4), 126.

Düpjan, S., & Dawkins, M. S. (2022). Animal welfare and resistance to disease: interaction of affective states and the immune system. *Frontiers in veterinary science*, *9*, 929805.

El-Seedy, F. R., Abed, A. H., Yanni, H. A., & Abd El-Rahman, S. A. A. (2016). Prevalence of Salmonella and E. coli in neonatal diarrheic calves. *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences*, *5*(1), 45-51.

Li, B., Wang, Y., Rong, L., & Zheng, W. (2023). Research progress on animal environment and welfare. *Animal Research and One Health*, *1*(1), 78-91.

Magnusson, U., Boqvist, S., Doyle, R., & Robinson, T. (2022). Animal health and welfare for sustainable livestock systems.

Nielsen, S. S., Houe, H., Denwood, M., Nielsen, L. R., Forkman, B., Otten, N. D., & Agger, J. F. (2021). Application of methods to assess animal welfare and suffering caused by infectious diseases in cattle and swine populations. *Animals*, *11*(11), 3017.

Niemi, J. K. (2021). The economic cost of bacterial infections. *Advancements and technologies in pig and poultry bacterial disease control*, 1-23.

Robi, D. T., Mossie, T., & Temteme, S. (2024). A comprehensive review of the common bacterial infections in dairy calves and advanced strategies for health management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 1-14.

Waller, K. P., Lundberg, Å., Börjesson, S., & Nyman, A. K. (2023). Intramammary infections and risk factors in freshly calved heifers in Swedish dairy herds. *Journal of Dairy Science*, *106*(11), 7893-7907.

Zhang, X., Zhang, Z., Shu, Q., Xu, C., Zheng, Q., Guo, Z., ... & Lu, C. (2021). Copper clusters: an effective antibacterial for eradicating multidrug-resistant bacterial infection in vitro and in vivo. *Advanced Functional Materials*, *31*(14), 2008720.

YUMURTA KABUK RENGİNİN YUMURTA KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Öğr. Gör. Dr. Vahdettin SARIYEL
Selçuk Üniversitesi, Karapınar Meslek Yüksek Okulu
ORCID: 0000-0002-3937-4849

Prof. Dr. Ali AYGÜN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü
ORCID: 0000-0002-0546-3034

ÖZET
Yumurta, biyolojik değeri 100 olarak kabul edilen, kaliteli protein ihtiva etmesi, vitaminler, mineraller ve gerekli doymamış yağ asitleri açısından önemli bir hayvansal protein kaynağıdır. Yumurta kalitesi, genel olarak yumurta ağırlığı, kabuk temizliği, kabuk mikrobiyal yükü, kabuk kırılma direnci, ak yüksekliği, ak indeksi, Haugh birimi, sarı rengi, sarı indeksi, ak pH ve sarı pH değeri gibi özelliklerle tanımlanmaktadır. Yumurta kalitesi pek çok faktörden etkilenebilmektedir. Bu faktörlerden birisi de yumurta kabuk rengidir. Bununla birlikte, yumurta kabuk rengi yumurta kabuğundaki pigment birikimi, yumurta üretim sistemi, tavuk yaşı, tavuk genotipi, beslenme, stres faktörleri ve hastalıklarda etkilenmektedir. Yumurta kabuk rengi, birkaç pigment tarafından oluşturulmakta ve bu pigmentlerin varlığı ile yoğunluğuna göre kabuk rengi oluşmaktadır. Yumurta kabuk rengi maddelerden nemlilerden protoporphyrin-IX ve biliverdin-IX pigmentleri yer almaktadır. Bunun yanında yumurta kabuk renginin kalıtsal olduğu bir çok çalışmada ifade edilmiştir. Farklı ülkelerde yumurta kabuk rengi, tüketicilerin tercihleri açısından farklılık göstermektedir. Ülkemizde de tüketiciler arasında yumurta kabuk rengi, önemli bir tercih sebebi olmaktadır. Ülkemizde kahverengi kabuklu yumurtalar daha fazla tercih edilmektedir. Portekiz ve İtalya'daki tüketiciler kahverengi kabuklu yumurtaları tercih ederken Almanya, Hollanda ve İspanya'da hem beyaz kabuklu yumurtlar hem de kahverengi kabuklu yumurtalar tercih edilmektedir. Bu çalışmada, farklı kabuk rengine ait yumurtaların yumurta kalite özelliklerini nasıl ve ne derecede etkilediği açıklanmaya çalışılacaktır. Bununla birlikte, tüketicilerin tercih sebeplerinin değerlendirilmesi de bilimsel çerçevede tartışılacaktır.
Anahtar Kelimeler: Kabuk rengi, yumurta, kalite, mikrobiyal yük, Haugh birimi.

EFFECT OF EGG SHELL COLOR ON EGG QUALITY

ABSTRACT
Eggs are an important source of animal protein, with a biological value of 100, containing high-quality protein, vitamins, minerals, and essential unsaturated fatty acids. Egg quality is generally defined by characteristics such as egg weight, shell cleanliness, shell microbial load, egg shell strength, albumen height, albumen index, Haugh unit, yolk color, yolk index, albumen pH, and yolk pH. Egg quality can be affected by many factors, including egg shell color. Egg shell color is influenced by pigment accumulation in the egg shell, egg production system, hen age, hen genotype, nutrition, stress factors, and diseases. Egg shell color is formed by several pigments, and shell color is determined by the presence and concentration of these pigments. Protoporphyrin-IX and biliverdin-IX are two of the pigments responsible for egg shell color. Furthermore, many studies have shown that egg shell color is hereditary. Consumer preferences for egg shell color vary across countries. In Turkey, egg shell color is a significant factor in consumer preferences. In our country, brown-shelled eggs are more preferred.

Consumers in Portugal and Italy prefer brown-shelled eggs, while in Germany, the Netherlands, and Spain, both white-shelled and brown-shelled eggs are preferred. This study will attempt to explain how and to what extent different shell colors affect egg quality characteristics. Furthermore, the reasons for consumer preferences will be evaluated within a scientific framework.
Keywords: Egg Shell color, egg, quality, microbial load, Haugh unit.

GİRİŞ

Yumurta, biyolojik değeri 100 olarak kabul edilen, kaliteli protein ihtiva etmesi, vitaminler, mineraller ve gerekli doymamış yağ asitleri açısından önemli bir hayvansal protein kaynağıdır. Yumurta kalitesi, genel olarak yumurta ağırlığı, kabuk temizliği, kabuk mikrobiyal yükü, kabuk kırılma direnci, ak yüksekliği, ak indeksi, Haugh birimi, sarı rengi, sarı indeksi, ak pH ve sarı pH değeri gibi özelliklerle tanımlanmaktadır. Yumurta kalitesi pek çok faktörden etkilenebilmektedir. Bu faktörlerden birisi de yumurta kabuk rengidir. Bununla birlikte, yumurta kabuk rengi yumurta kabuğundaki pigment birikimi, yumurta üretim sistemi, tavuk yaşı, tavuk genotipi, beslenme, stres faktörleri ve hastalıklarda etkilenmektedir.

Yumurta kabuk rengi, birkaç pigment tarafından oluşturulmakta ve bu pigmentlerin varlığı ile yoğunluğuna göre kabuk rengi oluşmaktadır. Yumurta kabuk rengi maddelerden önemlilerden protoporfirin-IX ve biliverdin-IX pigmentleri yer almaktadır (Kennedy ve Vevers, 1976). Kahverengi kabuklu yumurtalar nispeten büyük miktarlarda protoporfirin-IX ve nispeten az miktarda biliverdin-IX içerir (Kennedy ve Vevers, 1976; Schwartz ve ark., 1980; Wang ve ark., 2009a)

Hem biliverdin hem de protoporfirin, yumurta kanalının kabuk bezinde sentezlenir ve daha sonra aynı anda yumurta kabuğuna biriktirilir (Wang ve ark., 2007). Mavi veya yeşil kabuklu yumurtalarda biliverdin ve biliverdin çinko şelatının oranı daha yüksekken, kahverengi kabuklu yumurtalarda protoporfirin baskındır (Zhao ve ark., 2006). Bu maddelerin yokluğu veya çok düşük miktarları, beyaz kabuklu yumurtalar için karakteristiktir. Belirli maddeler arasındaki tüm ilişkiler genetik olarak belirlenir (Drabik ve ark., 2021). Pigment birikiminin derecesi, yumurta üretim sistemi, tavuk yaşı, genotip, beslenme, stres faktörleri ve hastalıklardan etkilenmektedir (Samiullah ve ark., 2015).

Farklı ülkelerde yumurta kabuk rengi, tüketicilerin tercihleri açısından farklılık göstermektedir. Ülkemizde de tüketiciler arasında yumurta kabuk rengi, önemli bir tercih sebebi olmaktadır. Ülkemizde kahverengi kabuklu yumurtalar daha fazla tercih edilmektedir. Portekiz ve İtalya'daki tüketiciler kahverengi kabuklu yumurtaları tercih ederken Almanya, Hollanda ve İspanya'da hem beyaz kabuklu yumurtlar hem de kahverengi kabuklu yumurtalar tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, kahverengi, beyaz ve mavi kabuklu yumurtaların yumurta kalitesi ve kolesterol yönünden karşılaştırılması yapılacaktır.

Yumurta kabuk renginin yumurta kalite özellikleri üzerine etkileri

Yumurta ağırlığı: Yumurta ağırlığı genotip ve canlı ağırlığıyla yüksek oranda ilişkilidir. Tüketicilerin daha ağır yumurta tercihi ön plandadır. Yumurta kabuk rengi yumurta ağırlığını önemli derecede etkilemiştir (Drabik ve ark., 2021). Gu ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtaların beyaz kabuklu yumurtalardan daha ağır olduğunu belirtmişlerdir. Soria ve ark. (2013)yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtlar beyaz kabuklu yumurtalara göre daha ağır olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Sujiwo ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtalar mavi kabuklu yumurtalardan daha ağır olduğunu belirtmişlerdir.

Yumurta şekil indeksi: Yumurta şekil indeksi yumurta genişliği ve uzunluğuna bağlı olarak hesap edilmektedir. İdeal yumurtanın şekil indeksi %74'tür. Kahverengi kabuklu yumurtaların şekil indeksi mavi ve beyaz kabuklu yumurtalara göre daha yüksek yani daha yuvarlak olduğu görülmüştür.

Yumurta özgül ağırlık: Yumurta özgül ağırlık bir cm^3 birim yumurtanın g cinsinden ağırlığıdır. Kaliteli ve taze bir yumurtanın özgül ağırlığı 1.085-1.095 g/cm^3. Yumurta özgül ağırlığı ile kabuk kırılma direnci arasında yüksek korelasyon vardır. Yumurta özgül ağırlık bakımından mavi kabuklu, kahverengi kabuklu ve beyaz kabuklu yumurtlar arasında bir farklılık olmadığı ifade edilmiştir (Drabik ve ark., 2021).

Yumurta kırılma direnci: Yumurta kabuk kırılma direnci yumurtaların toplanması, taşınması, depolanması ve satış sürecinde yüksek olması istenir. Drabik ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtalar mavi ve beyaz kabuklu yumurtalara oranla daha sağlam olduklarını belirtmişlerdir. Bunun yanında, koyu kahverengi ve açık kahverengi kabuklu yumurtalar arasında kabuk kırılma direnci bakımından farklılık olmadığı ifade edilmiştir (Baylan ve ark., 2017). Gu ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada, mor kabuklu yumurtaların kabuk kırılma direnci beyaz kabuklu yumurtaların kabuk kırılma direncinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Haugh birimi: Yumurta Haugh birimi, yumurta ak yüksekliği ve yumurta ağırlığına bağlı olarak hesap edilen bir özelliktir (Haugh, 1937). Haugh birimi ne kadar yüksekse yumurta ak kalitesi de o kadar iyidir. Haugh birimi bakımından mavi kabuklu, kahverengi kabuklu ve beyaz kabuklu yumurtlar arasında bir farklılık olmadığı ifade edilmiştir (Drabik ve ark., 2021). Gu ve ark. (2025) yaptıkları çalışmada, mor kabuklu yumurtaların Haugh birimi beyaz kabuklu ve kahverengi kabuklu yumurtaların Haugh biriminden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Sujiwo ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtalarla mavi kabuklu yumurtlar arasında Haugh birimi bakımından farklılık olmadığını ifade etmişlerdir.

Yumurta sarı rengi: Yumurta sarı rengi tüketicilerin en fazla ön planda tuttukları özelliklerdendir. Tüketiciler daha koyu yumurta renkli yumurtaların daha doğal olduğuna inanmaktadır. Yumurta sarı rengi ksantofillerin yumurta sarı rengini vermektedir. Son yıllarda sentetik olarak üretilmekte ve yemlere belli oranlarda katılarak yumurta sarı renginde istenilen düzenlemeler yapılabilmektedir.

Yumurta sarı rengi bakımından mavi kabuklu, kahverengi kabuklu ve beyaz kabuklu yumurtlar arasında bir farklılık olmadığı ifade edilmiştir (Drabik ve ark., 2021). Aygun (2014) yumurta kabuk rengi ile yumurta sarı rengi arasında bir korelasyon olmadığını belirtmiştir. Diğer taraftan, Soria ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtlar beyaz kabuklu yumurtalara göre yumurta sarı rengi daha koyu olduğunu ifade etmişlerdir.

Kolesterol ve protein içeriği: Yumurtadaki kolesterol konsantrasyonu genotip, tavuk yaşı, besleme ve yumurta üretim sistemleri tarafından etkilenebilmektedir (Wang ve ark., 2009b; Göçmen ve Cufadar, 2012; Kıran ve ark., 2015). Sujiwo ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtalarla mavi kabuklu yumurtlar arasında total kolesterol bakımından farklılık olmadığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan, Robert W ve ark. (1985) mavi kabuklu yumurtaların beyaz kabuklu yumurtalara göre daha yüksek kolesterol içerdiğini belirtmişlerdir.

Sujiwo ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtalarla mavi kabuklu yumurtlar arasında protein içeriği açısından farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Diğer taraftan, Robert W ve ark. (1985) beyaz kabuklu yumurtaların mavi kabuklu yumurtalara göre daha yüksek oranda protein içerdiğini belirtmişlerdir.

Et-Kan lekesi: Yumurtada genel olarak et lekesi yumurta akında, kan lekesi ise yumurta sarısında görülmektedir. Yumurtada et-kan lekesi yumurta kalitesini etkileyen önemli özelliklerdendir. Yumurtada et-kan lekesi olması yumurtanın pazar değeri olmadığından ekonomik olarak değerlendirilemezler. Et-kan lekesi genel olarak genetik ve stresten kaynaklı olmaktadır (Seremet ve Güler, 2024).

Şekeroğlu ve Sarıca (2005) yaptıkları bir çalışmada, kahverengi kabuklu yumurtalarda et-kan lekesi oranı beyaz kabuklu yumurtalara göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Tainika ve ark. (2024) yaptıkları bir çalışmada, krem kabuklu yumurtalarda et-kan lekesi beyaz kabuklu yumurtalara göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yumurta kabuğu rengi yumurta kalitesi ve kolesterol miktarı üzerine etkileri ile ilgili çalışmalarda farklı sonuçlar alınmıştır. Genel olarak, kahverengi kabuklu yumurtlar beyazlara göre daha ağır, kabuk kırılma direncinin daha yüksek ve et-kan lekesinin daha fazla görülmektedir. Kolesterol bakımından, beyaz kabuklu yumurtaların daha avantajlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Aygun, A. 2014. The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs, *Indian J Anim Res*, 48, (3), 290-294. doi 10.5958/j.0976-0555.48.3.061

Baylan, M., Celik, LB., Akpinar, GC., Alasahan, S., Kucukgul, A, Dogan, SC. 2017. Influence of eggshell colour on egg yolk antibody level, incubation results, and growth in broiler breeders, *Rev Bras Zootecn*, 46, (2), 105-112.

Drabik, K., Karwowska, M., Wengerska, K., Próchniak, T., Adamczuk, A, Batkowska, J. 2021. The variability of quality traits of table eggs and eggshell mineral composition depending on hens' breed and eggshell color, *Animals*, 11, (5), 1204.

Göçmen, R, Cufadar, Y. 2012. The role of chrome in poultry nutrition, *Journal of Poultry Research*, 9, (3), 11-14.

Gu, H., Yan, Z., Zhang, B., Chen, X., Geng, A., Zhang, Y,. Wang, Z. 2025. Impact of Eggshell Color Diversity on Hatchability, Translucency, and Quality Traits in Beijing-You Chicken Eggs, *Animals*, 15, (17), 2595.

Haugh, RR. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality, *The US Egg Poultry Magazine*, 43, 522-573.

Kennedy, G, Vevers, H. 1976. A survey of avian eggshell pigments, *Comp Biochem Physiol B: Comp Biochem*, 55, (1), 117-123.

Kıran, İ., Serbester, U, Çelik, L. 2015. Diyarbakır İl Merkezinde Satışa Sunulan Yumurtaların Bazı İç Kalite Özellikleri ve Kolesterol İçeriği Üzerine Bir Çalışma, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30, (2), 17-24.

Robert W., III, S., Somes JR, G, R. 1985. Chemical characteristics of Araucana chicken eggs, *Poult Sci*, 64, (7), 1264-1268.

Samiullah, S., Roberts, JR, Chousalkar, K. 2015. Eggshell color in brown-egg laying hens—a review, *Poult Sci*, 94, (10), 2566-2575.

Schwartz, S., Raux, W., Schacter, B., Stephenson, B, Shoffner, R. 1980. Loss of hereditary uterine protoporphyria through chromosomal rearrangement in mutant Rhode Island Red hens, *Int J Biochem*, 12, (5-6), 935-940.

Seremet, Ç, Güler, HC. 2024. Relationships Between Some Quality Characteristics and Formation of Blood and Meat Spots in Organic Table Eggs, *Journal of Animal Production*, 65, (2).

Soria, M., Bueno, D, Bernigaud, I. 2013. Comparison of quality parameters in hen's eggs according to egg shell color, *Int J Poult Sci*, 12, (4), 224-234.

Sujiwo, J., Kim, D., Yoon, J-Y., Kim, H., Kim, J-S., Lee, S-K, Jang, A. 2017. Physicochemical and functional characterization of blue-shelled eggs in Korea, *Korean J Food Sci An*, 37, (2), 181.

Şekeroğlu, A, Sarıca, M. 2005. The effects of free range system on egg productions and egg quality of brown and white layer genotypes, *Journal of Poultry Research*, 6, (1), 10-16.

Tainika, B., Şekeroğlu, A., Akyol, A., Şentürk, Y., Abaci, S, Duman, M. 2024. Effects of age, housing environment, and strain on physical egg quality parameters of laying hens, *Braz J Poult Sci*, 26, (03), eRBCA-2024-1911.

Wang, X., Zhao, C., Li, J., Xu, G., Lian, L., Wu, C, Deng, X. 2009a. Comparison of the total amount of eggshell pigments in Dongxiang brown-shelled eggs and Dongxiang blue-shelled eggs, *Poult Sci*, 88, (8), 1735-1739.

Wang, X., Zheng, J., Ning, Z., Qu, L., Xu, G, Yang, N. 2009b. Laying performance and egg quality of blue-shelled layers as affected by different housing systems, *Poult Sci*, 88, (7), 1485-1492.

Wang, XT., Deng, XM., Zhao, CJ., Li, JY., Xu, GY., Lian, LS, Wu, CX. 2007. Study of the deposition process of eggshell pigments using an improved dissolution method, *Poult Sci*, 86, (10), 2236-2238. doi 10.1093/ps/86.10.2236

Zhao, R., Xu, GY., Liu, ZZ., Li, JY, Yang, N. 2006. A study on eggshell pigmentation: biliverdin in blue-shelled chickens, *Poult Sci*, 85, (3), 546-549. doi https://doi.org/10.1093/ps/85.3.546

YUMURTA TAVUKLARINDA BÖLÜNMÜŞ YEMLEME İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR YAKLAŞIM

Dr. Öğ. Üyesi Vahdettin SARIYEL
Selçuk Üniversitesi Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu,
Gıda İşleme
ORCID: 0000-0002-3937-4849

Dr. Murat DOĞU
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yem ve Kanatlı Besleme
ORCID: 0000-0003-4426-4852

Selda YEŞİLYURT
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yetiştirme ve Üretim
ORCID: 0009-0005-351-0321

Dr. Ayten AŞKIN KILINÇ
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Sağlık Şubesi
ORCID: 0000-0002-2872-7020

Ali Özkan CÜREOĞLU
Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Sağlık Şubesi
ORCID: 0009-0009-4519-7437

ÖZET
Modern kümes hayvancılığı, çeşitli tarım sistemlerine giderek daha fazla entegre edilerek; sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesini, ekonomik verimliliğin artırılmasını ve verim performansının iyileştirilmesini sağlamaktadır. Bu doğrultuda, yumurtacı tavuklarının verim performansının 100 haftaya çıkararak, her birinden 500 adet yumurta elde etmesi hedeflenmektedir. Ancak, yumurtacı tavukların geleneksel tek tip rasyonla beslenmesi durumunda; sabah saatlerinde aşırı kalsiyum, akşam saatlerinde ise yüksek oranda protein alımı gibi besin dengesizlikleri ortaya çıkmakta ve bu durum, tavukların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamada sorunlara yol açmaktadır. Bu tür bir beslenmeye bağlı olarak gelişen dengesizlik, tavukların uzun verim dönemlerinde yumurta kabuğu kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, yaşla birlikte tavukların bağırsaklarındaki emilim kapasitesi azaldığından, bu sorun yalnızca rasyona kalsiyum kaynağı eklenerek etkili bir şekilde çözülemez. Bu nedenle, 'bölünmüş besleme stratejileri' olarak adlandırılan yöntemlerin kullanılması gündeme gelmiştir. Bu yöntemler, yumurtacı tavukların rasyonlarındaki besin maddelerinin kullanımını optimize ederek hayvan refahını artırırken çevresel etkileri en aza indirecektir. Sonuç olarak, besin açısından hassas ve ekonomik olarak sürdürülebilir besleme stratejileri, modern kümes hayvancılığında giderek daha önemli hale gelecektir.
Anahtar Kelimeler: Yumurtacı Tavuk, Bölünmüş Besleme Yöntemi, Modern Kanatlı İşletmeleri

SPLIT-FEEDING FOR LAYING HENS: A SUSTAINABLE APPROACH NUTRITIONAL BALANCE AND ECONOMIC EFFICIENCY

ABSTRACT

Modern poultry farming is increasingly being integrated into various agricultural systems, promoting more sustainable practices, enhance economic efficiency, and increasing yields. The objective is to extend the lifespan of laying hens to 100 weeks and enable them to produće up to 500 eggs each. However, traditional mono-diet feeding leads to nutritional imbalances in laying hens, such as excessive calcium intake in the morning and high protein intake in the evening. This imbalance hinders laying hens from regulating their feed intake according to their physiological needs. This persistent imbalance prevents laying hens from naturally regulating their feed intake, resulting in poor eggshell quality over long production periods. Because intestinal absorption efficiency decreases with age, this problem cannot be effectively addressed by simply increasing dietary calcium. For this purpuse, the methods, also called "split-feeding strategies" are being developed. These methods will optimize nutrient utilization in laying hen diets, enhancing animal welfare while minimizing environmental impact. Consequently, nutritionally sensitive and economically sustainable feeding strategies will become increasingly vital in modern poultry farming.

Keywords: Laying Hens, Split-Feeding Strategies, Modern Poultry Farming

PRELIMINARY INVESTIGATIONS ON THE USE OF LOCALLY PRODUCED N. SATIVA IN VETERINARY MEDICINE BY OUR LABORATORY

Uçkun Sait UÇAN
University of Selçuk
ORCID: 0000-0002-2677-179X

Abstract
Medicinal plants are natural products that have been used for many years in the treatment of diseases in our country and around the world. Among these plants, Nigella sativa holds a special place. The oil and certain important components of the plant's seeds have antibacterial, antifungal, anti-schistosomiasis, antioxidant, anti-diabetic, anti-cancer and some other effects. Research conducted in this laboratory on immunomodulatory and antibacterial effects suggests that N. sativa and Thymoquinone have promising potential. In this presentation, the studies completed in our laboratory are summarised, and locally produced N. sativa oil is proposed as an economical and non-toxic adjuvant candidate in mice.
Keywords: Nigella sativa, veterinary, antibacterial, adjuvant.

Nigella Sativa, its composition and biological effects

Medicinal plants have been used for centuries in various cultures around the world, including our country, to treat various diseases. Today, they are natural products that are increasingly attracting attention and are the subject of research, mainly for the purpose of providing raw materials for certain medicines in modern medicine. Nigella sativa (N. sativa) is a plant belonging to the Ranunculaceae family, with primary components including thymoquinone (30–48%), p-cymene (7–15%), carvacrol (6–12%), 4-terpinol (2–7%), t-anethol (1 - 4), and sesquiterpene longifolene (1–8%) (Burits and Bucar, 2000; Azeem et al 2014). Thymoquinone, the most important component of the plant, has been found to have various effects (antibacterial, antifungal, anti schistosomiasis, antioxidant, anti-diabetic, anti-cancer, anti-inflammatory, analgesic, immunomodulatory, cardiovascular activity, gastro-protective, nephroprotective, and other effects) (Ahmad et al., 2013; Bajwa and Sharma 2021). There are also numerous studies on the oral use or feed additive of this plant's seeds in various farm animals (Sedarman et al. 2021; Talebi et al. 2021).

Antibacterial resistance in pathogens is of great importance. A need on development of alternative bacteria inhibitory agents has rised. Essential oil ingredients of N.sativa seeds seems to have a moderate antibacterial effects on some Gram positive bacteria including *Bacillus*.ssp and *Staphylococcus aureus* MRSA strains. On the other hand, the plant N.sativa (by oil or aqueous extracts) was well documented to show antibacterial activities on some Gram negatvive bacteria including *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeroginosa*, as well. The mechanism underlying these types bioeffects is needed to be investigated (Uçan et al., 2019; Ahmad et al., 2013; Bajwa and Sharma, 2021; Abbas et al., 2024).

If we focus on studies conducted worldwide on the immune system-regulating effects of N. sativa, it is important to note that it has been determined that it increases the proliferation capacity of T cells in mice. Thymochinone exerts its effect on antigen-specific CD8+ lymphocytes by increasing IFN-γ synthesis. Researchers have reported that this effect may be useful in increasing the activity of T lymphocytes *in vitro* and may offer hope for adoptive immunity and cancer treatment in clinical settings (Salem et al., 2011). N. sativa extract does not exhibit cytotoxic effects on healthy cells and has a positive effect on cell viability (Medenica et al., 1993). The same researchers reported that N. sativa seeds increase the number of immune system cells.

Furthermore, it has been found that N. sativa protein extracts increase the production of interleukin-3 from human lymphocytes in culture, either with allogeneic lymphocytes or without any stimulators. The report that N. sativa proteins increase interleukin-1b synthesis has led to the belief that the extract and, consequently, its active ingredient, thymoquinone, may also have an effect on macrophages (Haq et al., 1995; Haq et al., 1999). On the other hand, it has been reported to have a stimulatory effect on dendritic cells (Xuan et al., 2010). In our country, there is a need for studies on the immunomodulatory effects of N. sativa in veterinary medicine and in various species.

Adjuvants are substances that are added to vaccines, and aluminium-based adjuvants in particular are frequently added to vaccine compositions in veterinary prophylaxis. *In vivo* and *in vitro* studies have yielded some findings that help us to understand the mechanisms of action of aluminium adjuvants. These include: increased accumulation of monocytes, dendritic cells, and polymorphonuclear cells at the injection site; direct activation of dendritic cells; increased maturation capacity and T cell stimulation capacity; enhanced presentation of antigens to T cells (signal 1); an increase in the expression of co-stimulatory molecules such as CD86 on dendritic cells (signal 2), and an increase in the release of IL-1β and IL-18 by dendritic cells (signal 3). Mineral oils, on the other hand, are chemical substances that act as adjuvants due to their slow-release properties (Çökülgen 2016).

Research is still ongoing to obtain a chemical or plant-based adjuvant with optimal properties (Çökülgen 2016; Uçan and Sayın 2019). It is thought that the oil of N. sativa seeds also needs to be investigated in terms of its adjuvant function, in addition to its various known biological properties (Uçan et al., 2020). In a study investigating the adjuvant potential of N. sativa oil and its main component, thymoquinone, in mice (Uçan et al., 2020), aimed at developing an organic and plant-based, low-toxicity, inexpensive, and effective adjuvant, The adjuvant effect was evaluated by measuring the specific antibodies produced by administering the antigen (ovalbumin) in N. sativa seed cold-pressed oil or thymoquinone, and for this purpose, the antigen was administered in four forms. These were: a) timokinon alone, b) N. sativa oil, c) N. sativa oil with a composition modified by increasing the timokinon content by 10%, d) a commercial adjuvant [$Al(OH)_3$]. The specific response to ovalbumin was measured using I-ELISA after vaccination. Both N. sativa seed oil and thymochinone formulations yielded OD values very close to those of the commercial adjuvant group, with no statistically significant difference between them. As a result, they were found to be as effective as the commercial adjuvant formulation in eliciting a humoral immune response against ovalbumin in mice compared to the control group ($p > 0.05$).

Research on N.sativa in Department of Veterinary Faculty of Selçuk

In our laboratory, the effects of different concentrations of thymoquinone, one of the active ingredients of N. sativa, on the proliferation of bovine peripheral blood mononuclear cells were investigated using cell culture and ELISA methods (Uçan et al., 2018). It has been reported that Thymochinone exhibited a blastogenic effect when added to bovine peripheral blood mononuclear cell culture at a concentration of 50 µg/mL. This response was observed as a blastogenic response at a level of 0.485±0.06 in 5-day cultures containing 10^7/mL cells ($p<0.01$). The mitogenic responses for mitogens Con A and PWM were 0.399±0.084 and 0.397±0.049, respectively. It was reported that there was no increase in the blastogenic response when Thymochinone was present with either mitogen (Con A or PWM). The mechanism underlying this mitogenic effect of Thymochinone on immune cells requires further investigation. This study supports the hypothesis that Thymochinone could serve as a candidate compound for adjuvant formulations in the future and may also be used as an immunostimulant in vivo.

In another study investigating the antibacterial effect of thymochinone on a Gram-negative pathogen (Uçan et al., 2019), a potential effect that could benefit horse health was reported. *Stenotrophomonas maltophilia* (*S. maltophilia*) is a bacterial pathogen belonging to the Gamma-Proteobacteria class, occasionally isolated from animals. One of the most notable characteristics of *S. maltophilia*, the subject of this study, is its high antibiotic resistance, which it develops in various ways, including intrinsic mechanisms. Due to this characteristic, which is important from a veterinary and public health perspective, a restricted antibiotic use is required in infections caused by this bacterium. In this study, researchers aimed to measure the effect of Thymoquinone when used alone and in combination with various antibiotics on *S. maltophilia* isolated from horses. The results indicated that no synergistic or antagonistic effect was observed, but Thymoquinone demonstrated antibacterial activity against *S. maltophilia* strains.

In this country, the production area of N. sativa was 3,261 decares in 2013 and increased to 108,029 decares in 2022. Similarly, the yield per year increased from 213 tons to 10,089 tons in these years. In Province Konya, N. sativa production, which was 12 tonnes in 2013 and reached up to 307 tonnes in the year 2022. It is recommended that the production of the plant can be increased much more both in our country and region in the next years (Oğuz 2023). Thus, considering the increase in production and scientific research results, it is thought that the N. sativa plant will attract the necessary attention as a potential raw material not only for traditional food purposes but also for the development of alternative products to synthetic drugs in our region and country.

Conclusion

Research made so far into this plant and its components has yielded promising results in the development of non-toxic or less toxic antibacterial agents, the production of new adjuvants, and its use as an immunostimulant.

References

1. Abbas M, Gururani MA, Ali A, Bajwa S, Hassan R, Batool SW, Imam M, Wei D. (2024) Antimicrobial Properties and Therapeutic Potential of Bioactive Compounds in *Nigella sativa*: A Review. Molecules. Oct 17;29(20):4914. doi: 10.3390/molecules29204914. PMID: 39459282; PMCID: PMC11510594.

2. zeem T, ZaibUrRehman, Umar S, Asif M, Arif M, Rahman A. (2014) Effect of Nigella Sativa on poultry health and production: a revie. Sci Lett 2014;2(2):7682.

3. Ahmad A, Husain A, Mujeeb M, Khan SA, Najmi Ak, Siddique NA, Damanhouri ZA, Anwar F, 2013. A review on therapeutic potential of Nigella sativa: A miracle herb. Asian Pac J Trop Biomed, 3, 337-352.

4. Bajwa J, Sharma S (2021) Nigella sativa – A folklore remedy. International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM), ISSN: 2455-6211, 9(.7)

5. Burits M, Bucar F, 2000. Antioxidant activity of Nigella sativa essential oil. Phytother. Res, 14, 323-328

6. Çökülgen T (2016) Aşı Adjuvanları. Doktora Semineri, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

7. Haq A, Abdullatif M, Lobo PI, Khabar KSA, Sheth KV, Al- Sedairy ST, 1995. Nigella sativa: Effect on human lymphocytes and polymorphonuclear leukocyte phagocytic activity. Immunopharmacology, 30, 147-55.

8. Haq A, Lobo PI, Al-tufail M, Rama NR, Al-sedairy ST, 1999. Immunomodulatory effect of Nigella sativa proteins fractionated by ion exchange chromatography. Int J Immunopharmacol, 21, 283-95.

9. Medenica R, Mukerjee S, Huschart T, Koffskey J, Corbit W, 1993. Nigella sativa plant extract increases number and activity of immune component cell in humans. Exper Hematol, 21, 1186.

10. Oğuz C (2023) Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Ulusal ve Uluslar arası Trend Analizi. Çevre Dostu Tarımsal Ürünlerin Üretim, İşleme, Pazarlama Potansiyellerinin Araştırılması. TR52/22/TD/0079, cevredostutarimsalurun C Oğız.pdf Erişim Tarihi: 30.07.2025

11. Salem, ML, Alenzi FQ, Attia WY (2011) Thymoquinone, the active ingredient of Nigella sativa seeds, enhances survival and activity of antigen-specific CD8-positive T cells in vitro, British Journal of Biomedical Science, 68:3, 131-137.

12. Sadarman ajk, et al (2021) Effect of dietary black cumin seed (*Nigella sativa*) on performance, immune status, and serum metabolites of small ruminants: A meta-analysis. Small Ruminant Research, 204, 106521

13. Talebi A, Maham M, Asri-Rezaei S, Pournaghi P, Khorrami MS, Derakhshan A. (2021) Effects of *Nigella sativa* on Performance, Blood Profiles, and Antibody Titer against Newcastle Disease in Broilers. Evid Based Complement Alternat Med. 14;2021:2070375. doi: 10.1155/2021/2070375. PMID: 34234833; PMCID: PMC8216824.

14. Uçan US, Sayın Z, Sakmanoğlu A, Uslu A (2018) Timokuinonun sığır periferal kan monükleer hücre proliferasyonuna etkisi. Eurasian J Vet Sci. 34: 1, 1-6 DOI:10.15312/EurasianJVetSci.2018.172.

15. Uçan US, Mohammed BO, Yiğit M (2019) A*ntibiotic Resistance of Stenotrophomonas maltophilia Strains Isolated from Horses. Kocatepe Vet J. 12(4):384-388.*

16. Uçan US, Sayın Z (2019) Proliferation effects of phenylboronic acid and boric acid on canine peripheral blood mononuclear cells. Turk J Vet Anim Sci. 43: 229-234. doi:10.3906/vet-1810-54.

17. Uçan US, Sakmanoğlu A, Uslu A, Sayın Z, Oğlakçı Cansoy E (2020) Evaluation of Nigella sativa's cold press oil as vaccine adjuvant. Eurasian J Vet Sci, 2020, 36, 3, 199-203.

18. Xuan NT, Shumilina E, Qadri SM, Gotz F, Lang F (2010) Effect of Thymoquinone on Mouse Dendritic Cells Cell Physiol Biochem, 25:307-314.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE PERSPEKTİFİNDEN İDEAL KÖY MODELİ: TARIMSAL ÜRETİM, HAYVANCILIK VE SOSYO-KÜLTÜREL YAŞAMIN ENTEGRASYONU

Doç. Dr. Aysun ALTIKAT
Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-9774-2905

ÖZET

Hızla artan kentleşme, kırsal alanlarda göç, üretim azalışı ve sosyo-kültürel çözülme gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Kentleşmenin bu etkileri en temel üretim olan tarımsal üretimi azaltmış, gıda tedarik zincirinin ilk halkasının kopmasına sebep olmuştur. Bu durum mevcut tarımsal potansiyeli kullanmadan ithal ürünlerin ekonomiyi ele geçirmesi ile sonuçlanmıştır. Bu çalışma, kırsal kalkınmayı çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yeniden tanımlamayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, çalışma; tarımsal üretim, hayvancılık, enerji yönetimi, atık geri dönüşümü ve toplumsal refahı bütüncül bir sistem içinde ele alan yenilikçi bir köy modelinin tasarımını önermektedir.

Model, ekolojik dengeyi koruyan ve kendi kendine yetebilen bir üretim sistemini temel almaktadır. Tarımsal üretim alanlarında akıllı sulama sistemleri, hidrofonik ve agrovoltaik uygulamalarla su ve enerji verimliliği artırılmakta; hayvancılıkta biyogaz tesisleri ve yem bitkisi entegrasyonu ile döngüsel ekonomi ilkeleri desteklenmektedir. Ayrıca, kompostlama, biyokömür üretimi ve atıksu geri kazanımıyla karbon ayak izi minimize edilmektedir. Sosyo-kültürel açıdan ise köyde yaşam kalitesinin artırılması, eğitim, sağlık, kültür ve dijital erişim altyapısının güçlendirilmesiyle sağlanmaktadır. Model köy; yenilenebilir enerji, döngüsel ekonomi, atık yönetimi, yerel kalkınma, kooperatifçilik ve eko-turizm gibi çok boyutlu yaklaşımlar üzerine kurulmuştur.

Sonuç olarak, çalışma, çevre dostu üretim teknolojileriyle kırsal yaşamın modern standartlarla uyumlu hale getirilebileceğini göstermekte; "ideal köy" modelini yalnızca ekonomik bir kalkınma aracı değil, aynı zamanda ekolojik dengeyi, toplumsal dayanışmayı ve kültürel sürekliliği koruyan bir yaşam biçimi olarak tanımlamaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım, sürdürülebilir kırsal kalkınma politikalarına örnek teşkil edecek niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir kalkınma, akıllı köy, tarım, hayvancılık, kırsal göç, çevresel planlama, biyogaz, eko-köy, yerel kalkınma.

THE IDEAL VILLAGE MODEL FROM A SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE: INTEGRATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION, LIVESTOCK, AND SOCIO-CULTURAL LIFE

ABSTRACT

Rapidly increasing urbanization has brought about problems such as migration, decreased production, and socio-cultural disintegration in rural areas. These effects of urbanization have reduced agricultural production, the most fundamental form of production, and disrupted the first link in the food supply chain. This has resulted in the takeover of the economy by imported products without utilizing existing agricultural potential. This study aims to redefine rural development in line with the principles of environmental, economic, and social sustainability. In this context, the study proposes the design of an innovative village model that addresses agricultural production, livestock, energy management, waste recycling, and social welfare within a holistic system.

The model is based on a self-sufficient production system that maintains ecological balance. Water and energy efficiency are increased in agricultural production areas through smart irrigation systems, hydroponic and agrovoltaic applications. Circular economy principles are supported by biogas facilities and the integration of forage crops in livestock farming. Furthermore, carbon footprints are minimized through composting, biochar production, and wastewater recycling. From a socio-cultural perspective, improving the quality of life in the village is achieved by strengthening education, healthcare, cultural, and digital access infrastructure. The model village is built on multidimensional approaches such as renewable energy, circular economy, waste management, local development, cooperatives, and eco-tourism.

In conclusion, the study demonstrates that rural life can be brought into line with modern standards through environmentally friendly production technologies. It defines the "ideal village" model not only as an economic development tool but also as a way of life that preserves ecological balance, social solidarity, and cultural continuity. This integrated approach serves as an example for sustainable rural development policies.

Keywords: Sustainable development, smart village, agriculture, animal husbandry, rural migration, environmental planning, biogas, eco-village, local development.

GİRİŞ

Son yıllarda kırsal alanlardan kent merkezlerine doğru gerçekleşen yoğun göç hareketleri, Türkiye başta olmak üzere pek çok ülkede önemli bir demografik ve sosyoekonomik dönüşüme neden olmuştur (Karaalp-Orhan, 2020). Kırsal nüfusun azalması, yalnızca tarımsal üretimin sürekliliğini tehdit etmekle kalmayıp, aynı zamanda doğal kaynakların verimli kullanılmasını ve yerel kültürlerin korunmasını da riske atmaktadır (Mishra, 2025). Genç nüfusun eğitim, sağlık, istihdam ve sosyal yaşam gibi nedenlerle kentlere yönelmesi, kırsal alanlarda yaşlı nüfusun oranını artırmakta, iş gücü dinamiklerini zayıflatmakta ve tarım-hayvancılık gibi temel üretim faaliyetlerinde ciddi aksamalar doğurmaktadır. Bu durum, kırsalın ekonomik ve sosyal çöküş sürecine girmesine zemin hazırlamaktadır (Eacott and Sonn, 2006).

Mevcut kırsal yapılar, artan çevresel baskılar, ekonomik yetersizlikler ve sosyal olanak eksiklikleri nedeniyle günümüz gereksinimlerini karşılamaktan uzaktır (Li et al., 2019). Geleneksel köy anlayışı; iklim değişikliği, kaynak kıtlığı, teknolojik gelişmeler ve nüfus hareketleri karşısında sürdürülebilir bir yapı sunmamaktadır (Satterthwaite, 2011). Bu nedenle; tarım ve hayvancılığı modern yöntemlerle entegre eden, doğal kaynakları koruyan, sosyal yaşamı güçlendiren ve göçü tersine çevirebilecek çekim merkezleri oluşturan yeni nesil “ideal köy” modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu modellerin hem kırsal kalkınma politikalarına hem de çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunması beklenmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma, çevresel duyarlılıkla ekonomik gelişmeyi bütünleştiren ve sosyal refahı gözeten bir yaklaşımı esas almaktadır (Hariram et al., 2023). Bu bağlamda kırsal alanlar; doğal kaynakların korunması, yerel üretimin desteklenmesi ve toplumsal denge unsurlarının sürdürülmesi açısından stratejik öneme sahiptir. Kırsalda sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için enerji, su, atık ve tarımsal sistemlerin doğayla uyumlu biçimde kurgulanması, aynı zamanda yaşam kalitesini artıracak sosyal altyapıların da entegre edilmesi gerekmektedir (Hariram et al., 2023). Yerel kalkınmayı destekleyen, doğa dostu üretim modelleri ve teknolojik altyapılarla güçlendirilmiş köyler; iklim değişikliği ile mücadelede, gıda güvenliğinin sağlanmasında ve göçün dengelenmesinde kritik rol oynamaktadır (Zhang and Zhang, 2020).

Bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir çevre perspektifinden ideal bir köy modelinin kavramsal ve yapısal çerçevesini ortaya koymaktır. Tarımsal üretim, büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvancılık faaliyetlerinin çevre dostu yöntemlerle nasıl yürütülebileceği; buna eşlik eden sosyal, kültürel ve teknolojik altyapıların nasıl tasarlanması gerektiği çok boyutlu olarak ele alınmıştır. Ayrıca kırsaldan kente göçün önlenmesine yönelik stratejilere, sosyo-ekonomik entegrasyon politikalarına ve dijital dönüşüm olanaklarına da yer verilerek, uygulanabilir bir model önerisi sunulmuştur. Bu yönüyle çalışma, akademik, yerel yönetim ve politika yapıcı çevreler için rehber niteliği taşımaktadır.

SÜRDÜRÜLEBİLİR KÖY MODELİNİN TEMEL İLKELERİ

1. Çevresel Sürdürülebilirlik

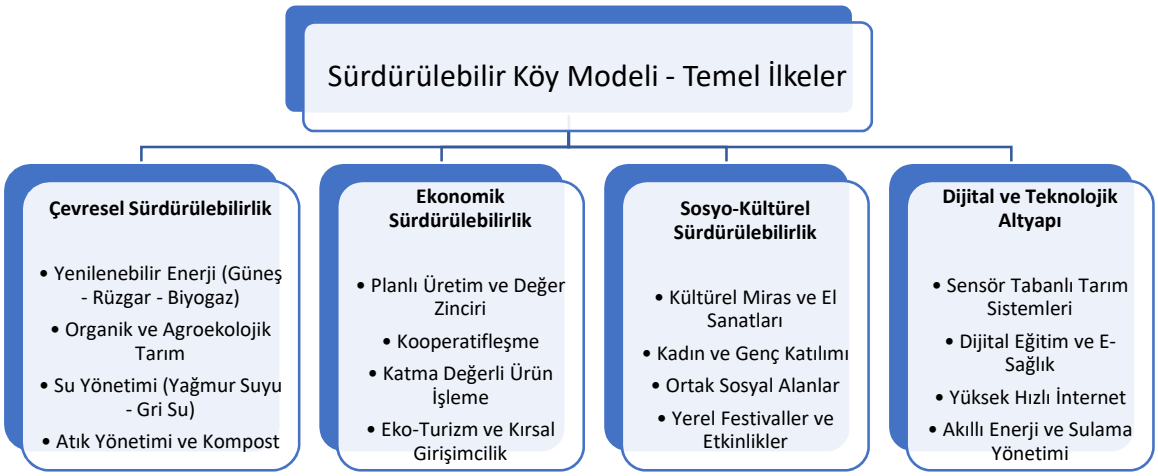
İdeal köy modelinde çevresel sürdürülebilirlik; enerji üretimi, tarımsal faaliyetler, su yönetimi ve atık geri dönüşümü süreçlerinin ekolojik dengeyi koruyacak şekilde planlanmasını gerektirir (Yasnolob et al., 2018). Fosil yakıtlar yerine güneş, rüzgâr ve biyogaz gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalı; organik ve agroekolojik tarım uygulamalarıyla toprak sağlığı ve biyoçeşitlilik desteklenmelidir (Bathaei and Štreimikienė, 2023). Su kaynaklarının korunması için yağmur suyu hasadı ve gri su geri kazanım sistemleri uygulanmalıdır (Stec and Kordana, 2015). Köyde oluşan organik atıklardan kompost üretilerek kimyasal gübre ihtiyacı azaltılmalı, geri dönüştürülebilir atıkların ise ayrıştırılarak yeniden kullanımı sağlanmalıdır (Sharma et al., 2019). Bu bütüncül yaklaşım hem çevrenin korunmasına hem de köyün kendi kendine yetebilen sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasına katkı sunar.

2. Ekonomik Sürdürülebilirlik

İdeal köy modelinde ekonomik sürdürülebilirlik; üretimin planlı, katma değerli ve dayanışma temelli bir yapıda yürütülmesini gerektirir (Utting et al., 2014). Bitkisel ve hayvansal üretim, iklim ve pazar koşullarına uygun şekilde organize edilmeli; üretimden satışa uzanan tüm değer zinciri köy içinde entegre edilmelidir (Dong, 2021). Kooperatifleşme yoluyla girdi maliyetleri azaltılır, pazarlık gücü artar ve gelir dağılımı iyileşir (Xie et al., 2025). Ürünlerin ham madde olarak satılması yerine mandıra, kurutma ve işleme tesisleri gibi küçük ölçekli işletmelerle işlenerek katma değer yaratılması, köy ekonomisini güçlendirir (Orasmaa, 2017). Ayrıca kültürel ve doğal değerlerin korunmasıyla geliştirilecek eko-turizm faaliyetleri, ek gelir kaynakları oluşturarak kırsal kalkınmayı destekler (Gong et al., 2020). Bu yaklaşım, köyün kendi kendine yeten ve sürdürülebilir bir ekonomik yapı kazanmasını sağlar.

3. Sosyo-Kültürel Sürdürülebilirlik

İdeal köy modelinde sosyo-kültürel sürdürülebilirlik; kültürel değerlerin korunması, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve dijital çağın gereklerine uyum sağlanmasıyla mümkündür (GhaffarianHoseini et al., 2011). Kırsaldan kente göçü azaltmak için istihdam, eğitim, sağlık ve sosyal yaşam olanakları güçlendirilmelidir. (Ezeudu and Tukur, 2024). Köye özgü geleneksel kültür, el sanatları, mimari ve yerel bilgi korunarak gelecek kuşaklara aktarılmalı ve kültürel etkinliklerle canlı tutulmalıdır. (Bihari, 2023). Kütüphaneler, kültür evleri ve gençlik/kadın merkezleri gibi sosyal alanlar toplumsal bağları güçlendirirken, STEM odaklı eğitim ve dijital okuryazarlık programları kırsal halkın teknolojiye uyumunu destekler. Bu bütüncül yaklaşım, hem toplumsal aidiyeti artırır hem de kırsal yaşamın cazibesini yükseltir.



Şekil 1. Sürdürülebilirlik açısından ideal köy modeli temel ilkeleri

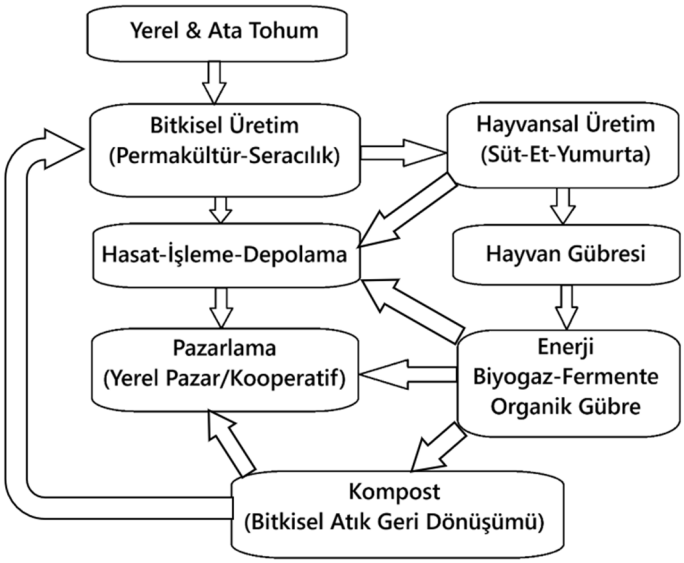
TARIMSAL VE HAYVANSAL ÜRETİM SİSTEMLERİ

1. Bitkisel Üretim

İdeal köy modelinde bitkisel üretim, verim odaklı geleneksel yöntemler yerine ekolojik dengeyi koruyan ve doğal kaynakları sürdürülebilir kullanan sistemlere dayanmalıdır. Bu yaklaşımda permakültür uygulamalarıyla toprağın, suyun, bitki ve hayvansal döngülerin bir arada çalıştığı, kimyasal girdiye ihtiyaç duymadan işleyen üretim sistemleri kurulması hedeflenir (Makondo and Thomas, 2024). Yerel ve ata tohumlarının kullanılması hem biyolojik çeşitliliğin korunmasına hem de kültürel tarım bilgisinin sürdürülmesine katkı sağlar (Balyan and Balyan, 2025). Seracılık ve kontrollü üretim teknikleri ise yıl boyu üretimi mümkün kılarak ekonomik istikrarı destekler (Singh et al., 2024). Toprak koruma yöntemleri, su tasarruflu sulama sistemleri ve ürün çeşitliliğinin artırılmasıyla hem gıda güvenliği sağlanır hem de çevresel sürdürülebilirlik güçlendirilir (Xing and Wang, 2024).

2. Hayvancılık Sistemleri

İdeal köy modelinde hayvancılık, yalnızca üretim odaklı değil; hayvan refahı, doğal kaynak kullanımı ve döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda planlanmalıdır (Oberč and Arroyo Schnell, 2020). Büyükbaş hayvancılıkta süt ve et üretimi entegre edilerek verim artırılır, süt ürünleri yerel mandıralarda işlenerek katma değer sağlanır. Küçükbaş yetiştiriciliği ise mera ekosistemlerini koruyan, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir üretim yapısı sunar (Garnett, 2007). Serbest gezen kanatlı sistemleri, hayvan refahını destekleyerek kaliteli yumurta ve et üretimine imkân verir (Martínez-Pérez et al., 2017). Hayvansal atıkların biyogaz tesislerinde enerjiye dönüştürülmesi ve kalan materyalin organik gübre olarak kullanılması ise hem çevre kirliliğini önler hem de sürdürülebilir döngüsel bir üretim modeli oluşturur (Ellacuriaga et al., 2021). Bu yapı, kırsal ekonomiyi güçlendirirken çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği de destekler.



Şekil 2. Bitkisel ve Hayvansal Üretim Akım Şeması

TEKNOLOJİK VE DİJİTAL ALTYAPI

İdeal köy modelinde dijital ve teknolojik altyapı, üretim verimliliğini artırmak ve yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla tarım ve günlük yaşama entegre edilmelidir (Zhang and Zhang, 2020). Tarımda sensörler, iklim istasyonları ve uzaktan izleme sistemleri kullanılarak sulama, gübreleme ve hastalık yönetimi daha doğru ve sürdürülebilir şekilde yapılır (Adeyemi et al., 2017). Köyde kurulacak dijital merkezler; eğitim, danışmanlık, e-sağlık ve online pazarlama gibi hizmetlerle dijital kapsayıcılığı güçlendirir. Enerji verimliliği, akıllı sayaçlar ve yenilenebilir enerji uygulamalarıyla sağlanırken; iklim izleme ve erken uyarı sistemleri olası risklere karşı üreticinin hızlı şekilde önlem almasına yardımcı olur (Maurya et al., 2025). Bu bütüncül yapı, kırsal yaşamın modern, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde devam etmesini destekler.

YERLEŞİM PLANLAMASI VE FİZİKSEL ALTYAPI

İdeal köy modelinde fiziksel yerleşim planlaması, çevreye duyarlı, işlevsel ve kültürel değerleri yaşatan bir yapı üzerine kurulmalıdır. Konutlar ve üretim yapıları; doğal taş, kerpiç ve ahşap gibi yerel malzemelerle, enerji verimli ve ekolojik mimari ilkelerine uygun şekilde tasarlanmalıdır. Yerleşim düzeni kompakt olmalı, ulaşım mesafeleri kısa tutulmalı ve yaya-bisiklet kullanımına öncelik verilmelidir (Chandel et al., 2016). Yeşil altyapı kapsamında biyolojik göletler, ağaçlandırma alanları ve doğal peyzaj düzenlemeleri ile ekosistem korunmalı ve yaşam kalitesi artırılmalıdır (Lõhmus and Balbus, 2015). Ayrıca topluluk bahçeleri ve yerel pazar alanları gibi ortak sosyal mekânlar hem kolektif üretimi hem de sosyal etkileşimi güçlendirerek köy yaşamının kültürel ve ekonomik bütünlüğünü destekler.

SOSYAL VE KÜLTÜREL YAŞAMIN GÜÇLENDİRİLMESİ

İdeal köy modelinde sosyal ve kültürel sürdürülebilirlik, topluluk bağlarını güçlendiren ve kültürel değerleri yaşatan uygulamalarla sağlanır (Prastyo et al., 2025). El sanatlarının desteklenmesi hem kültürel kimliğin korunmasına hem de gelir elde edilmesine katkı sunar (Ghose and Ali, 2023). Kadın ve gençlerin üretime aktif katılımı için eğitim, atölye ve girişimcilik merkezleri kurulmalı; kooperatifler ve dijital pazarlama olanaklarıyla bu süreç desteklenmelidir (Petridou and Glaveli, 2008). Sosyal girişimcilik modelleri ve yerel kooperatifler hem ekonomik hem toplumsal dayanışmayı güçlendirir (Bucos, 2024).

Ayrıca festival alanları, şenlikler ve kültürel etkinlikler köyde sosyal yaşamı canlandırarak aidiyet duygusunu ve kırsalda yaşam tercih edilirliğini artırır (Mair and Duffy, 2018).

GÖÇÜN TERSİNE ÇEVRİLMESİ İÇİN STRATEJİLER

İdeal köy modelinde kırsaldan kente göçün azaltılması; yaşam kalitesinin yükseltilmesi, temel hizmetlere erişimin iyileştirilmesi ve ekonomik fırsatların güçlendirilmesiyle mümkündür (Bao et al., 2018). Kırsal yaşamın yalnızca üretim alanı değil, sosyal donatıları, kültürel etkinlikleri ve güvenli çevresiyle tercih edilebilir bir yaşam mekânı olarak sunulması gerekir (Iversen et al., 2023). Uzaktan çalışma imkanları, güçlü internet altyapısı ve dijital hizmetlere erişim, farklı meslek gruplarının köyde yaşayarak çalışabilmesini sağlar (Davies, 2021). Eğitim ve sağlık hizmetlerinin modernleştirilmesi, genç nüfusun göç etme nedenlerini azaltır (Thomas et al., 2019). Ayrıca kırsal girişimciliğin hibe, mikro kredi ve mentorluk programlarıyla desteklenmesi; gençler, kadınlar ve geri dönen bireylerin köyde kendi işlerini kurmalarına olanak tanır (Hasan et al., 2023). Bu bütüncül yaklaşım, kırsalın ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan sürdürülebilir bir yaşam alanına dönüşmesini sağlar.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, sürdürülebilir çevre ilkeleri doğrultusunda yapılandırılmış ve hem üretim hem de yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen bir ideal köy modeli çok boyutlu olarak ele alınmıştır. Tarımsal üretim, hayvancılık, sosyal altyapı, dijitalleşme, girişimcilik ve kültürel yaşam gibi bileşenlerin birbirini tamamladığı bu yapı, kırsal alanların yeniden canlandırılması ve kırsal-kentsel dengenin sağlanması açısından stratejik bir model sunmaktadır.

Model köy, Türkiye'nin farklı ekolojik ve sosyoekonomik bölgelerinde uygulanabilir esnekliğe sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Yerel kaynakların dikkate alındığı, bölgeye özgü iklim ve toprak koşullarına göre şekillendirilebilen bu yapı, hem küçük ölçekli yerleşim birimleri hem de kalkınma projeleri kapsamında prototip olarak değerlendirilebilir. Modelin uygulamaya geçirilmesi, kamu-özel sektör iş birlikleri, üniversite desteği, yerel yönetimlerin katılımı ve halkın aktif sürece dâhil edilmesi ile mümkün olacaktır. Elbette en önemli adım politika yapıcılardan gelmelidir. Politika yapıcılara sunulabilecek bazı öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Yerel kalkınma politikaları, üretim odaklı ve sürdürülebilir kırsal yaşamı esas alacak şekilde revize edilmelidir.
- Köy bazlı teşvik modelleri, üreticilere, kadınlara, gençlere ve geri dönen göçmenlere özel tasarlanmalıdır.
- Tarım, hayvancılık, enerji ve bilişim bakanlıkları, entegre stratejilerle birlikte çalışarak çok paydaşlı bir yönetişim modeli oluşturmalıdır.
- Sosyal girişimcilik, kırsalda öncelikli destekleme alanı olarak ele alınmalı ve kooperatifleşme teşvik edilmelidir.
- Yapılaşma ve planlama mevzuatı, ekolojik mimariyi ve düşük karbon ayak izini teşvik edecek şekilde güncellenmelidir.

İdeal köy modelinin hayata geçirilmesinde pek çok güçlük gözlenebilir. Bu güçlüklerin ortadan kaldırılması için önerilebilecek çözümler aşağıda sunulmuştur:

- Yerel halkın dönüşüme direnç göstermesi, Katılımcı planlama süreçleri, eğitim çalışmaları, örnek uygulamalar
- Finansal kaynak yetersizliği, Kırsal kalkınma fonları, AB hibeleri, kamu-özel ortaklık modelleri
- Teknik bilgi eksikliği, Üniversite-köy iş birlikleri, mobil tarım danışmanlığı sistemleri

- Altyapı eksiklikleri (internet, enerji, ulaşım), Devlet destekli altyapı projeleri ve dijital eşitsizliğin azaltılması
- Genç nüfusun kırsalda kalma motivasyonu eksikliği, Sosyal yaşamı destekleyen kültürel ve eğitim alanlarının artırılması

Sürdürülebilir çevre perspektifiyle oluşturulan bu model köy yapısı; doğa ile uyumlu üretimi, sosyal yaşamı destekleyen altyapıları, dijitalleşmeyi ve yerel kalkınmayı bir bütün hâlinde ele almaktadır. Bu model, sadece çevresel ve ekonomik fayda değil, aynı zamanda toplumsal bağlılık, kültürel devamlılık ve mekânsal adalet hedeflerini de birlikte gözetmektedir.

KAYNAKLAR

Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S., & Norton, T. (2017). Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation. *Sustainability*, *9*(3), 353.

Balyan, S., & Balyan, S. (2025). THE CULTURAL AND ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF HEIRLOOM SEEDS. *Archives*.

Bao, H., Fang, Y., Ye, Q., & Peng, Y. (2018). Investigating social welfare change in urban village transformation: A rural migrant perspective. *Social Indicators Research*, *139*(2), 723-743.

Bathaei, A., & Štreimikienė, D. (2023). Renewable energy and sustainable agriculture: Review of indicators. *Sustainability*, *15*(19), 14307.

Bihari, S. (2023). Cultural heritage and indigenous knowledge: Reviving traditions for future generations. *Sustainable Development Goals in SAARC Countries: Key Issues, Opportunities and Challenges*, *1*, 24-32.

Bucos, T. (2024). Social and solidarity economy: principles and contributions to sustainable development and social inclusion. *European Journal of Accounting, Finance and Business*, 114-127.

Chandel, S. S., Sharma, V., & Marwah, B. M. (2016). Review of energy efficient features in vernacular architecture for improving indoor thermal comfort conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *65*, 459-477.

Davies, A. (2021). COVID-19 and ICT-supported remote working: Opportunities for rural economies. *World*, *2*(1), 139-152.

Dong, L. (2021). Toward resilient agriculture value chains: challenges and opportunities. *Production and Operations Management*, *30*(3), 666-675.

Eacott, C., & Sonn, C. C. (2006). Beyond education and employment: Exploring youth experiences of their communities, place attachment and reasons for migration. *Rural Society*, *16*(2), 199-214.

Ellacuriaga, M., García-Cascallana, J., & Gómez, X. (2021). Biogas production from organic wastes: Integrating concepts of circular economy. *Fuels*, *2*(2), 144-167.

Ezeudu, T. S., & Tukur, B. (2024). Examining the effects of high poverty and unemployment on rural-urban migration in Nigeria and its consequences on urban resources and rural decline. *Journal of Child and Adult Vaccines Immunology*, *8*, 1-13.

Garnett, T. (2007). Meat and dairy production and consumption. *Food Climate Research Network, University of Surrey*, 54-55.

GhaffarianHoseini, A., Dahlan, N. D., Ibrahim, R., Baharuddin, M. N., & GhaffarianHoseini, A. (2011). The concept of local-smart-housing: towards socio-cultural sustainability of vernacular settlements. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, *5*(2), 91.

Ghose, A., & Ali, S. M. (2023). Protection and Preservation of Traditional Cultural Expression & Traditional Knowledge in Handicraft Industry: Advocating the Need for a Global Cultural Policy Framework. Braz. J. Int'l L., 20, 473.

Gong, X., Zhu, W. C., & Liu, S. (2020). The strategy of eco-agriculture economic development along the coast based on improving the rural eco-tourism environment. *Journal of Coastal Research*, *104*(SI), 652-655.

Hariram, N. P., Mekha, K. B., Suganthan, V., & Sudhakar, K. (2023). Sustainalism: An integrated socio-economic-environmental model to address sustainable development and sustainability. *Sustainability*, *15*(13), 10682.

Hasan, M. A., Shahid, S., Sultana, M., & Siddiqui, T. (2023). Rural entrepreneurship as a sustainable livelihood alternative for the returnee migrants: reviewing the potentials and challenges. *Journal of Small Business Strategy*, *33*(1), 20-35.

Iversen, E. B., Fehsenfeld, M., & Ibsen, B. (2023). Where do we meet? Exploring how facilities and meeting places in rural areas contribute to quality of life. *Journal of Rural Studies*, *97*, 235-242.

Karaalp-Orhan, H. S. (2020). Regional disparities in Turkey: A socio-economic perspective. *European Journal of Sustainable Development*, *9*(3), 103-103.

Li, Y., Westlund, H., & Liu, Y. (2019). Why some rural areas decline while some others not: An overview of rural evolution in the world. *Journal of Rural Studies*, *68*, 135-143.

Lõhmus, M., & Balbus, J. (2015). Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infection ecology & epidemiology*, *5*(1), 30082.

Mair, J., & Duffy, M. (2018). The role of festivals in strengthening social capital in rural communities. *Event Management*, *22*(6), 875-889.

Makondo, C. C., & Thomas, D. S. (2024). Multidimensional poverty and vulnerability assessment in the face of climate change adaptation in developing economies: focus on ecosystem-based livelihoods in Zambia. *Environment, Development and Sustainability*, 1-47.

Martínez-Pérez, M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R. H., & Sandoval-Castro, C. A. (2017). Poultry meat production in free-range systems: Perspectives for tropical areas. *World's Poultry Science Journal*, *73*(2), 309-320.

Maurya, R. K., Maurya, S. R., & Yewale, V. (2025). Closing the Digital Gap: Rural and Urban Communities' E-Government Options. In *Startup-Driven E-Government: Digital Innovation for Sustainable Ecosystems* (pp. 147-182). IGI Global Scientific Publishing.

Mishra, H. (2025). Environmental degradation and impacts on agricultural production: A challenge to urban sustainability. In *Sustainable urban environment and waste management: Theory and practice* (pp. 53-92). Singapore: Springer Nature Singapore.

Oberč, B. P., & Arroyo Schnell, A. (2020). Approaches to sustainable agriculture. *Exploring the pathways*, *486*.

Orasmaa, T. (2017). *Fostering locality in global value chains: potential of small-scale milk processors to increase local milk sourcing, create employment and reduce milk powder imports in Burkina Faso* (Doctoral dissertation, University of Copenhagen).

Petridou, E., & Glaveli, N. (2008). Rural women entrepreneurship within co-operatives: training support. *Gender in management: an international journal*, *23*(4), 262-277.

Prastyo, R. E., Wisadirana, D., Rozuli, A. I., & Hakim, M. L. (2025). Introducing Village Culture as the Main Strategy in Achieving Successful Village SDGs. *HABITAT*, *36*(1), 46-58.

Satterthwaite, D. (2011). How urban societies can adapt to resource shortage and climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *369*(1942), 1762-1783.

Sharma, B., Vaish, B., Monika, Singh, U. K., Singh, P., & Singh, R. P. (2019). Recycling of organic wastes in agriculture: an environmental perspective. *International journal of environmental research*, *13*(2), 409-429.

Singh, K. A. P., Goutam, P. K., Xaxa, S., Nasima, S. P., Panotra, N., & Rajesh, G. (2024). The role of greenhouse technology in streamlining crop production. *Journal of Experimental Agriculture International*, *46*(6), 776-798.

Stec, A., & Kordana, S. (2015). Analysis of profitability of rainwater harvesting, gray water recycling and drain water heat recovery systems. *Resources, conservation and recycling*, *105*, 84-94.

Thomas, F., Chase, E., & Aggleton, P. (2019). Health education and migration. *Health Education Journal*, *78*(1), 3-8.

Utting, P., Van Dijk, N., & Matheï, M. A. (2014). *Social and solidarity economy: Is there a new economy in the making?* (No. 10). UNRISD Occasional Paper: Potential and Limits of Social and Solidarity Economy.

Xie, F., Zeng, S., Chen, L., & Wang, J. (2025). Agricultural Cooperatives' Strategic Cooperation via Association: The Impacts of Asymmetric Bargaining Power and Yield Uncertainty. *Naval Research Logistics (NRL)*.

Xing, Y., & Wang, X. (2024). Precision agriculture and water conservation strategies for sustainable crop production in arid regions. *Plants*, *13*(22), 3184.

Yasnolob, I., Chayka, T., Gorb, O., Demianenko, N., Protas, N., & Halinska, T. (2018). The innovative model of energy efficient village under the conditions of sustainable development of ecological territories. *Journal of Environmental Management & Tourism*, *9*(3 (27)), 648-658.

Zhang, X., & Zhang, Z. (2020). How do smart villages become a way to achieve sustainable development in rural areas? Smart village planning and practices in China. *Sustainability*, *12*(24), 10510.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

SÜRDÜRÜLEBİLİR KENT PLANLAMASINDA YEŞİL ALTYAPININ ROLÜ: BİTKİSEL HAVA FİLTRESİ YAKLAŞIMLARI

Doç. Dr. Aysun ALTIKAT
Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
ORCID: 0000-0001-9774-2905

ÖZET

Kentleşme sürecinin hızla artması, hava kalitesi bozulması ve mikroiklim dengesinin bozulması gibi çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda sürdürülebilir kent planlaması, yalnızca yapılaşma süreçlerini değil, aynı zamanda ekolojik dengeyi destekleyen yeşil altyapı bileşenlerini de kapsayan bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir. Yeşil altyapı, kentsel peyzajın ekolojik, estetik ve fonksiyonel bileşenlerini entegre ederek çevresel dayanıklılığı artıran bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, yeşil altyapı sistemleri içerisinde bitkisel hava filtrelerinin (fitofiltrasyon) kentsel hava kirliliğini azaltmadaki rolü ele alınmıştır.

Araştırmada öncelikle bitkilerin partikül madde ($PM_{2.5}$, PM_{10}), azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO_2) gibi hava kirleticileri tutma, absorbe etme ve metabolize etme kapasiteleri literatür taramasıyla değerlendirilmiştir. Farklı bitki gruplarının (ağaç, çalı, yer örtücü) yaprak morfolojisi, yüzey pürüzlülüğü, stoma yoğunluğu ve balmumu tabakası kalınlığı gibi özelliklerin kirletici tutma performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışma, bitkisel hava filtresi sistemlerinin yalnızca estetik bir unsur değil, aynı zamanda doğal bir çevre mühendisliği aracı olarak kentlerin sürdürülebilirliğine katkı sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle yeşil koridorlar, dikey bahçeler ve yeşil çatılar gibi uygulamaların karbon tutma, ısı adası etkisini azaltma ve partikül madde konsantrasyonunu düşürme açısından önemli potansiyeller taşıdığı vurgulanmıştır. Sonuç olarak, sürdürülebilir kent planlamasında yeşil altyapının stratejik bir bileşen olarak değerlendirilmesi, hem halk sağlığı hem de iklim değişikliğine uyum politikaları açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir kent planlaması, yeşil altyapı, bitkisel hava filtresi, hava kalitesi, fitofiltrasyon, peyzaj ekolojisi.

THE ROLE OF GREEN INFRASTRUCTURE IN SUSTAINABLE URBAN PLANNING: VEGETATIVE AIR FILTER APPROACHES

ABSTRACT

The rapid increase in urbanization has brought about environmental problems such as air quality deterioration and microclimate disruption. In this context, sustainable urban planning requires a holistic approach that encompasses not only construction processes but also green infrastructure components that support ecological balance. Green infrastructure is defined as a system that enhances environmental resilience by integrating the ecological, aesthetic, and functional components of the urban landscape. This study examines the role of plant air filters (phytofiltration) within green infrastructure systems in reducing urban air pollution.

The research primarily evaluated the capacities of plants to retain, absorb, and metabolize air pollutants such as particulate matter ($PM_{2.5}$, PM_{10}), nitrogen oxides (NO_x), and sulfur dioxide (SO_2) through a literature review. The effects of characteristics such as leaf morphology, surface roughness, stomatal density, and wax layer thickness of different plant groups (trees, shrubs, and ground cover) on pollutant retention performance were investigated.

The study demonstrates that vegetative air filter systems contribute to the sustainability of cities not only as aesthetic elements but also as natural environmental engineering tools.

It highlights the significant potential of practices such as green corridors, vertical gardens, and green roofs for carbon sequestration, reducing the heat island effect, and reducing particulate matter concentrations. Consequently, considering green infrastructure as a strategic component of sustainable urban planning is critical for both public health and climate change adaptation policies.
Keywords: Sustainable urban planning, green infrastructure, vegetative air filter, air quality, phytofiltration, landscape ecology.

GİRİŞ

Kentleşme olgusu, tarihsel süreçte ekonomik büyüme, sosyal gelişme ve nüfus hareketlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmış olsa da günümüzde özellikle büyük kentlerde yoğunlaşan nüfus, altyapı baskısı ve yapılaşma yoğunluğu, çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden ciddi ekolojik sorunları beraberinde getirmektedir (Buhaug and Urdal, 2013). Sanayi faaliyetlerinin artışı, motorlu taşıt kullanımındaki yükseliş, fosil yakıt tüketimi ve düzensiz kentleşme süreçleri, başta hava kirliliği, ısı adası etkisi, karbon emisyonlarının artışı ve mikroiklim koşullarının bozulması gibi etkiler doğurarak kentlerin yaşanabilirliğini azaltmaktadır (Singh et al., 2020). Özellikle $PM_{2.5}$ ve PM_{10} gibi partikül maddeler ile azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO_2) gibi gaz kirleticiler, solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler problemler ve genel halk sağlığı üzerinde doğrudan olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Meo et al., 2024). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, kentsel hava kirliliği kaynaklı sağlık sorunları küresel ölçekte giderek artmakta ve bu durum sürdürülebilir kentsel çevre tasarımının gerekliliğini daha da görünür kılmaktadır (McMichael, 2000).

Bu bağlamda sürdürülebilir kent planlaması, kentsel mekânın yalnızca fonksiyonel ve yapısal gereksinimlere göre değil, ekolojik bütünlük, çevresel dayanıklılık, toplumsal refah ve doğa ile uyumlu tasarım ilkeleri temel alınarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Sürdürülebilir kent modeli; enerji verimliliği, karbon emisyonlarının azaltılması, biyolojik çeşitliliğin korunması, su ve toprak döngülerinin desteklenmesi ve insan-doğa etkileşiminin güçlendirilmesini esas alan bir yaklaşımdır (Santiago Fink, 2016).

Bu yaklaşımın merkezinde yeşil altyapı kavramı yer almaktadır. Yeşil altyapı; park sistemleri, kentsel ormanlar, rekreasyon alanları, yeşil koridorlar, doğa temelli su yönetim sistemleri, yeşil çatılar ve dikey bahçeler gibi kentsel peyzaj bileşenlerinin bir ağ mantığıyla planlandığı, ekosistem hizmetlerini şehir yaşamının bir parçası haline getiren bütüncül bir mekânsal stratejidir (Fang et al., 2023). Yeşil altyapının temel amacı, kentsel ekosistemin doğal işleyişini desteklemek, kent içinde ekolojik sürekliliği sağlamak ve çevresel etkileri azaltarak şehirleri daha yaşanabilir hale getirmektir (Li et al., 2017).

Bu sistem içinde bitkisel hava filtreleri (fitofiltrasyon), atmosferdeki kirleticilerin bitki dokuları, yaprak yüzeyleri ve stomalar aracılığıyla tutulması, absorbe edilmesi veya biyokimyasal süreçlerle dönüştürülmesi yoluyla hava kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Irga et al., 2018). Bitkilerin yüzey pürüzlülüğü, yaprak morfolojisi, balmumsu tabaka yapısı ve stoma yoğunluğu gibi özellikleri, kirletici maddelerin tutulma ve emilim kapasitesini doğrudan etkilemektedir (del Carmen Redondo-Bermúdez et al., 2021). Dolayısıyla, kentsel peyzaj planlamasında bitki türlerinin ekolojik fonksiyonlarına göre seçilmesi, estetik ve gölgeleme özellikleri kadar hava kalitesine katkı sağlayan ekosistem hizmetleri açısından da önem taşımaktadır (Liang and Huang, 2023).

Bu çerçevede çalışmanın amacı, sürdürülebilir kent planlamasında yeşil altyapı stratejileri kapsamında bitkisel hava filtresi yaklaşımının rolünü tartışmak, farklı bitki türlerinin hava kirleticilerini azaltma potansiyellerini değerlendirmek ve bu uygulamaların kentsel yaşam kalitesine katkılarını ortaya koymaktır.

YEŞİL ALTYAPI KAVRAMI VE KENTSEL EKOLOJİK DAYANIKLILIK

Yeşil altyapı, kentsel çevre içerisinde doğal ve yarı-doğal ekolojik alanların birbirleriyle bağlantılı bir ağ halinde planlanmasını ifade eden, doğa temelli çözümlere dayalı bir kent yönetimi yaklaşımıdır (Štrbac et al., 2023). Bu kavram, çevresel süreçlerin sürekliliğini korumayı, ekosistem hizmetlerini güçlendirmeyi ve kentsel mekânın ekolojik dayanıklılığını artırmayı amaçlayan bütüncül bir planlama anlayışına dayanmaktadır (McPhearson et al., 2015). Yeşil altyapı, kentsel peyzajı yalnızca estetik veya rekreasyonel bir alan olarak değil, ekosistem fonksiyonlarının aktif bir bileşeni ve kent yaşamının sürdürülebilirliğini destekleyen temel bir sistem olarak ele almaktadır (Lovell and Taylor, 2013).

Yeşil altyapının temelinde, doğal ekosistemlerin düzenleyici (regülasyon), destekleyici (destekleyici döngüler), üretici (besin ve biyokütle oluşturma) ve kültürel (rehabilitasyon, rekreasyon, estetik) işlevlerinin kent yaşamı ile bütünleştirilmesi yatmaktadır (Austin, 2014). Bu çerçevede yeşil altyapı bileşenleri; kentsel ormanlar, park sistemleri, koruluklar, rekreasyon alanları, su yolu kenarı yeşil bantlar, biyolojik koridorlar, yeşil çatılar ve dikey bahçeler gibi çok çeşitli mekânsal birimleri kapsar (Austin, 2014).

Yeşil altyapı sistemlerinin kent ekosistemi üzerinde sağladığı başlıca faydalar şu şekilde özetlenebilir (Wróblewska and Jeong, 2021; Block et al., 2012; Chen, 2015; Monteiro et al., 2020; Wang et al., 2024; Coutts and Hahn, 2015):

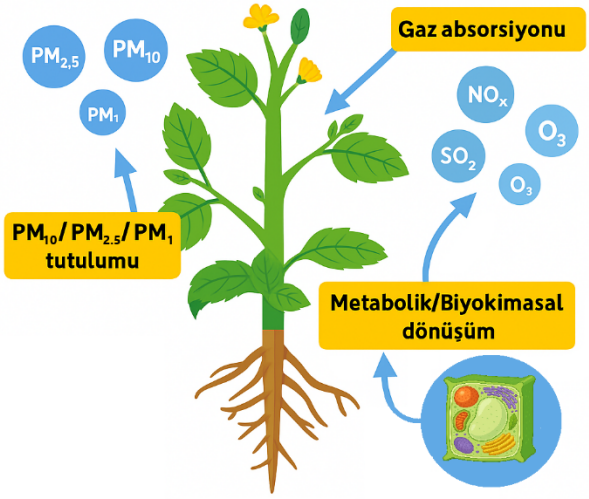
- **Hava Kalitesinin İyileştirilmesi:** Bitkiler, yaprak ve gövde yüzeylerinde kirletici partikülleri tutarak, stomaları aracılığıyla gaz kirleticileri absorbe ederek hava kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlar.
- **Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması:** Buharlaşmalı soğutma (evapotranspirasyon) ve gölgeleme yoluyla kent merkezlerindeki sıcaklık artışlarını dengelemeye yardımcı olur.
- **Karbon Depolama ve Emisyon Azaltımı:** Bitkiler fotosentez yoluyla atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunu düşürerek karbon döngüsünde aktif rol oynar.
- **Yağmur Suyu Yönetimi:** Yeşil altyapı, yağmur suyunun tutulması, filtrelenmesi ve yeraltı suyu döngüsüne geri kazandırılması süreçlerini destekleyerek yüzey akışını ve taşkın riskini azaltır.
- **Biyolojik Çeşitliliğin Korunması:** Habitat sürekliliği sağlayan yeşil koridorlar, fauna ve flora için yaşam alanları oluşturarak kent içinde ekolojik çeşitliliğin devamlılığını destekler.
- **Toplumsal ve Psikolojik İyileştirici Etkiler:** Doğal alanların kent yaşamına entegrasyonu, insanların ruhsal iyilik halini, sosyal etkileşim düzeyini ve yaşam kalitesini olumlu yönde etkiler.

Yeşil altyapının başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, planlama kararlarının mekânsal bütünlük ve ekosistem fonksiyonu odaklı ele alınmasını gerektirir (Ronchi et al., 2020). Uygulama sürecinde yalnızca bitki örtüsünün artırılması değil, bitkisel düzenlemelerin ekolojik fonksiyonlarına göre tasarlanması esastır (Coppin and Stiles, 2003). Bu noktada bitkisel hava filtreleri (fitofiltrasyon), yeşil altyapı stratejilerinin hava kalitesi yönetimi bileşeni içinde kritik bir araç olarak değerlendirilmektedir (Wróblewska and Jeong, 2021).

Bitkisel hava filtresi uygulamaları; trafik yoğun akslar, sanayi bölgeleri, yerleşim alanları, okul ve sağlık kurumlarının çevresi gibi hava kirliliğinin yoğun yaşandığı noktalarda doğrudan çevresel müdahale kapasitesine sahip doğa temelli çözümler sunmaktadır (Mata et al., 2021). Bu yönüyle yeşil altyapı, yalnızca çevresel değil kentsel sağlık politikaları açısından da temel bir planlama bileşeni haline gelmektedir.

FİTOFİLTRASYON SİSTEMLERİNİN ETKİ MEKANİZMASI

Fitofiltrasyon, atmosferdeki gaz ve partikül kirleticilerin bitki dokuları ve yüzeyleri tarafından tutulması, emilmesi ve biyokimyasal süreçlerle dönüştürülmesi esasına dayanan doğal bir hava arıtma mekanizmasıdır (Teiri et al., 2022). Bu yaklaşım, bitkilerin yapısal, morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin çevresel iyileştirme amacıyla planlı olarak kullanılmasını kapsar. Kentsel hava kirliliği açısından temel hedef; partikül madde ($PM_{2.5}$ ve PM_{10}), azot oksit (NO_x), kükürt dioksit (SO_2), ozon (O_3) ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) bitkiler aracılığıyla azaltılmasıdır (Meo et al., 2024).



Şekil 1. Fitofiltrasyon etki mekanizması

Fitofiltrasyonun etkinliği üç ana süreç üzerinden gerçekleşir (Teiri et al., 2022; Gardea-Torresdey et al., 2004; Hanus-Fajerska and Kozminska, 2016; Bulu and Oladoja, 2023):

1. Partikül Tutulumu (Depozisyon)

Bitki yaprak ve dal yüzeyleri, havadaki partikül maddelerin tutulmasında doğal bir filtre görevi görür. Bu süreç, aşağıdaki faktörlerle ilişkilidir:

- **Yaprak Yüzey Pürüzlülüğü:** Pürüzlü, kıllı (trikomlu) ve balmumsu yapraklar partikül yakalama kapasitesini artırır.
- **İğne Yapraklı ve Küçük Yapraklı Türler:** Aerodinamik etkiler nedeniyle hava içerisindeki PM'yi daha etkin şekilde yakalar.
- **Dallanma ve Taç Yapısı:** Geniş ve yoğun taç yapıları, havadaki partikülleri fiziksel olarak keserek depozisyonu artırır.

Özellikle çam, sedir, servi (*Pinus, Cedrus, Cupressus spp.*) gibi iğne yapraklı türlerin yıl boyu yaprak tutması, filtrasyon etkinliğini süreklileştirmektedir (Hillock and Schnelle, 2020).

2. Gazların Absorpsiyonu ve Difüzyonu

Bitkiler, stomaları ve kutikula yapıları aracılığıyla gaz kirleticileri doğrudan bünyelerine alabilmektedir (Gupta, 2016). Bu süreçte, stoma yoğunluğu ve açıklığı, gaz alışverişinin temel belirleyicisidir (Harrison et al., 2020). Fotosentez ve solunum döngüsü, CO_2 ve oksijen dengesi üzerinden atmosferin kimyasal bileşimine doğrudan katkı sağlar.

SO_2, NO_x ve uçucu organik bileşikler, yaprak mezofil dokusunda iyonlara, organik asitlere veya amino bileşiklerine dönüştürülerek toksisite etkisi azaltılabilir (Keeling et al., 1993; Mulenga et al., 2020). Bu mekanizma, kentsel alanlarda bitki seçiminin yalnızca estetik kriterlere göre değil, fizyolojik gaz alışverişi kapasitesi dikkate alınarak yapılmasını zorunlu hale getirir.

3. Biyokimyasal Dönüşüm ve Metabolizasyon

Bazı kirleticiler bitkiler tarafından enzimatik reaksiyonlar yoluyla daha kararlı ve toksik olmayan bileşiklere dönüştürülebilir (Kumari et al., 2021). Örneğin uçucu organik bileşiklerin bir kısmı bitki metabolizması sırasında fenolik bileşikler veya organik asitlere dönüştürülür (Dudareva et al., 2013). NO_x bileşikleri nitrata dönüşerek azot döngüsüne dahil olabilir (Kleerebezem and Lücker, 2021). SO_2, sülfat bileşiklerine çevrilerek hücresel metabolizmada kullanılabilir. Bu süreç, fitofiltrasyonu yalnızca fiziksel bir tutma işleminden çıkararak aktif biyolojik arıtma düzeyine taşımaktadır (Mthembu, 2018).

4. Fitofiltrasyon Etkinliğini Belirleyen Faktörler

Fitofiltrasyon sistemlerinin başarısı hem bitkisel hem de kentsel çevresel koşullarla ilişkilidir (Gong et al., 2023) (Tablo 1).

Tablo 1. Fitofiltrasyon Etkinliğini Belirleyen Çevresel ve Morfolojik Faktörler

Etken	**Açıklama**
Bitki türü seçimi	Yaprak morfolojisi ve stoma yapısına göre değişir (Jerbi et al., 2020).
İklim ve mikroklima	Sıcaklık ve nem, gaz alışveriş hızını etkiler (Teiri et al., 2022).
Hava akım hızı	Yüksek hava akımı, partikül çarpışma oranını artırır (Litschke and Kuttler, 2008).
Kentsel tasarım yoğunluğu	Yeşil alanların dağılımı filtrasyon etkinliğini belirler (Ruby and Appleton, 2010).
Yaprak yüzey sürekliliği (mevsimsellik)	Yaprak dökmeyen türler yıl boyu etkilidir (Roy et al., 2025-a).

Bu bağlamda, bitkisel hava filtresi sistemleri rastlantısal dikim uygulamalarından ziyade bilimsel kriterlere dayalı peyzaj planlaması gerektiren mühendislik uygulamalarıdır.

BİTKİ MORFOLOJİSİNİN HAVA KİRLETİCİ TUTMA PERFORMANSINA ETKİSİ

Bitkilerin hava kirliliğini azaltma kapasiteleri, yalnızca tür düzeyinde farklılık göstermemekte; aynı zamanda yaprak formu, yüzey yapısı, stoma dağılımı, taç mimarisi ve biyokimyasal bileşenleri gibi morfolojik ve fizyolojik özellikler tarafından belirlenmektedir (Banerjee et al., 2022). Bu nedenle, kentsel peyzajda kullanılacak bitki türlerinin seçiminde görsel estetikten ziyade çevresel fonksiyonellik temel alınmalı; özellikle partikül madde tutma ve gaz absorpsiyonu kapasitesi yüksek türlere öncelik verilmelidir.

1. Yaprak Yüzey Pürüzlülüğü ve Trikom Yapıları

Yaprak yüzeyindeki pürüzlülük, tüylenme (trikom), kıvrım ve mikroskobik çıkıntılar, partikül maddelerin yaprak yüzeyine çarpmasını kolaylaştırarak $PM_{2.5}$ ve PM_{10} birikimini artırır (Roy et al., 2025-b). Trikomlu yapraklar partikül tutma performansında oldukça etkilidir. Balmumsu (kutikula) tabakası kalın olan türler, partiküllerin yüzeyde daha uzun süre tutulmasına olanak tanır.

Laurus nobilis (Defne), *Nerium oleander* (Zakkum), *Olea europaea* (Zeytin) gibi türlerin fitofiltrasyoın potansiyeli diğer türlere kıyasla oldukça yüksektir (Al-Sayaydeh et al., 2022).

2. Yaprak Biçimi ve Boyutu

İğne yapraklı türler, aerodinamik yapıları nedeniyle özellikle trafik kaynaklı kirleticilerin yoğun olduğu alanlarda etkili bir fitofiltrasyon sağlar (Jerbi et al., 2020). Geniş yapraklı türler ise yüzey alanı avantajı ile gaz absorpsiyonunda etkilidir (Teiri et al., 2022).

Tablo 2. Yaprak Morfolojisine Göre Kirletici Türlerine Etki Eden Bitki Grupları

Yaprak Tipi	**Etkili Olduğu Kirletici**	**Öne Çıkan Türler**
İğne yapraklı	$PM_{2.5}$ ve PM_{10}	*Pinus spp., Cedrus spp., Cupressus spp.* (Masarovičová Kráľová, 2019).
Geniş yapraklı	NO_x, SO_2 ve O_3	*Tilia spp., Populus spp., Quercus spp.* (Kais et al., 2025).

3. Stoma Yoğunluğu ve Dağılımı

Stomalar bitkilerin gaz alışverişini sağlayan mikroskobik açıklıklardır. Stoma yoğunluğu arttıkça SO_2, NO_x, O_3 gibi gaz kirleticilerin absorpsiyonu artar (Soreanu et al., 2013). Ancak çok kirli ortamlarda stomaların kapanması, bitkinin kendini koruma mekanizması olarak etkinliği sınırlayabilir (Jerbi et al., 2020). Bu nedenle kent hava kalitesinin mevsimsel değişimleri, bitki seçimi ve konumlandırma sürecinde dikkate alınmalıdır.

4. Taç Yapısı ve Bitki Formu

Bitki tacının genişliği, dal yoğunluğu ve bitki boyu, hava akışı rejimini doğrudan etkiler (Teiri et al., 2022). Geniş ve yoğun taç yapıları, hava akımını yavaşlatarak partikül maddelerin çökmesine yardımcı olur (Papaioannou, 2013). Lineer koridor biçiminde dizilmiş ağaçlar, kirletici yayılımını sınırlandıran doğal bariyer görevi görür (Kennen and Kirkwood, 2015). Özellikle yol kenarı ağaçlandırmalarında, kirli havayı bina cephelerine doğru yönlendirmeyecek hava akımı optimizasyonu yapılmalıdır (Vitaliano et al., 2024).

5. Balmumu (Kutikula) Tabakası

Kutikula tabakasındaki epikutiküler mum yoğunluğu, uçucu organik bileşikler ve ozon gibi gazların yaprak üzerinde tutulma süresini artırır (Suruchi and Singh, 2024). Bu özellik özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde yetişen çalı ve ağaç türlerinde yaygındır (Padmavathiamma et al., 2014). *Nerium oleander, Pittosporum tobira, Juniperus sabina* gibi türler fitofiltrasyon kapasitesi yüksek türlerdir (Boanyah and Bondzie-Quaye, 2025).

6. Kentsel Bitki Seçimi İçin Tür Öneri Kriterleri

Kentsel alanlarda kullanılacak bitki türlerinin seçimi, yalnızca estetik kaygılarla değil, çevresel işlevsellik, ekolojik uyum ve bakım sürdürülebilirliği ilkeleriyle yapılmalıdır. Tür seçimi sürecinde yaprak morfolojisi, stoma yoğunluğu, yüzey pürüzlülüğü, kutikula kalınlığı, kök sistemi yapısı ve iklim adaptasyonu gibi morfolojik ve fizyolojik özellikler dikkate alınmalıdır. Ayrıca, kirletici yoğunluğu yüksek bölgelerde yaprak dökmeyen, balmumsu yüzeyli ve stomal aktivitesi yüksek türler tercih edilmelidir. Bu kriterler, hem hava kalitesinin iyileştirilmesine hem de yeşil altyapı sistemlerinin uzun ömürlü olmasına katkı sağlar.

Tablo 3. Kentsel Fitofiltrasyon İçin Bitki Türü Seçiminde Dikkate Alınması Gereken Morfolojik Kriterler

Kriter	**Açıklama**
Yaprak yüzeyi pürüzlü ve tüylenme yüksek	PM tutulumunu artırır (Kretz et al., 2020).
Yoğun ve sürekli yeşil taç yapısı	Filtrasyon etkisi yıl boyu devam eder (Pettit, 2021).
Orta-yüksek stoma yoğunluğu	Gaz absorpsiyon kapasitesini artırır (Jerbi et al., 2020).
Kutikula tabakası güçlü türler	Endüstriyel ve trafik kirliliğine dayanıklıdır (Yan et al., 2018).
Kuraklığa tolerans	Bakım maliyetini düşürür, sürdürülebilirliği artırır (Hanus-Fajerska and Kozminska, 2016).

Tüm bu açıklamalar bitki seçiminin çevresel mühendislik parametrelerine göre yapılması gerektiği sonucunu doğurmaktadır.

KENTSEL UYGULAMA MODELLERİ

Kentsel alanlarda bitkisel hava filtresi uygulamalarının etkinliği, yalnızca uygun bitki türlerinin seçimine değil; bu türlerin mekânsal yerleşimi, çevresel koşullarla etkileşimi ve kentsel hava akış modelleriyle uyumu üzerine planlanmasına bağlıdır (Barwise and Kumar, 2020). Fitofiltrasyon sistemleri, kent dokusu içerisinde yeşil koridorlar, yol kenarı ağaçlandırmaları, dikey bahçeler, yeşil çatılar ve tampon yeşil kuşaklar gibi farklı ölçeklerde uygulanabilmektedir (Jacklin, 2022). Her bir uygulama türü, kentsel kirlilik dağılımı ve kullanıcı yoğunluğu dikkate alınarak stratejik şekilde konumlandırılmalıdır.

1. Yeşil Koridorlar ve Lineer Bitkilendirme Sistemleri

Yeşil koridorlar, kentsel mekân içinde ekolojik sürekliliği sağlayan lineer yeşil alan ağlarıdır (Dika and Rimac, 2021). Trafik arterleri, sanayi bölgeleri ve yoğun yapılaşmış ana yollar boyunca oluşturulan koridorlar, kirleticilerin yatay yönlü yayılımını sınırlayarak hava kalitesini artırır. Yoğun ve çok katmanlı bitkilendirme (ağaç + çalı + yer örtücü), hava akış hızını düşürerek partikül çökelmesini artırır (Stypulkowski, 2024).
Bu uygulamalar aynı zamanda yaya ve bisiklet yolları için ekolojik gölgeleme ve ısı adası etkisini azaltma işlevi de görür.

2. Yol Kenarı Ağaçlandırmaları

Trafik kaynaklı kirleticilerin yoğun olduğu alanlarda, yol kenarı bitkilendirmeleri doğal filtrasyon bariyeri görevi görür (Pettit et al., 2021). Ancak, ağaçların doğru yerleştirilmemesi, kirleticilerin bina cepheleri veya yaya bölgeleri arasında hapsolmasına neden olabilir (Papaioannou, 2013). Bu nedenle hava akımını tamamen kesen çok sık dikim yerine, hava geçişine izin veren süreklilikte taç yapısı tercih edilmelidir (Gawronski and Gawronska, 2017). Yol genişliği, bina yüksekliği ve rüzgâr koridorları dikkate alınarak ağaç tacı yüksekliği optimize edilmelidir.

3. Dikey Bahçeler (Yeşil Cephe Sistemleri)

Dikey bahçeler, özellikle yapı yoğunluğu yüksek ve açık yeşil alanların sınırlı olduğu kent merkezlerinde fitofiltrasyon etkinliğini artıran etkili çözümlerdir (Wang et al., 2024). Yapı cephelerinde PM ve NO_x birikimini azaltmak, bina yüzeylerinin ısı kazancını düşürerek enerji tüketimini azaltmak ve görsel kaliteyi yükselterek psikolojik iyilik hâline katkı sağlamak gibi pek çok avantaja sahiptir (Kaur et al., 2025). Ayrıca modüler veya hidrofonik sistemlerle uygulanması bakım maliyetini azaltır.

4. Yeşil Çatılar

Yeşil çatı sistemleri, kent ekosistemlerinde hem iklimsel hem de kimyasal iyileştirici rol üstlenir (Yan et al., 2024). Evapotranspirasyon yoluyla kentsel ısı adasını düşürür, bitkisel yüzeyler sayesinde partikül tutma ve karbon depolama kapasitesi artar ve yağmur suyu tutma kapasitesi ile yüzey akış ve taşkın riskini azaltır (Jacklin, 2022). Ekstansif (düşük bakım) ve intensif (derin toprak ve yüksek bitki çeşitliliği) çatı modelleri, bina fonksiyonlarına göre planlanmalıdır (Kaur et al., 2025).

5. Kentsel Tampon ve Geçiş Kuşakları

Sanayi bölgeleri, enerji santralleri, atık depolama alanları ve otoyol kenarlarında tampon yeşil kuşaklar, kirleticilerin yerleşim alanlarına ulaşmasını sınırlar (Licht and Isebrands, 2005). Bu bölgelerde dayanıklılığı yüksek, stomal aktivitesi güçlü ve yaprak dökmeyen türler kullanılmalıdır. *Pinus nigra*, *Cedrus deodara*, *Cupressus sempervirens* (iğne yapraklı) ve *Populus alba*, *Tilia cordata*, *Acer negundo* (geniş yapraklı) türler sayılabilir (Jerbi et al., 2020). Özetle, kentsel ölçekte fitofiltrasyon uygulamaları rastgele yeşillendirme değil, hava akış modellemesi + bitki morfolojisi + kirlilik kaynak analizi odaklı mühendislik tabanlı ekolojik tasarım gerektirir.

SONUÇ

Sürdürülebilir kent planlaması, yalnızca yapılaşmayı düzenleyen bir süreç olmanın ötesinde, insan sağlığını ve çevresel dengeyi merkeze alan bütüncül bir kentsel yönetim yaklaşımını gerektirmektedir. Bu kapsamda yeşil altyapı sistemleri, kent ekosistemlerinin işleyişini destekleyen, mikroiklim koşullarını düzenleyen ve hava kalitesini iyileştiren stratejik bileşenler olarak öne çıkmaktadır. Bitkisel hava filtresi (fitofiltrasyon) yaklaşımları ise bu sistemlerin en önemli uygulama alanlarından birini oluşturmaktadır.

Çalışmada ortaya konduğu üzere bitkiler, yaprak yüzey özellikleri, stoma yoğunluğu, taç yapısı ve biyokimyasal süreçleri aracılığıyla başta $PM_{2.5}$, PM_{10}, NO_x ve SO_2 olmak üzere pek çok hava kirleticiyi fiziksel veya kimyasal yollarla tutma ve dönüştürme kapasitesine sahiptir. Bu nedenle kent içi bitkilendirme çalışmalarının estetik ve rekreatif işlevler yanında, çevresel filtreleme kapasitesi dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir.

Kentsel ölçekte fitofiltrasyon uygulamalarının etkin olabilmesi için:

- Bitki türü seçimi, morfolojik ve fizyolojik özelliklere göre yapılmalı,
- Yeşil koridorlar, yol kenarı ağaçlandırmaları, dikey bahçeler ve yeşil çatı sistemleri birbirini tamamlayan bir ağ yapısı içinde planlanmalı,
- Kentsel tasarım sürecinde hava akışı, trafik yoğunluğu ve kirletici kaynak dağılımı dikkate alınmalı,
- Yeşil altyapı projeleri yerel yönetimler, şehir plancıları, peyzaj mimarları ve çevre mühendislerinin ortak çalışması ile yürütülmelidir.

Sonuç olarak, yeşil altyapının stratejik bir kentsel planlama bileşeni olarak değerlendirilmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesi, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, karbon tutulumunun artırılması ve halk sağlığının korunması açısından kritik önem taşımaktadır.

Yeşil altyapı tabanlı fitofiltrasyon uygulamalarının yaygınlaştırılması, kentlerin hem iklim değişikliğine uyum kapasitelerini güçlendirecek hem de daha sağlıklı, yaşanabilir ve dirençli kentsel çevrelerin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Al-Sayaydeh, R. S., Al-Hawadi, J. S., Al-Habahbeh, K. A., Al-Nawaiseh, M. B., Albdaiwi, R. N., & Ayad, J. Y. (2022). Phytoremediation potential of selected ornamental woody species to heavy metal accumulation in response to long-term irrigation with treated wastewater. *Water*, *14*(13), 2086.

Austin, G. (2014). *Green infrastructure for landscape planning: integrating human and natural systems*. Routledge.

Banerjee, S., Banerjee, A., & Palit, D. (2022). Morphological and biochemical study of plant species-a quick tool for assessing the impact of air pollution. *Journal of Cleaner Production*, *339*, 130647.

Barwise, Y., & Kumar, P. (2020). Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: A practical review for appropriate plant species selection. *Npj Climate and Atmospheric Science*, *3*(1), 12.

Block, A. H., Livesley, S. J., & Williams, N. S. (2012). Responding to the urban heat island: a review of the potential of green infrastructure. *Vic. Cent. Clim. Chang. Adapt*, 1-62.

Boanyah, G. Y., & Bondzie-Quaye, P. (2025). Phytoremediation of Fluoride Contaminated Water. In Fluorides in Drinking Water: Source, Issue, and Mitigation Strategies (pp. 333-348). Cham: Springer Nature Switzerland.

Buhaug, H., & Urdal, H. (2013). An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities. *Global environmental change*, *23*(1), 1-10.

Bulu, Y. I., & Oladoja, N. A. (2023). Process variables that defined the phytofiltration efficiency of invasive macrophytes in aquatic system. *International Journal of Phytoremediation*, *25*(13), 1774-1792.

Chen, W. Y. (2015). The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: A nationwide estimate. *Cities*, *44*, 112-120.

Coppin, N., & Stiles, R. (2003). Ecological principles for vegetation establishment and maintenance. In *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach* (pp. 61-99). Taylor & Francis.

Coutts, C., & Hahn, M. (2015). Green infrastructure, ecosystem services, and human health. *International journal of environmental research and public health*, *12*(8), 9768-9798.

del Carmen Redondo-Bermúdez, M., Gulenc, I. T., Cameron, R. W., & Inkson, B. J. (2021). 'Green barriers' for air pollutant capture: leaf micromorphology as a mechanism to explain plants capacity to capture particulate matter. *Environmental pollution*, *288*, 117809.

Dika, I. R., & Rimac, M. (2021, October). The role and importance of plant purification systems in the ecological approach to landscape design. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 879, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.

Dudareva, N., Klempien, A., Muhlemann, J. K., & Kaplan, I. (2013). Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytologist*, *198*(1), 16-32.

Fang, X., Li, J., & Ma, Q. (2023). Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review. *Sustainable Cities and Society*, *98*, 104843.

Gardea-Torresdey, J. L., De La Rosa, G., & Peralta-Videa, J. R. (2004). Use of phytofiltration technologies in the removal of heavy metals: A review. *Pure and applied Chemistry*, *76*(4), 801-813.

Gawronski, S. W., & Gawronska, H. (2017). Air phytoremediation. In *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 5* (pp. 487-504). Cham: Springer International Publishing.

Gong, C., Xian, C., Wu, T., Liu, J., & Ouyang, Z. (2023). Role of urban vegetation in air phytoremediation: differences between scientific research and environmental management perspectives. *npj Urban Sustainability*, *3*(1), 24.

Gupta, A. (2016). Effect of air pollutants on plant gaseous exchange process: effect on stomata and respiration. In *Plant responses to air pollution* (pp. 85-92). Singapore: Springer Singapore.

Hanus-Fajerska, E. J., & Kozminska, A. (2016). The possibilities of water purification using phytofiltration methods: a review of recent progress. *BioTechnologia. Journal of Biotechnology Computational Biology and Bionanotechnology*, *97*(4).

Harrison, E. L., Arce Cubas, L., Gray, J. E., & Hepworth, C. (2020). The influence of stomatal morphology and distribution on photosynthetic gas exchange. *The Plant Journal*, *101*(4), 768-779.

Hillock, D., & Schnelle, M. (2020). Selecting evergreen trees.

Irga, P. J., Pettit, T. J., & Torpy, F. R. (2018). The phytoremediation of indoor air pollution: a review on the technology development from the potted plant through to functional green wall biofilters. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *17*(2), 395-415.

Jacklin, D. M. (2022). *Plant biofiltration for urban stormwater runoff purification in South Africa* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

Jerbi, A., Brereton, N. J., Sas, E., Amiot, S., Lachapelle-T, X., Comeau, Y., ... & Labrecque, M. (2020). High biomass yield increases in a primary effluent wastewater phytofiltration are associated to altered leaf morphology and stomatal size in Salix miyabeana. *Science of The Total Environment*, *738*, 139728.

Kais, K., Suchocka, M., Balcerzak, O., & Przybysz, A. (2025). Street Trees as Sustainable Urban Air Purifiers: A Methodological Approach to Assessing Particulate Matter Phytofiltration. *Sustainability*, *17*(16), 7451.

Kaur, J., Mudgal, G., & Dhar, S. K. (2025). Decoration Plants and Their Role in Remediation. In *Sustainable Remediation for Pollution and Climate Resilience* (pp. 695-724). Singapore: Springer Nature Singapore.

Keeling, R. F., Najjar, R. P., Bender, M. L., & Tans, P. P. (1993). What atmospheric oxygen measurements can tell us about the global carbon cycle. *Global Biogeochemical Cycles*, *7*(1), 37-67.

Kennen, K., & Kirkwood, N. (2015). *Phyto: principles and resources for site remediation and landscape design*. Routledge.

Kleerebezem, R., & Lücker, S. (2021). Cyclic conversions in the nitrogen cycle. *Frontiers in Microbiology*, *12*, 622504.

Kretz, L., Seele, C., van der Plas, F., Weigelt, A., & Wirth, C. (2020). Leaf area and pubescence drive sedimentation on leaf surfaces during flooding. *Oecologia*, *193*(3), 535-545.

Kumari, R., Singh, A., & Yadav, A. N. (2021). Fungal enzymes: Degradation and detoxification of organic and inorganic pollutants. In *Recent trends in mycological research: volume 2: environmental and industrial perspective* (pp. 99-125). Cham: Springer International Publishing.

Li, F., Liu, X., Zhang, X., Zhao, D., Liu, H., Zhou, C., & Wang, R. (2017). Urban ecological infrastructure: an integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems. *Journal of Cleaner Production*, *163*, S12-S18.

Liang, D., & Huang, G. (2023). Influence of urban tree traits on their ecosystem services: a literature review. *Land*, *12*(9), 1699.

Licht, L. A., & Isebrands, J. G. (2005). Linking phytoremediated pollutant removal to biomass economic opportunities. *Biomass and Bioenergy*, *28*(2), 203-218.

Litschke, T., & Kuttler, W. (2008). On the reduction of urban particle concentration by vegetation-a review. *Meteorologische Zeitschrift*, *17*(3), 229-240.

Lovell, S. T., & Taylor, J. R. (2013). Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape ecology*, *28*(8), 1447-1463.

Masarovičová, E., & Kráľová, K. (2019). Woody species in phytoremediation applications for contaminated soils. In *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 6* (pp. 319-373). Cham: Springer International Publishing.

Mata, T. M., Oliveira, G. M., Monteiro, H., Silva, G. V., Caetano, N. S., & Martins, A. A. (2021). Indoor air quality improvement using nature-based solutions: design proposals to greener cities. *International journal of environmental research and public health*, *18*(16), 8472.

McMichael, A. J. (2000). The urban environment and health in a world of increasing globalization: issues for developing countries. *Bulletin of the world Health Organization*, *78*, 1117-1126.

McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. (2015). Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services*, *12*, 152-156.

Meo, S. A., Salih, M. A., Alkhalifah, J. M., Alsomali, A. H., & Almushawah, A. A. (2024). Environmental pollutants particulate matter (PM2. 5, PM10), Carbon Monoxide (CO), Nitrogen dioxide (NO2), Sulfur dioxide (SO2), and Ozone (O3) impact on lung functions. *Journal of King Saud University-Science*, *36*(7), 103280.

Monteiro, R., Ferreira, J. C., & Antunes, P. (2020). Green infrastructure planning principles: An integrated literature review. *Land*, *9*(12), 525.

Mthembu, Q. N. (2018). *Effect of bidens pilosa L in sulfate removal from industrial wastewater in a hydroponic system* (Doctoral dissertation, University of Zululand).

Mulenga, C., Clarke, C., & Meincken, M. (2020). Physiological and growth responses to pollutant-induced biochemical changes in plants: A review. *Pollution*, *6*(4), 827-848.

Padmavathiamma, P. K., Ahmed, M., & Rahman, H. A. (2014). Phytoremediation-A sustainable approach for contaminant remediation in arid and semi-arid regions-a review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, *26*(9), 757.

Papaioannou, I. (2013). *Vegetated facades as environmental control systems: filtering fine particulate matter (PM2. 5) for improving indoor air quality* (Master's thesis, University of Southern California).

Pettit, T. J. (2021). *Botanical Biofilters for the Phytofiltration of Urban Air Pollutants* (Doctoral dissertation).

Pettit, T., Torpy, F. R., Surawski, N. C., Fleck, R., & Irga, P. J. (2021). Effective reduction of roadside air pollution with botanical biofiltration. *Journal of Hazardous Materials*, *414*, 125566.

Ronchi, S., Arcidiacono, A., & Pogliani, L. (2020). Integrating green infrastructure into spatial planning regulations to improve the performance of urban ecosystems. Insights from an Italian case study. *Sustainable Cities and Society*, *53*, 101907.

Roy, A., Mandal, M., Popek, R., Przybysz, A., & Sarkar, A. (2025-a). Decoding leaf micro-and macro-morphology: a path to effective particulate matter phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, 1-18.

Roy, A., Mandal, M., Przybysz, A., Haynes, A., Robinson, S. A., Sarkar, A., & Popek, R. (2025-b). Phytoremediating the air down under: Evaluating airborne particulate matter accumulation by 12 plant species in Australia. *Ecological Research*, *40*(3), 314-326.

Ruby, M., & Appleton, B. (2010). Using landscape plants for phytoremediation. In *Low Impact Development 2010: Redefining Water in the City* (pp. 323-332).

Santiago Fink, H. (2016). Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability. *Sustainability*, *8*(3), 254.

Singh, N., Singh, S., & Mall, R. K. (2020). Urban ecology and human health: implications of urban heat island, air pollution and climate change nexus. In *Urban ecology* (pp. 317-334). Elsevier.

Soreanu, G., Dixon, M., & Darlington, A. (2013). Botanical biofiltration of indoor gaseous pollutants–A mini-review. *Chemical engineering journal*, *229*, 585-594.

Štrbac, S., Kašanin-Grubin, M., Pezo, L., Stojić, N., Lončar, B., Ćurčić, L., & Pucarević, M. (2023). Green infrastructure designed through nature-based solutions for sustainable urban development. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(2), 1102.

Stypulkowski, A. L. (2024). Green Infrastructure Best Management Practices: Performance of Vegetated Filter Strips Designed for Infiltration and Sorptive Amendments.

Suruchi, & Singh, S. (2024). Removal of Toxic Chemicals from Air Through Phytoremediation. In *Phytoremediation: Biological Treatment of Environmental Pollution* (pp. 75-100). Cham: Springer Nature Switzerland.

Teiri, H., Hajizadeh, Y., & Azhdarpoor, A. (2022). A review of different phytoremediation methods and critical factors for purification of common indoor air pollutants: an approach with sensitive analysis. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *15*(3), 373-391.

Vitaliano, S., Cascone, S., & D'Urso, P. R. (2024). Mitigating built environment air pollution by green systems: An in-depth review. *Applied Sciences*, *14*(15), 6487.

Wang, D., Xu, P. Y., An, B. W., & Guo, Q. P. (2024). Urban green infrastructure: Bridging biodiversity conservation and sustainable urban development through adaptive management approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *12*, 1440477.

Wang, W., Zhou, X., Wu, S., Zhao, M., Jin, Z., Bei, K., ... & Fan, C. (2024). Vertical Green Wall Systems for Rainwater and Sewage Treatment. *Sustainability*, *16*(17), 7593.

Wróblewska, K., & Jeong, B. R. (2021). Effectiveness of plants and green infrastructure utilization in ambient particulate matter removal. *Environmental Sciences Europe*, *33*(1), 110.

Yan, G., Liu, J., Zhu, L., Zhai, J., Cong, L., Ma, W., ... & Zhang, Z. (2018). Effectiveness of wetland plants as biofilters for inhalable particles in an urban park. *Journal of Cleaner Production*, *194*, 435-443.

Yan, J., Yang, P., Wang, B., Wu, S., Zhao, M., Zheng, X., ... & Fan, C. (2024). Green roof systems for rainwater and sewage treatment. *Water*, *16*(15), 2090.

FLURALANER: MİNİ DERLEME

Öğr. Gör. Şerafettin KARTAL
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Samandağ Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji
ORCID: 0000-0003-0935-2590

Doç. Dr. Duygu DURNA ÇORUM
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0003-1567-991X

Doç. Dr. Orhan ÇORUM
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0003-3168-2510

ÖZET
Ektoparazitler hayvanlarda anemi, cilt irritasyonu, alerjik reaksiyonlar, kilo kaybı, kaşıntı, stres, bağışıklık sisteminin baskılanması, üreme veriminin düşmesi, enfeksiyöz hastalıkların bulaşması, deri ve yapağı kalitesinin bozulması gibi etkilere neden olarak ekonomik kayıplara ve ölümlere neden olurlar. Bu nedenle ektoparazitlerle mücadelede ektoparaziter ilaçlar yaygın olarak kullanılır. Fluralaner, izoksazolin grubunda yer alan ektoparaziter bir ilaçtır ve omurgasız canlıların sinir sisteminde gama-aminobütirik asit ve glutamat kapılı klorür kanalları üzerine güçlü inhibitör etkisinden dolayı insektisit ve akarasit etki gösterir. Fluralaner, parazitte klorür akışını engelleyerek depolarizasyona, merkezi sinir siteminde aşırı derecede uyarıya bağlı felce ve parazitin ölümüne neden olur. Fluralaner uzun eliminasyon yarılanma ömrüne (12-21 gün) sahip olduğu için tek dozda uzun süreli koruyucu etki gösterir. Fluralaner bit, pire ve kene gibi birçok ektoparazit türüne karşı etkisinden dolayı köpek, kedi ve tavukta kullanımı onaylanmıştır. Ayrıca sığır, at ve koyun gibi hayvanlarda da ektoparazitlerle mücadelede etiket dışı olarak kullanılır. Fluralaner oral veya topikal (spot on) olarak uygulanır. Köpek ve kedilerde dozları sırasıyla 25-56 mg/kg ve 40-94 mg/kg iken tavuklarda 0,5 mg/kg dozda içme suyu ile kullanımı önerilir. Fluralaner genel olarak güvenli kabul edilmesine karşın köpek ve kedilerde ishal, kusma, iştahsızlık ve salya akıntısı gibi gastrointestinal yan etkilere neden olduğu rapor edilmiştir. Bu derlemede fluralanerin etki mekanizması, kullanım alanları ve yan etkileri hakkında bilgi verilmiştir.
Anahtar Kelimeler: Fluralaner, ektoparazit, hayvanlar

FLURALANER: MINI REVIEW

ABSTRACT
Ectoparasites cause effects such as anemia, skin irritation, allergic reactions, weight loss, itching, stress, immune suppression, reduced reproductive performance, transmission of infectious diseases, and deterioration of skin and wool quality in animals, leading to economic losses and mortality. Therefore, ectoparasitic drugs are widely used in ectoparasite control. Fluralaner is an ectoparasitic drug in the isoxazoline group and exhibits insecticidal and acaricidal effects due to its strong inhibitory effects on gamma-aminobutyric acid and glutamate-gated chloride channels in the nervous system of invertebrates.

Fluralaner blocks chloride flow in the parasite, causing depolarization, paralysis due to excessive stimulation in the central nervous system, and parasite death. Fluralaner has a long elimination half-life (12-21 days), providing long-term protective effects with a single dose. Fluralaner is approved for use in dogs, cats, and chickens due to its effectiveness against many ectoparasites such as lice, fleas, and ticks. It is also used off-label for ectoparasite control in animals such as cattle, horses, and sheep. Fluralaner is administered orally or topically (spot-on). Doses for dogs and cats are 25-56 mg/kg and 40-94 mg/kg, respectively, while for chickens, the recommended dose is 0.5 mg/kg in drinking water. While Fluralaner is generally considered safe, it has been reported to cause gastrointestinal side effects such as diarrhea, vomiting, anorexia, and drooling in dogs and cats. This review provides information on the mechanism of action, indications, and side effects of fluralaner.
Keywords: Fluralaner, ectoparasites, animals

GİRİŞ

Ektoparazitler çiftlik hayvanları, evcil ve yabani hayvanların vücut yüzeyinde yaşarlar ve konağın kan, lenf, deri, yapağı, tüy gibi dokularını ve organik maddeleri besin olarak kullanırlar (Tompkins ve Begon 1999). Hayvanlarda anemi, cilt irritasyonu ve alerjik reaksiyonlar, kilo kaybı ve kilo alamama, kaşıntı, stres, bağışıklık sisteminin baskılanması, döl veriminin düşmesi, enfeksiyöz hastalıkların bulaşması, deri ve yapağı kalitesinin bozulması (Chanie ve ark. 2010; De León ve ark. 2020) gibi birçok olumsuz etkiye neden olurlar. Hayvanlar tedavi edilmediğinde ekonomik kayıplar, hayvanın konforunda azalma, parazite bağlı felç ve ölümler görülebilir (Hall-Mendelin ve ark. 2011). Ektoparaziter ilaçlar, hayvanların vücut yüzeyinde yaşayan parazitleri öldürür ve parazitlere karşı koruyucu etki sağlar. İzoksazolin grubu içerisinde yer alan fluralaner ektoparazitlere karşı kullanılır.

FLURALANER

Fluralanerin Farmakolojik Özellikleri

Fluralaner, izoksazolin grubunun bir üyesidir. Omurgasız canlıların sinir sistemindeki gama-aminobütirik asit ve glutamat kapılı klorür kanalları üzerinde güçlü inhibitör aktiviteleri ile insektisidal ve akarasidal etki gösterirler. Parazitin presinaptik ve postsinaptik dokularına bağlanarak klorür akışını engeller sonrasında depolarizasyona, merkezi sinir siteminin aşırı derecede uyarılması sonucu kas felcine ve parazitin ölümüne neden olurlar (Gassel ve ark. 2014). Fluralaner oral veya topikal yolla uygulandıktan sonra hızla emilir. Lipofilik özelikte olmasından dolayı özellikle yağ dokusunda yüksek konsantrasyonda birikmesi, plazma proteinlerine yüksek oranda bağlanması (yaklaşık %100) ve eliminasyon yarılanma ömrünün uzun olmasından (12-21 gün) dolayı etki süresi uzundur (EMA 2017).

Fluralanerin Hayvanlarda Kullanımı

Fluralaner kedi, köpek ve tavuk için onaylı ektoparaziter ilaçtır (EMA 2025). Oral, deri altı ve topikal (spot on) yolla uygulanır. Köpekler ve kediler için dozlar sırasıyla 25-56 mg/kg ve 40-94 mg/kg'dır. Tavuklarda ise içme sularına 0.5 mg/kg dozda uygulanır. Fluranaler tek dozla etkisini gösterir ve uzun süreli koruma sağlar. (EMA 2023; EMA 2017). Kedilerde ve köpeklerde özellikle *Ctenocephalides felis* piresine*, Ixodes ricinus, Dermacentor reticulatus*, *Dermacentor variabilis* ve *Rhipicephalus sanguineus* kenelerine karşı 8-10 hafta etkili olduğu ve pire alerjisi dermatitinde (EMA 2023), tavuklarda ise önemli bir akar olan *Dermanyssus gallinae'ye* karşı kullanıldığı rapor edilmiştir (EMA 2017).

Ayrıca; köpeklerde *Sarcoptes scabiei* (Taenzler ve ark. 2016), *Otodectes cynotis* (Taenzler ve ark. 2014), *Demodex canis* (Petersen ve ark. 2020), *Trypanosoma cruzi* (Fiatsonu ve ark. 2023; Laiño ve ark. 2022)'ye; kedilerde ise *Otodectes cynotis* (Taenzler ve ark. 2014; Bosco ve ark. 2019), *Demodex cati* (Matricoti ve Maina 2017), Demodex gatoi (Chuenngam ve ark. 2024), *Sarcoptes scabiei* (Curtis ve ark. 2019), *Dermatobia hominis* (Ribeiro Campos ve ark. 2021)'ye, tavuklarda *Cimex lectularius* (González-Morales ve ark. 2023)'e karşı etkili olduğu gösterilmiştir.

Avusturalya'da fluralanerin koyunlarda *Bovicola ovis* bitlerine karşı oral yolla 1.5 mg/kg dozda kullanımı onaylanmıştır (Anonim 1). Sığırlarda 2.5 mg/kg spot on uygulama ile *Rhipicephalus microplus* (Gallina ve ark. 2024; de Aquino ve ark. 2024; Reckziegel ve ark. 2024), *Dermatobia hominis, Haematobia irritans, Cochliomyia hominivorax* (da Costa ve ark. 2023), tavşanlarda 25 mg/kg dozda *Psoroptes cuniculi* (Sheinberg ve ark. 2017), *Sarcoptes scabiei* (d'Ovidio ve Santoro 2021), atlarda *Amblyomma cajennense* ve *Rhipicephalus microplus* kenelerine (Nunez ve ark. 2024), vombatlarda *Sarcoptes scabiei'*ye (Wilkinson ve ark. 2021) karşı etkili bulunmuştur.

Fluralanerin Yan Etkileri

Fluralaner genel olarak güvenli kabul edilmesine karşın ilaca bağlı bazı yan etkiler rapor edilmiştir. Köpeklerde yaygın görülen yan etkilerin ishal, kusma, iştahsızlık ve salya akıntısı gibi gastrointestinal etkiler ve letarji olduğu belirtilmiştir. Kedilerde hafif ve geçici olan yan etkilerin alopesi, letarji, eritem, kaşıntı, davranış bozuklukları, apati, titreme, iştahsızlık, kusma, salya akıntısı olduğu rapor edilmiştir. Fluralanerin böbrek ve karaciğer üzerinde yan etkiler oluşturabileceği belirtilmiştir (FDA 2014; EMA 2017). Fluralanerin tavuklarda önerilen dozun 5 katı dozda (Prohaczik ve ark. 2017), atlarda 10 mg/kg ve 25 mg/kg dozda uygulamanın herhangi bir yan etkiye neden olmadığı (Morgan ve ark. 2025) rapor edilmiştir. Kedi, köpek koyun, sığır ve tavşanlarda fluralanerin ektoparazitlere karşı etkinliği ile ilgili çalışmalarda herhangi bir yan etki bildirilmemiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

İzoksazolin grubuna ait bir ektoparaziter ilaç olan fluralaner birçok hayvan türünde kullanılır. Özellikle köpekler, kediler, tavuklar, koyunlar, sığırlar ve atlar üzerinde yapılan çalışmalar, fluralanerin insektisidal ve akarisidal etkilerinin çeşitli ektoparazitlere karşı uzun süreli koruma sağladığını göstermektedir. Ayrıca ilacın tek bir dozla uzun süre etkili olması ve birden çok ektoparazite karşı etkili olması avantajlarından birisidir. Ayrıca, farklı hayvan türlerinde yapılan klinik çalışmalarda, fluralanerin güvenli ve etkili olduğu, yan etkilerinin ise genellikle hafif ve geçici olduğu gözlemlenmiştir. Ancak yan etki profili göz önüne alınarak bireysel hastalığı veya duyarlılığı olan hayvanlarda dikkatli kullanılması gerekir. Ayrıca ilacın hedef türü dışında kalan sığır, koyun ve at gibi türlerde kullanımı için daha fazla güvenilirlik çalışmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Anonim 1 https://www.msd-animal-health.co.nz/products/flexolt/ Erişim T: 10/10/2025

2. Bosco, A., Leone, F., Vascone, R., Pennacchio, S., Ciuca, L., Cringoli, G., & Rinaldi, L. (2019). Efficacy of fluralaner spot-on solution for the treatment of Ctenocephalides felis and Otodectes cynotis mixed infestation in naturally infested cats. BMC Veterinary Research, 15(1), 28.

3. Chanie, M., Negash, T., & Sirak, A. (2010). Ectoparasites are the major causes of various types of skin lesions in small ruminants in Ethiopia. Tropical animal health and production, 42(6), 1103-1109.

4. Chuenngam, T. ve Chermprapai, S. (2024). Demodex gatoi'ye bağlı bir kedide pruritus dışı, aşırı tüy dökülmesi ve pullanmanın fluralaner topikal spot-on ile başarılı tedavisi. Journal of Feline Medicine and Surgery Open Reports , 10 (1), 20551169241246866.

5. Curtis, C. F., Bourdeau, P. J., Barr, P. A., & Mukherjee, R. (2019). Use of the novel ectoparasiticide fluralaner in the treatment of feline sarcoptic mange. Veterinary Record Case Reports, 7(1), e000772.

6. da Costa, A. J., de Souza Martins, J. R., de Almeida Borges, F., Vettorato, L. F., Barufi, F. B., de Oliveira Arriero Amaral, H., ... & Zanetti Lopes, W. D. (2023). First report of the efficacy of a fluralaner-based pour-on product (Exzolt® 5%) against ectoparasites infesting cattle in Brazil. Parasites & Vectors, 16(1), 336.

7. de Aquino, L. M., Zapa, D. M. B., de Castro Rodrigues, D., Strydom, T., Torres, S., Ferreira, L. L., ... & Lopes, W. D. Z. (2024). Two protocols using fluralaner for Rhipicephalus microplus strategic control on taurine cattle in a tropical region. Parasites & Vectors, 17(1), 15.

8. De León, A. A. P., Mitchell III, R. D., & Watson, D. W. (2020). Ectoparasites of cattle. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 36(1), 173-185.

9. d'Ovidio, D., & Santoro, D. (2021). Efficacy of fluralaner in the treatment of sarcoptic mange (Sarcoptes scabiei) in 12 pet rabbits. Topics in Companion Animal Medicine, 43, 100528.

10. EMA 2017 https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/fluralaner-poultry-european-public-maximum-residue-limit-assessment-report-epmar-cvmp_en.pdf Erişim T: 10/10/2025

11. EMA 2023 https://ec.europa.eu/health/documents/community register/2023/20230516159015/anx_159015_en.pdf Erişim T: 10/10/2025

12. EMA 2025 https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-summary/fluralaner-salmonidae-other-fin-fish-summary-opinion-cvmp-extension-maximum-residue-limits_en.pdf Erişim T: 10/10/2025

13. FDA 2014 https://www.fda.gov/media/116991/download Erişim T: 10/10/2025

14. Fiatsonu, E., Busselman, R. E., Hamer, G. L., Hamer, S. A., & Ndeffo-Mbah, M. L. (2023). Effectiveness of fluralaner treatment regimens for the control of canine Chagas disease: A mathematical modeling study. PLOS Neglected Tropical Diseases, 17(1), e0011084.

15. Gallina, T., dos Santos Lagranha, C., Bilo, G., Malavolta, C., Ferreira, L. L., de Almeida Borges, F., ... & Lopes, W. D. Z. (2024). Control of Rhipicephalus microplus on taurine cattle with fluralaner in a subtropical region. Parasites & Vectors, 17(1), 101.

16. Gassel, M., Wolf, C., Noack, S., Williams, H., & Ilg, T. (2014). The novel isoxazoline ectoparasiticide fluralaner: selective inhibition of arthropod γ-aminobutyric acid- and L-glutamate-gated chloride channels and insecticidal/acaricidal activity. Insect biochemistry and molecular biology, 45, 111-124.

17. González-Morales, M. A., Thomson, A. E., Yeatts, J., Enomoto, H., Haija, A., Santangelo, R. G., ... & Baynes, R. (2023). Pharmacokinetics of fluralaner as a systemic drug to control infestations of the common bed bug, Cimex lectularius, in poultry facilities. Parasites & Vectors, 16(1), 333.

18. Hall-Mendelin, S., Craig, S. B., Hall, R. A., O'donoghue, P., Atwell, R. B., Tulsiani, S. M., & Graham, G. C. (2011). Tick paralysis in Australia caused by Ixodes holocyclus Neumann. Annals of Tropical Medicine & Parasitology, 105(2), 95-106.

19. Laiño, M. A., Cardinal, M. V., Gaspe, M. S., Enriquez, G. F., Alvedro, A., Macchiaverna, N. P., & Gürtler, R. E. (2022). Control of pyrethroid-resistant populations of Triatoma infestans, the main vector of Trypanosoma cruzi, by treating dogs with fluralaner in the Argentine Chaco. Medical and Veterinary Entomology, 36(2), 149-158.

20. Matricoti, I., & Maina, E. (2017). The use of oral fluralaner for the treatment of feline generalised demodicosis: a case report. Journal of Small Animal Practice, 58(8), 476-479.

21. Morgan, J. M., Gentille, S. R., Goyette, F. D., Lehman, M. L., Boss, A. L., Cassano, J. M., ... & White, S. D. (2025). Pharmacokinetics and preliminary safety of single-dose oral fluralaner at 10 and 25 mg/kg in healthy horses revealed no adverse reactions. American Journal of Veterinary Research, 1(aop), 1-8.

22. Nunez, C. R., Waisburd, G. S., Cordero, A. M., Cardenas, R. H., Contreras, L. M., Ortega, A. F., & Gomez, L. G. B. (2024). Effectiveness of fluralaner in ticks infesting horses (Equus caballus). Res J. Vet. Pract, 12(2), 22-24.

23. Petersen, I., Chiummo, R., Zschiesche, E., Karas-Tecza, J., Rapti, D., Roepke, R., & Thomas, E. (2020). A European field assessment of the efficacy of fluralaner (Bravecto®) chewable and spot-on formulations for treatment of dogs with generalized demodicosis. Parasites & Vectors, 13(1), 304.

24. Prohaczik, A., Menge, M., Huyghe, B., Flochlay-Sigognault, A., & Traon, G. L. (2017). Safety of fluralaner oral solution, a novel systemic antiparasitic treatment for chickens, in laying hens after oral administration via drinking water. Parasites & Vectors, 10(1), 363.

25. Reckziegel, G. H., de Freitas, M. G., Tutija, J. F., Rodrigues, V. D., Borges, D. G. L., de Freitas, M. D. B., ... & de Almeida Borges, F. (2024). Efficiency of fluralaner pour-on in different strategic control protocols against Rhipicephalus microplus on Brangus cattle in a tropical area. Parasites & Vectors, 17(1), 110.

26. Ribeiro Campos, D., Pereira de Assis, R. C., de Oliveira Chaves, J. K., Pereira Salça de Almeida, G., Santos Lima, E. A., de Moraes Intrieri, J., & Barbour Scott, F. (2021). Furuncular myiasis caused by Dermatobia hominis in five cats and efficacy of topical fluralaner for its treatment. Veterinary Dermatology, 32(5), 438-e117.

27. Sheinberg, G., Romero, C., Heredia, R., Capulin, M., Yarto, E., & Carpio, J. (2017). Use of oral fluralaner for the treatment of Psoroptes cuniculi in 15 naturally infested rabbits. Veterinary dermatology, 28(4), 393-e91.

28. Taenzler, J., Liebenberg, J., Roepke, R. K., Frénais, R., & Heckeroth, A. R. (2016). Efficacy of fluralaner administered either orally or topically for the treatment of naturally acquired Sarcoptes scabiei var. canis infestation in dogs. Parasites & Vectors, 9(1), 392.

29. Taenzler, J., Wengenmayer, C., Williams, H., Fourie, J., Zschiesche, E., Roepke, R. K., & Heckeroth, A. R. (2014). Onset of activity of fluralaner (BRAVECTO™) against Ctenocephalides felis on dogs. Parasites & Vectors, 7(1), 567.

30. Tompkins, D. M., & Begon, M. (1999). Parasites can regulate wildlife populations. Parasitology today, 15(8), 311-313.

31. Wilkinson, V., Takano, K., Nichols, D., Martin, A., Holme, R., Phalen, D., ... & Carver, S. (2021). Fluralaner as a novel treatment for sarcoptic mange in the bare-nosed wombat (Vombatus ursinus): safety, pharmacokinetics, efficacy and practicable use. Parasites & vectors, 14(1), 18.

5-HT$_3$ RESEPTÖR ANTAGONİSTLERİNİN VETERİNER HEKİMLİKTE KULLANIMI

Öğr. Gör. Şerafettin KARTAL
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Samandağ Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji
ORCID: 0000-0003-0935-2590

Doç. Dr. Orhan ÇORUM
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0003-3168-2510

ÖZET
Serotonin, bilişsel, algısal ve duygusal işlevler, uyku, iştah, ağrı ve cinsel aktivite üzerine etkileri olan biyojenik bir monoamindir. Serotoninin birçok reseptörü vardır ve 5-HT$_3$'de bu reseptörlerden birisidir. 5-HT$_3$ reseptörü katyon seçici ligand kapılı iyon kanalıdır ve bu kanalın açılması, membran depolarizasyonuna ve nöronal uyarıma aracılık eder. 5-HT$_3$ reseptörü beş alt birimden oluşur, beyin sapında bulunur ve kusma refleksi, ağrı ve anksiyetenin kontrolünde rol alır. 5-HT$_3$ reseptörleri periferde ise pre- ve postgangliyonik otonomik nöronlar ile duyusal ve enterik sinir sistemi nöronlarında bulunur ve kalp ve gastrointestinal sistem üzerinde fizyolojik etkiler oluşturur. Seçici 5-HT$_3$ antagonistleri, etkilerini 5-HT$_3$ reseptörlerini bloke ederek gösterirler ve kusmanın tedavisinde kullanılırlar. 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin hayvanlarda kullanımı onaylanmamasına karşın farklı hastalık durumlarında etiket dışı olarak kullanılırlar. Hayvanlarda 5-HT$_3$ antagonistleri başlıca bulantı ve kusmanın önlenmesinde kullanılır. Ayrıca irritabl bağırsak sendromunda ve bağırsak disfonksiyonunda faydalı olabileceği rapor edilmiştir. Hayvanlarda en yaygın kullanılan 5-HT$_3$ antagonisti ondansetrondur. Seçici 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin terapötik indeksi geniş olduğu için genel olarak güvenli kabul edilmelerine karşın baş ağrısı, letarji ve kabızlık gibi yan etkilerin görülebileceği rapor edilmiştir. 5-HT$_3$ reseptör antagonistleri hayvanlarda kullanım alanı bulmasına karşın farmakokinetik, etkinlik ve yan etki çalışmalarının yetersiz olması kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu nedenle hayvanlarda bu grup ilaçların etkinlik ve uygun dozaj rejimin belirlenmesine yönelik daha fazla çalışmanın yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu derlemede kapsamında 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin etki mekanizmaları, hayvanlarda kullanımı ve yan etkileri hakkında bilgi sunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Seratonin, 5-HT$_3$ reseptör antagonistleri, hayvanlar, tedavi

USE OF 5-HT3 RECEPTOR ANTAGONISTS IN VETERINARY MEDICINE

ABSTRACT
Serotonin is a biogenic monoamine that affects cognitive, perceptual, and emotional functions, sleep, appetite, pain, and sexual activity. Serotonin has many receptors, and 5-HT3 is one of these. The 5-HT3 receptor is a cation-selective, ligand-gated ion channel, and opening this channel mediates membrane depolarization and neuronal excitation. The 5-HT3 receptor consists of five subunits, is located in the brainstem, and is involved in the control of the vomiting reflex, pain, and anxiety. Peripherally, 5-HT3 receptors are found in pre- and postganglionic autonomic neurons, as well as in sensory and enteric nervous system neurons, producing physiological effects on the heart and gastrointestinal system.

Selective 5-HT3 antagonists exert their effects by blocking 5-HT3 receptors and are used in the treatment of vomiting. While 5-HT3 receptor antagonists are not approved for use in animals, they are used off-label in various disease states. In animals, 5-HT3 antagonists are primarily used to prevent nausea and vomiting. It has also been reported to be beneficial in irritable bowel syndrome and intestinal dysfunction. The most commonly used 5-HT3 antagonist in animals is ondansetron. Although selective 5-HT3 receptor antagonists are generally considered safe due to their broad therapeutic index, side effects such as headache, lethargy, and constipation have been reported. Although 5-HT3 receptor antagonists have been used in animals, insufficient pharmacokinetic, efficacy, and side effect studies limit their use. Therefore, further animal studies are needed to determine the efficacy and appropriate dosage regimens of this group of drugs. This review provides information on the mechanisms of action, use in animals, and side effects of 5-HT3 receptor antagonists.
Keywords: Serotonin, 5-HT3 receptor antagonists, animals, treatment

GİRİŞ

Serotonin (5-hidroksitriptamin), uyku döngüsü, gastrointestinal sistem, iştah, ağrı, cinsel aktivite, vücut sıcaklığı, kusma, bilişsel, algısal ve duygusal işlevlerin düzenlenmesi gibi merkezi ve periferik sinir sistemi üzerinde çeşitli etkileri olan biyojenik bir monoamindir (Olivier 2015; Fakhfouri ve ark. 2019). Serotonin hormon, nörotransmitter ve mitojen olarak canlı vücudunda etkiler gösterir. Serotonin merkezi sinir sisteminde presinaptik nöronlarda (serotonerjik nöronlar, epifiz bezi ve katekolaminerjik nöronlar), enterokromafin hücreleri ve daha az ölçüde de trombositlerde sentezlenir ve depolanır (Zadeh ve ark. 2008; Smith ve ark. 2012). Serotonerjik sistem 7 gruptan (5-HT1-7 reseptörleri) ve bu grubun 14 farklı reseptör alt tipinden ($5\text{-HT}_{1A, 1B, 1D, 1E, 1F; 2A, 2B, 2C, 3, 4, 5A, 5B, 6 \text{ ve } 7}$) ve bir serotonin taşıyıcısından oluşmaktadır (Olivier 2015).

5-HT$_3$ Reseptörleri

5-HT$_3$ reseptörü dışındaki diğer 5-HT reseptörleri G-proteini ile kenetlidir. 5-HT$_3$ reseptörü ise katyon seçici ligand kapılı iyon kanalıdır ve bu kanalın açılması, membran depolarizasyonuna ve nöronal uyarıma aracılık eder. 5-HT$_3$ reseptörünün etkileri G-proteinleri aracılığıyla aracılık edilen 5-HT reseptör sınıfından yapısal ve işlevsel olarak farklıdır (Lummis 2012; Higgins ve Kilpatrick 1999; Olivier 2015). Presinaptik 5 HT$_3$ reseptörlerinin aktivasyonu sonucu periferik veya merkezi nöronun depolarizasyonu, kalsiyum girişini ve hücre içi kalsiyum depolarının mobilizasyonunu indükleyerek dopamin, kolesistokinin, asetilkolin, GABA, madde P ve serotonin gibi çeşitli nörotransmitterlerin ve nöropeptitlerin salınımını düzenleyerek sitozolik Ca^{+2} konsantrasyonunda hızlı bir artışa neden olurken, postsinaptik aktivasyon Na^+ ve K^+ giriş/çıkışıyla depolarizasyona yol açar (Blandina ve ark 1989; Lummis 2012; Färber ve ark. 2004).

5-HT$_3$ reseptörü beş alt birimden (HTR3A, ATR3B, HTA3a, HTR3D, HTR3E) oluşur ve merkezi sinir siteminde beyin sapında, özellikle de kusma refleksinde rol oynayan alanlarda bulunur ve kusma, ağrı ve anksiyetenin kontrolünü sağlar (Färber ve ark. 2004; Miquel ve ark. 2002; Walstab ve ark. 2010). 5-HT$_3$ reseptörleri periferde ise pre- ve postganglionik otonomik nöronlarda, duyusal ve enterik sinir sisteminin nöronlarında (mienterik ve submukozal pleksus) bulunarak (Färber ve ark. 2004); kalp ve gastrointestinal sistem üzerinde fizyolojik etkiler oluşturur (Walstab ve ark. 2010).

5-HT$_3$ Reseptör Antagonistleri

5-HT$_3$ antagonistleri, 5-HT$_3$ reseptörlerini bloke ederek etki gösterir. Postoperatif bulantı ve kusmanın profilaksi ve tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Diğer antiemetik ilaçlar ile karşılaştırıldığında etkinlikleri daha fazla ve yan etkileri daha azdır (Ho ve Gan 2006). 5-HT$_3$ antagonistleri bir ve ikinci jenerasyon olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Birinci jenerasyon içerisinde; karbozol türevi olan ondansetron, indazol türevi olan granisetron, indol türevi olan tropisetron ve dolasetron yer alır (Gan 2005; Smith ve ark. 2012). İkinci jenerasyon içerisinde ise palonosetron yer alır (Smith ve ark. 2012).

Mevcut 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin metabolizmasında rol oynayan enzimler ve eliminasyon yarılanma ömürleri dışında farmakokinetik özellikleri benzerdir (Wolf 2000). 5-HT$_3$ antagonistleri uygulama yerinden hızla emilirler ve plazma proteinlerine %50-76 oranında bağlanır (Ho ve Gan 2006). Dolasetron diğer 5-HT$_3$ antagonistlerinden farklı olarak bir ön ilaçtır ve karbonil redüktaz tarafından aktif metaboliti olan hydrodolasetrona indirgenir (FDA 2005). Dolasetronun, palonosetron ve tropisetronun metabolizmasında CYP2D6 ve CYP3A, granisetron ve ondansetronun metabolizmasında CYP3A enzimleri rol oynamaktadır (Smith ve ark. 2012; Ho ve Gan 2006; Fischer ve ark. 1994). Palonosetron birinci jenerasyondaki 5-HT$_3$ antagonistlerine kıyasla uzun bir eliminasyon yarı ömrüne (40 saat) ve 30 kattan daha yüksek oranda reseptör bağlanma afinitesine sahiptir (Smith ve ark. 2012). Diğer 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin ise reseptör afiniteleri benzer oranlardadır (Wolf 2000) ve eliminasyon yarı ömürleri ise 3-8 saat arasında değişmektedir (FDA 2005; FDA 2009; FDA 2014).

5-HT$_3$ Antagonistlerinin Hayvanlarda Kullanımı

5-HT$_3$ antagonistleri başlıca bazı hastalıklar ve ilaç kullanımları sonrasında oluşan bulantı ve kusmanın önlenmesinde kullanılır (Higgins ve Kilpatrick 1999; Wolf 2000; Ho ve Gan 2006). Bunların dışında irritabl bağırsak sendromunda bağırsak kontraktilitesini azaltmada ve karın ağrısı ve bağırsak disfonksiyonunda etkili bulunmuştur (Higgins ve Kilpatrick 1999; Farag ve Ibrahim 2021). Ondansetronun; gelinciklerde sisplastin (Rudd ve Naylor 1994) ve köpeklerde metotreksat kaynaklı kusmayı büyük ölçüde engellediği (Fukui ve Yamamoto 1999), likorin modelinde bulunan köpeklerde ondansetronun damar içi yolla 0.2 mg/kg dozda kullanımı sonrası kusma ve mide bulantısı skorunu önemli ölçüde azalttığı (Kretzing ve ark. 2011) bildirilmiştir. Köpeklerde düşük doz sisplastin modelinde ise ondansetron damar içi yolla 0.5 mg/kg dozda, bulantı ve kusma biyo belirteçleri olan arjinin vazopressin ve kortizol seviyesini daha düşük seviyede tutarak maropitant ve metoklopromid göre daha etkili bulunmuştur (Kenward ve ark. 2017). Vestibüler sendromlu köpeklerde damar içi yolla 0.5 mg/kg dozda ondansetron kullanımı sonrası mide bulantısı belirtilerinin (tükürük salgısı, dudak yalama, huzursuzluk ve letarji) anlamlı derecede azaldığı (Foth ve ark. 2021; Henze ve ark. 2022) ve vestibüler sendromlu köpeklerde kullanılabileceği rapor edilmiştir. Parvoviral enteritli köpeklerde ondansetronun günde 3 kez damar içi yolla 0.5 mg/kg dozda kullanımı sonrası kusma sıklığı ve şiddetini azalttığı bildirilmiştir (Yalcin ve Keser 2017). Köpeklerde farklı dozlarda (0,25, 0,5 ve 1 mg/kg) damar içi yolla uygulanan granisetronun doza bağlı olarak karın ağrısı ve rektum gerilmesi sonrasında oluşan nosiseptif taşikardi üzerinde inhibitör etkisi olduğu ve irritabl bağırsak sendromunda kullanılabileceği rapor edilmiştir (Panteleev ve ark. 2015). Kedilerde kusmanın tedavisinde ondansetron ve dolasetron etkili olduğu belirtilmiştir (Armstrong 2013). Kedilerde ondansetronun kas içi yolla 0.22 mg/kg dozda uygulanması deksmedetomidin kaynaklı bulantı ve kusmanın şiddetini azalttığı rapor edilmiştir (Santos ve ark. 2011). Eşeklerde ondansetronun damar içi yolla 0.15 mg/kg dozda verilmesi sonrasında kolon kontraktilitesinde anlamlı derecede bir azalmaya neden olduğu, at ve eşeklerde spazmodik kolik tedavisinde kullanılabileceği önerilmiştir (Farag ve Ibrahim 2021).

Deneysel tibia kırığı modeliyle kompleks bölgesel ağrı sendromu oluşturulan ratlarda, ramosetron uygulamasının inflamatuar ağrı mediatörlerinin seviyelerini azaltarak, ağrıya bağlı davranışsal değişiklikleri düzelttiği ve ağrıyı azaltmada kullanılabileceğinin araştırılması gerektiği bildirilmiştir (Park ve ark. 2021).

5-HT$_3$ Reseptör Antagonistlerinin Yan Etkileri

5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin terapötik indeksi geniştir ve genel olarak güvenli kabul edilmektedir. Bununla birlikte bazı yan etkiler görülebilir. En yaygın görülen yan etkiler baş ağrısı, letarji ve kabızlıktır (Theriot ve ark. 2024). Uyuşukluk, sedasyon, baş dönmesi, ajitasyon, anksiyete, parestezi, soğuk hissi, pruritus, deri döküntüsü, ishal, idrar retansiyonu, serum aminotransferazlarında geçici artış, enjeksiyon bölgesinde reaksiyon, hipoksi ve ateş görülebilir (Theriot ve ark. 2024). Diğer yan etkilerinden birisi kardiyak iyon kanalları üzerindeki etkilerinin sonucu olarak QT aralığının uzaması ve aritmidir (Ganjare ve Kulkarni 2013). Elektrolit anormallikleri (hipokalemi veya hipomagnezemi), konjestif kalp yetmezliği, bradiaritmi veya QT uzamasına yol açan diğer tıbbi ürünleri alan hastalarda dikkatli kullanımı önerilmiştir (FDA 2014). Bu etkilerin doza bağlı olarak oluştuğu (Gan 2005 ve FDA 2014) ve QT dalgası uzama riskinin birinci jenerasyondakilerde daha yüksek olduğu rapor edilmiş (Keefe 2002), QT uzaması riski taşıyan hastalarda polanosetron gibi QT uzaması riski daha düşük antiemetik ajanın kullanılması önerilmektedir (Theriot ve ark. 2024). 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin FDA raporlarına göre gebelik kategorisi B'dir. Erken gebelik döneminde yapılan insan ve hayvan çalışmalarında erken gebelikte risk bulunmamıştır (Reefhuis ve ark. 2015).

SONUÇ ve ÖNERİLER

5-HT$_3$ reseptör antagonistleri başta kusma olmak üzere birçok hastalık durumunda kullanılır. 5-HT$_3$ reseptör antagonistlerinin köpek, kedi, at, eşek ve rat gibi hayvanlarda etkinlikleri ortaya konulmuş ve bazı hastalıklarda kullanımları önerilmiştir. 5-HT$_3$ reseptör antagonistleri genel olarak güvenli kabul edilmektedir ancak hedef türde daha fazla güvenilirlik ve etkinlik çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

1. Armstrong, P. J. (2013). GI INTErvENTION. *Approach to diagnosis and therapy of the vomiting patient. Todays Vet. Prac*, *3*(2), 18-19.

2. Blandina, P., Goldfarb, J., Craddock-Royal, B., & Green, J. P. (1989). Release of endogenous dopamine by stimulation of 5-hydroxytryptamine3 receptors in rat striatum. The Journal of pharmacology and experimental therapeutics, 251(3), 803-809.

3. Fakhfouri, G., Rahimian, R., Dyhrfjeld-Johnsen, J., Zirak, M. R., & Beaulieu, J. M. (2019). 5-HT3 receptor antagonists in neurologic and neuropsychiatric disorders: the iceberg still lies beneath the surface. *Pharmacological Reviews*, *71*(3), 383-412.

4. Farag, A. M., & Ibrahim, H. M. (2021). Does intravenous ondansetron affect the intestinal motility pattern in healthy donkeys (Equus asinus)?. *Journal of Equine Veterinary Science*, *101*, 103427.

5. Färber, L., Haus, U., Späth, M., & Drechsler, S. (2004). Physiology and pathophysiology of the 5-HT3 receptor. Scandinavian Journal of rheumatology, 33(sup119), 2-8.

6. FDA 2005 https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/label/2005/020623s004lbl.pdf Erişim Tarihi: 05.07.2025

7. FDA 2014 https://www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/label/2014/020007s046lbl.pdf Erişim Tarihi: 05.07.2025

8. Fischer, V., Vickers, A. E., Heitz, F., Mahadevan, S., Baldeck, J. P., Minery, P., & Tynes, R. (1994). The polymorphic cytochrome P-4502D6 is involved in the metabolism of both 5-hydroxytryptamine antagonists, tropisetron and ondansetron. *Drug metabolism and disposition*, *22*(2), 269-274.

9. Foth, S., Meller, S., Kenward, H., Elliott, J., Pelligand, L., & Volk, H. A. (2021). The use of ondansetron for the treatment of nausea in dogs with vestibular syndrome. *BMC veterinary research*, *17*(1), 222.

10. Fukui, H., & Yamamoto, M. (1999). Methotrexate produces delayed emesis in dogs: a potential model of delayed emesis induced by chemotherapy. *European journal of pharmacology*, *372*(3), 261-267.

11. Gan, T. J. (2005). Selective serotonin 5-HT3 receptor antagonists for postoperative nausea and vomiting: are they all the same?. *CNS drugs*, *19*(3), 225-238.

12. Ganjare, A., & Kulkarni, A. P. (2013). Comparative electrocardiographic effects of intravenous ondansetron and granisetron in patients undergoing surgery for carcinoma breast: a prospective single-blind randomised trial. *Indian Journal of Anaesthesia*, *57*(1), 41-45.

13. Henze, L., Foth, S., Meller, S., Twele, F., Charalambous, M., Kenward, H., ... & Volk, H. A. (2022). Ondansetron in dogs with nausea associated with vestibular disease: a double-blinded, randomized placebo-controlled crossover study. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *36*(5), 1726-1732.

14. Higgins, G. A., & Kilpatrick, G. J. (1999). 5-HT3 receptor antagonists. Expert Opinion on Investigational Drugs, 8(12), 2183-2188.

15. Ho, K. Y., & Gan, T. J. (2006). Pharmacology, pharmacogenetics, and clinical efficacy of 5-hydroxytryptamine type 3 receptor antagonists for postoperative nausea and vomiting. *Current Opinion in Anesthesiology*, *19*(6), 606-611.

16. Keefe, D. L. (2002). The cardiotoxic potential of the 5-HT3 receptor antagonist antiemetics: is there cause for concern?. *The Oncologist*, *7*(1), 65-72.

17 .Kenward, H., Elliott, J., Lee, T., & Pelligand, L. (2017). Anti-nausea effects and pharmacokinetics of ondansetron, maropitant and metoclopramide in a low-dose cisplatin model of nausea and vomiting in the dog: a blinded crossover study. *BMC Veterinary Research*, *13*, 1-12.

18. Kretzing, S., Abraham, G., Seiwert, B., Ungemach, F. R., Krügel, U., Teichert, J., & Regenthal, R. (2011). In vivo assessment of antiemetic drugs and mechanism of lycorine-induced nausea and emesis. *Archives of toxicology*, *85*, 1565-1573.

19. Lummis, S. C. (2012). 5-HT3 receptors. Journal of biological chemistry, 287(48), 40239-40245.

20. Miquel, M. C., Emerit, M. B., Nosjean, A., Simon, A., Rumajogee, P., Brisorgueil, M. J., ... & Verge, D. (2002). Differential subcellular localization of the 5-HT3-As receptor subunit in the rat central nervous system. European Journal of Neuroscience, 15(3), 449-457.

21. Mohammad-Zadeh, L. F., Moses, L., & Gwaltney-Brant, S. M. (2008). Serotonin: a review. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 31(3), 187-199.

22. Olivier, B. (2015). Serotonin: a never-ending story. European Journal of Pharmacology, 753, 2-18.

23. Panteleev, S. S., Busygina, I. I., & Lyubashina, O. A. (2015). Effects of Selective Blockade of 5-HT 3 Receptors on Physiological Markers of Abdominal Pain in Conscious Dogs. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, *45*, 263-270.

24. Park, J. H., Lee, C. H., Ham, H. D., Choi, E. S., Lee, C., & Lee, S. (2021). Analgesic effects of a 5-HT3 receptor antagonist in an animal model of complex regional pain syndrome. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, *25*(22).

25. Reefhuis, J., Gilboa, S. M., Anderka, M., Browne, M. L., Feldkamp, M. L., Hobbs, C. A., ... & National Birth Defects Prevention Study. (2015). The national birth defects prevention study: a review of the methods. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*, *103*(8), 656-669.

26. Rudd, J. A., & Naylor, R. J. (1994). Effects of 5-HT3 receptor antagonists on models of acute and delayed emesis induced by cisplatin in the ferret. *Neuropharmacology*, *33*(12), 1607-1608.

27. Santos, L. C. P., Ludders, J. W., Erb, H. N., Martin-Flores, M., Basher, K. L., & Kirch, P. (2011). A randomized, blinded, controlled trial of the antiemetic effect of ondansetron on dexmedetomidine-induced emesis in cats. *Veterinary anaesthesia and analgesia*, *38*(4), 320-327.

28 .Smith, H. S., Cox, L. R., & Smith, E. J. (2012). 5-HT3 receptor antagonists for the treatment of nausea/vomiting. *Annals of palliative medicine*, *1*(2), 11520-11120.

29. Theriot, J., Wermuth, H. R., & Ashurst, J. V. (2024). Antiemetics, selective 5-HT3 antagonists. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.

30. Walstab, J., Rappold, G., & Niesler, B. (2010). 5-HT3 receptors: role in disease and target of drugs. *Pharmacology & therapeutics*, *128*(1), 146-169.

31. Wolf, H. (2000). Preclinical and clinical pharmacology of the 5-HT3 receptor antagonists. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, *29*(sup113), 37-45.

32. Yalcin, E. B. R. U., & Keser, G. O. (2017). Comparative efficacy of metoclopramide, ondansetron and maropitant in preventing parvoviral enteritis-induced emesis in dogs. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, *40*(6), 599-603.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

ESTIMATION OF THE POSTMORTEM INTERVAL IN VETERINARY FORENSIC PATHOLOGY

Res. Asst. Dr. Zeynep ÇELİK KENAR
Selçuk University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathology
ORCID: 0000-0002-9667-5728

Prof. Dr. Mehmet TUZCU
Selçuk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathology
ORCID: 0000-0003-3118-1054

ABSTRACT
Determining the time of death in veterinary forensic pathology is of great importance for elucidating the circumstances surrounding death and evaluating its forensic aspects. Death is defined as the cessation of physiological processes that sustain cellular integrity and function, and during this process, a series of irreversible physical and chemical reactions occur within the body. Although these postmortem changes generally follow a predictable pattern, environmental factors such as ambient temperature, humidity, and the presence of scavenging animals can significantly influence their rate and severity. In forensic cases, the detailed evaluation of early and late postmortem changes plays an indisputable role in estimating the time of death. Early postmortem parameters observed within the first 72 hours, such as *algor mortis*, *livor mortis*, and *rigor mortis* are frequently used indicators. In later stages, *putrefaction* and the developmental stages of insect larvae also serve as useful criteria for PMI estimation. However, these parameters alone are often insufficient for precise time determination. Therefore, veterinary pathologists should approach such cases from a multidisciplinary perspective and consider the influence of environmental factors in their assessments. The limited number of studies conducted on animals makes the estimation of the time of death challenging in veterinary pathology. Although forensic techniques developed in human medicine are often adapted for animals, their accuracy and validation across species remain debatable. For this reason, it is essential that veterinary pathologists possess a thorough understanding of postmortem processes, recognize the conditions under which these changes occur, and identify the factors that may alter them. Accurate estimation of the time of death is indispensable for ensuring the reliability, scientific accuracy, and judicial value of veterinary forensic investigations.
Keywords: Veterinary forensic pathology, Postmortem interval, Time of death estimation

INTRODUCTION
Determining the time of death in veterinary forensic pathology is of great importance for clarifying the forensic aspects of a case and accurately evaluating the circumstances surrounding death. The careful examination of the physical, chemical, and biological changes that occur in the organism after death provides scientific data that enables an estimation of when the animal died. Such estimations contribute to establishing a timeline of events in forensic investigations, assessing suspicious circumstances related to the death, and uncovering potential criminal elements. Because numerous factors, including environmental temperature, humidity, the animal's body size, cause of death, and the conditions under which the body was found, can influence the determination of the postmortem interval, the veterinary pathologist must comprehensively evaluate these variables. An accurate postmortem analysis allows not only the cause of death but also the dynamics of the incident to be understood on a scientific basis.

Postmortem Changes

Rigor mortis

Rigor mortis, or postmortem muscular rigidity, is a biochemical process that develops as a result of the cessation of energy (ATP) production in muscles after death. Following death, a series of biochemical events occurs within skeletal and cardiac muscle fibers. ATP, which plays a critical role in muscle contraction, is no longer produced after death but continues to be consumed, leading to the interlocking of actin and myosin filaments. Once ATP is fully depleted, these cross-bridges cannot detach, resulting in sustained muscle contraction and the inability of the muscles to relax. As the ATP deficit persists, muscular stiffness progressively increases, and rigidity can only be resolved either by the application of external force or by early decomposition, during which the structural integrity of the muscle filaments deteriorates (DiMaio & DiMaio, 2001; Saukko, 2004).

In humans, rigor mortis typically begins 2–6 hours after death, persists until approximately 36 hours, and then gradually resolves. However, factors such as environmental temperature, premortem physical activity, and the cause of death, which influence core body temperature and muscle metabolism, can alter this timeline (DiMaio & DiMaio, 2001; Saukko, 2004). Although all muscles are affected simultaneously in the human body, rigidity is often more noticeable in smaller muscle groups. The jaw muscles are usually the first to be affected, followed by the upper extremities and subsequently the lower extremities. Resolution occurs in the same order (DiMaio & DiMaio, 2001). Individuals with greater muscle mass tend to develop more pronounced rigor mortis, whereas children and elderly individuals with low muscle mass may show minimal or absent rigidity (Brooks & Sutton, 2017; Martins et al., 2015).

In animals, the precise timeline and distribution pattern of rigor mortis are far less well defined than in humans. A study in dogs reported that rigor mortis became widespread in less than 24 hours and could persist, particularly in the hind limbs and jaw, for up to seven days postmortem (Erlandsson & Munro, 2007).

Algor mortis

Algor mortis, that is, the postmortem decline in body temperature, refers to the cooling of the body after death (Henssge & Madea, 2004). In general, the body can theoretically be approximated to a mass of water that cools according to certain physical laws; however, the complex structure of living organisms prevents these models from being universally applicable. For this reason, numerous alternative models have been proposed to explain postmortem cooling dynamics (Kaliszan et al., 2005; Marshall, 1962). The wide variability in intrinsic and extrinsic factors further complicates the development of a single ideal cooling model. To date, no universal temperature decay model has been identified for any species, and it is generally accepted that different parameters apply to each species. Nevertheless, when interpreted cautiously, algor mortis can serve as a useful adjunct for estimating the time of death, although it should not be relied upon as a standalone method (Brooks & Sutton, 2017).

The decline in body temperature occurs because metabolic heat production ceases at the moment of death. Although core temperature usually begins to drop rapidly, in some cases cooling is delayed. This delay, known as the temperature plateau effect (TPE), is one of the major factors that complicates postmortem temperature modeling. The occurrence and characteristics of the TPE are influenced by numerous variables, including species, cause of death, ambient temperature, and the amount of insulation surrounding the body (Smart & Kaliszan, 2012). Studies in various animal species have shown that cooling patterns differ markedly from those in humans. In some species, TPE is entirely absent, whereas in species where it does occur, its duration and magnitude vary substantially.

For example, in dogs, the average cooling rate has been reported as only 0.5 °C per hour, which is significantly slower than that observed in humans. Consequently, time-of-death estimations based solely on body temperature cannot be directly extrapolated between species, and human-derived models are generally considered inappropriate for veterinary applications (Brooks & Sutton, 2017; Erlandsson & Munro, 2007; Kaliszan et al., 2005; Proctor et al., 2009).

Livor mortis

The purplish-red discoloration that develops in the dependent regions of the body due to the postmortem gravitational pooling of blood is known as livor mortis. This discoloration may be observed on external surfaces such as the skin and mucous membranes, as well as on internal organ surfaces, including the abdominal and thoracic viscera. Although readily visible on human skin, it is often difficult to detect on the skin of most animals; however, it is more easily recognized in pigs, on the pinnae of dogs, and within the lungs of various species (Erlandsson & Munro, 2007).

In humans, livor mortis typically begins to develop within 30 minutes to 2 hours after death, whereas the onset time in animals has not been clearly defined (DiMaio & DiMaio, 2001). During the early phase, blood passively accumulates within vessels located in gravity-dependent areas. At this stage, applying digital pressure or repositioning the body displaces the blood, causing temporary blanching of the area; once the pressure is released or the body is returned to its position, the blood flows back and the discoloration reappears. This phase is referred to as non-fixed (or movable) livor mortis (Brooks & Sutton, 2017). Similarly, blood is displaced from areas in firm contact with a surface, producing pale patches that replicate the contour of the underlying object (Lew & Matshes, 2005).

In the later stages, approximately 8–12 hours postmortem in humans, hemolysis and degradation of vascular walls allow blood to leak into surrounding tissues. Once this occurs, the discoloration no longer blanches when pressure is applied (DiMaio & DiMaio, 2001). This stage, known as fixed livor mortis, is particularly important in cases where body position at the scene has evidentiary relevance (Brooks & Sutton, 2017). If the pattern of lividity observed is inconsistent with the body's discovered position in relation to gravity, the pathologist should consider the possibility that the body was moved after lividity became fixed (Lew & Matshes, 2005).

Desiccation

Postmortem drying of the mucous membranes and thin skin regions can lead to noticeable changes in color and texture. The process of dehydration begins immediately after death and may progress rapidly in mucosal surfaces, which remain moist during life. This phenomenon is particularly evident in humans; when the eyelids fail to close, a horizontal red-to-brown/black band forms on the exposed sclera, a lesion known as tache noir (Lew & Matshes, 2005). In animals, however, this finding is typically far less pronounced due to their relatively larger corneal surface and the limited visibility of the sclera (Brooks & Sutton, 2017).

Drying of the skin progresses more slowly, as the skin is not normally moist and is more resistant to desiccation. Thin and delicate regions, such as the lips and genitalia, are most susceptible. In these areas, the color gradually darkens to deep red or black, and the surface becomes irregular or roughened. Overall, postmortem desiccation is generally a less prominent feature in animal carcasses compared with humans, largely due to the presence of fur and hair coats that provide natural protection against dehydration (Brooks & Sutton, 2017).

Decomposition

The breakdown of soft tissues after death is one of the most striking indicators of the postmortem process. This deterioration results from two fundamental mechanisms that occur concurrently: autolysis and putrefaction. During autolysis, the integrity of cellular membranes is lost immediately after death, initiating a cascade of chemical reactions in which cells begin to degrade. The release of intracellular proteolytic enzymes subsequently leads to the digestion of adjacent tissues. At the same time, particularly in organs with a high microbial load such as the intestines, bacteria proliferate and begin to consume tissues from within—a process known as putrefaction. Autolysis facilitates putrefaction by breaking down tissue structure and creating an environment conducive to bacterial growth (Brooks & Sutton, 2017; Reed Jr, 1958).

Studies on both human and animal remains have shown that the progression of decomposition is shaped by numerous environmental and physiological variables (Brooks & Sutton, 2017). Although the timing of various postmortem changes can differ considerably, bodies that have not undergone any preservation procedures generally follow a comparable sequence of deterioration. It must also be recognized that many of these changes occur simultaneously, and the development of one process may alter the progression or appearance of another (Brooks & Sutton, 2017).

Mummification

Under conditions where the environment is dry, humidity is low, air circulation is sufficient, and insect activity is limited, the body may bypass the typical stages of decomposition and instead undergo mummification. In such an environment, autolysis and putrefaction largely halt because tissues lose moisture rapidly and become dehydrated. As a result, visible changes such as skin wrinkling, retraction of the fingertips and nail beds, and contraction of the erector pili muscles may occur (Lew & Matshes, 2005). During mummification, the skin becomes taut, exhibits a yellow-brown to black discoloration, and develops a leathery or parchment-like texture. Although the timeframe varies, it is generally understood that mummification requires at least several weeks to become fully established in most cases (Saukko, 2004).

ESTIMATING TIME OF DEATH

Gross Changes

Although it may take several hours for gross postmortem changes to become evident, early findings such as rigor mortis and livor mortis can develop much sooner. While decomposition varies considerably depending on numerous factors, the chronological pattern of many characteristic changes can be predicted with relative consistency. As decomposition progresses, the body undergoes a series of sequential, but often simultaneous, changes. These include alterations in color, muscle rigidity, gaseous distention, epidermal sloughing, soft tissue destruction, and eventually the complete exposure of skeletal elements.

Livor mortis in humans typically becomes visible within the first 30 minutes after death and reaches its maximum intensity around 10–12 hours; however, it is generally far less apparent in animals (Brooks & Sutton, 2017; Lew & Matshes, 2005). Rigor mortis begins a few hours postmortem, becomes most prominent between 6 and 12 hours, and starts to resolve around 36 hours after death (Saukko, 2004). Although species differences exist, interpreting rigor mortis together with body temperature provides a more reliable framework for estimating the postmortem interval.

As autolysis and bacterial decomposition advance, discoloration of the skin and internal organs intensifies. One of the earliest visible signs is the greenish discoloration of the abdominal skin, typically appearing 24–30 hours after death.

This results from the conversion of hemoglobin into biliverdin and its interaction with hydrogen cyanide (Perper, 2006). In severely cachectic monogastric animals, this green discoloration may be absent (Munro & Munro, 2008).

With the production of putrefactive gases, the body cavities begin to distend. Gases such as methane, CO_2, H_2, NH_3, H_2S, and mercaptans contribute to the characteristic odor of decomposition (Perper, 2006). In animals, abdominal distention is particularly marked and may lead to prolapse of the rectum and/or vagina (Brooks & Sutton, 2017). In ruminants, gas accumulation may occur very early during warm weather, whereas in monogastric animals maintained at low temperatures, distention may be minimal or absent (Munro & Munro, 2008).

Over the following days to weeks, the combined effects of bacterial activity, insect colonization, and scavenging gradually expose the skeleton, a process that may take anywhere from several days to several months. Temperature plays a major role in this process. High ambient temperatures accelerate decomposition, whereas freezing slows it significantly. Frozen bodies exhibit reduced internal putrefaction but increased external desiccation and fly oviposition compared with unfrozen remains (Roberts & Dabbs, 2015).

As decomposition progresses, the integrity of the skin deteriorates, resulting in hair or fur loss and epidermal slippage. Purge fluid, characteristically red-brown in color, often first exudes from the mouth and nose, and later from the anus or other natural openings (Lew & Matshes, 2005). In dogs, a pink discoloration of the teeth may appear after several days (Brooks, 2018). Ultimately, the rate and pattern of decomposition depend not only on environmental factors but also on species-specific characteristics.

Temperature Changes

In human cadavers, postmortem temperature-based models are widely used to estimate the time of death; however, directly applying these models to animals often produces inaccurate results. For this reason, in veterinary forensic science, the most reliable approach is to use experimental data obtained from the specific species whenever possible (Munro & Munro, 2013). Unfortunately, only a limited number of species have been studied in sufficient detail, and even the available data are generally inadequate for practical field application. Consequently, several practical interpretative methods have been developed for use in the field. The first three of these methods are derived from human studies, whereas the fourth is based on measurements obtained from dogs. Because each method carries a margin of error, it is recommended that investigators evaluate the estimated ranges produced by multiple approaches simultaneously.

- The “rule of thumb” method states that the body cools at an average rate of 1 °C per hour, with an additional 3 hours added to compensate for the temperature plateau effect (TPE) (Shapiro, 1965).
- Another commonly used model assumes a cooling rate of 0.83–1.11 °C per hour during the first 12 hours and approximately 0.55 °C per hour thereafter (DiMaio & DiMaio, 2001; Perper, 2006).
- The Henssge nomogram, based on a two-exponential decay model, eliminates the need for calculation and facilitates practical application. It requires only rectal temperature, ambient temperature, and body weight and includes correction factors for environmental and clothing/insulation conditions (Henssge & Madea, 2004).
- A study in dogs demonstrated that rectal temperature decreases at a rate of 0.5 °C per hour, and that cooling rate is inversely proportional to body weight and body volume. Sex, body mass density, and coat thickness, however, had no measurable effect (Proctor et al., 2009).

For animals, the 37 °C core body temperature in these formulas must be replaced with the normal species-specific core temperature.

These methods have considerable intrinsic margins of error, even within the species for which they were originally developed. In humans, the reported error is at least ±2 hours during the first 6 postmortem hours, ±3 hours in the following period, and ±4.5 hours thereafter (Kaliszan et al., 2009). Once the body equilibrates with the ambient temperature—typically around 24 hours postmortem—temperature-based methods lose their validity (Hubig et al., 2015; Smart & Kaliszan, 2012). Therefore, these methods should never be used in isolation; in forensic contexts especially, they must be supported by additional postmortem findings.

Entomological Changes

A systematic evaluation of a carcass and its surroundings, together with the proper collection of insect life stages, can provide highly valuable information for estimating the postmortem interval. In some cases, entomological evidence may offer the most reliable estimate of the time of death or the time at which tissues were first colonized, particularly in instances where colonization occurs antemortem in untreated wounds. However, it must be emphasized that insect development is extremely sensitive to temperature and environmental variables (Tomberlin & Sanford, 2011).

Adult flies should be collected first whenever possible, as they are the quickest to disperse once human activity begins at the scene. A sweep net used with a “figure-eight” motion is appropriate for this purpose. Collected adults should be preserved immediately in screw-cap vials containing ethanol. Larvae should be collected both alive and dead. Because of their delicate structure, they must be handled with fine-tipped forceps. To prevent decomposition that may hinder species identification, larvae should be blanched by submerging them in hot water for 15 seconds, then transferred into ethanol for preservation. Ideally, 50–60 dead larvae should be collected. If enough specimens are present, a separate live larval sample should also be taken. Live larvae should be placed into a container lined with soil or vermiculite. A food source, such as a small piece of meat placed inside aluminum foil, is added, and the larvae are transferred onto this substrate. The container is then closed, small ventilation holes are created, and all containers are properly labeled.

If pupae are present at the scene, they should also be collected; unlike larvae, they do not require blanching. Eggs are usually found in clusters, particularly within the hair of the head region, near the eyes, ears, nose, or mouth. If egg collection is not feasible, these should at least be documented photographically.

From a practical standpoint, it is well established that the first insects to arrive at an exposed carcass in terrestrial environments are blow flies (Anderson, 2013). Under most conditions, these flies may reach the body within seconds to minutes after death (Perper, 2006), making them highly valuable for estimating the minimum postmortem interval. Female blow flies typically deposit their eggs in natural body openings (Brooks, 2018; Tomberlin & Sanford, 2011).

Blow fly development is strongly temperature-dependent, and the most accurate assessments rely on accumulated degree days or degree hours (Perper, 2006; Tomberlin & Sanford, 2011). According to Saukko’s general developmental timeline, the progression from egg to adult requires approximately 18–24 days (Saukko, 2004).

CONCLUSION

In forensic veterinary pathology, the accurate assessment of postmortem changes is critically important for establishing the timeline of events, determining the manner of death, and identifying potential criminal elements. Classical postmortem findings such as rigor mortis, algor mortis, and livor mortis, as well as progressive processes including autolysis, putrefaction, entomological colonization, and mummification, must each be interpreted with great care due to their unique dynamics and sensitivity to environmental conditions. Significant interspecies differences make it risky to draw conclusions based solely on data derived from human studies. Therefore, the veterinary pathologist must evaluate both the scene and the body with a holistic perspective, analyzing postmortem changes not in isolation but in conjunction with macroscopic, microscopic, and environmental findings. A scientifically grounded and interdisciplinary approach not only enhances the reliability of forensic investigations but also strengthens the admissibility and evidentiary value of the findings in a legal context. In this regard, forensic veterinary pathology is not merely a discipline that identifies the cause of death but a fundamental field contributing to the proper functioning of the justice system.

REFERENCES

Anderson, G. S. (2013). Forensic entomology: the use of insects in animal cruelty cases.

Brooks, J. W. (2018). *Veterinary Forensic Pathology, Volume 1* (1st 2018. ed.). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67172-7

Brooks, J. W., & Sutton, L. (2017). Postmortem changes and estimating the postmortem interval. In *Veterinary Forensic Pathology, Volume 1* (pp. 43-63). Springer.

DiMaio, D., & DiMaio, V. J. (2001). *Forensic pathology*. CRC press.

Erlandsson, M., & Munro, R. (2007). Estimation of the post-mortem interval in beagle dogs. *Science & Justice*, *47*(4), 150-154.

Henssge, C., & Madea, B. (2004). Estimation of the time since death in the early post-mortem period. *Forensic Science International*, *144*(2-3), 167-175.

Hubig, M., Muggenthaler, H., Sinicina, I., & Mall, G. (2015). Temperature based forensic death time estimation: the standard model in experimental test. *Legal Medicine*, *17*(5), 381-387.

Kaliszan, M., Hauser, R., Kaliszan, R., Wiczling, P., Buczyñski, J., & Penkowski, M. (2005). Verification of the exponential model of body temperature decrease after death in pigs. *Experimental Physiology*, *90*(5), 727-738.

Kaliszan, M., Hauser, R., & Kernbach-Wighton, G. (2009). Estimation of the time of death based on the assessment of post mortem processes with emphasis on body cooling. *Legal Medicine*, *11*(3), 111-117.

Lew, E., & Matshes, E. (2005). Postmortem changes. *Forensic pathology: principles and practice*, *554*.

Marshall, T. K. (1962). Estimating the time of death-the rectal cooling after death and its mathematical representation. *J Forensic Sci*, *7*, 56-81.

Martins, P. A., Ferreira, F., Natal Jorge, R., Parente, M., & Santos, A. (2015). Necromechanics: death-induced changes in the mechanical properties of human tissues. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, *229*(5), 343-349.

Munro, R., & Munro, H. (2013). Some challenges in forensic veterinary pathology: a review. *Journal of comparative pathology*, *149*(1), 57-73.

Munro, R., & Munro, H. M. (2008). *Animal abuse and unlawful killing: forensic veterinary pathology*. Elsevier Health Sciences.

Perper, J. A. (2006). Time of death and changes after death. *Medicolegal investigation of death: guidelines for the application of pathology to crime investigation*, *4*, 87-183.

Proctor, K. W., Kelch, W. J., & New, J., John C. (2009). Estimating the time of death in domestic canines. *Journal of forensic sciences*, *54*(6), 1433-1437.

Reed Jr, H. (1958). A study of dog carcass communities in Tennessee, with special reference to the insects. *American midland naturalist*, 213-245.

Roberts, L. G., & Dabbs, G. R. (2015). A Taphonomic Study Exploring the Differences in Decomposition Rate and Manner between Frozen and Never Frozen Domestic Pigs (S us scrofa). *Journal of forensic sciences*, *60*(3), 588-594.

Saukko, P. (2004). The pathophysiology of death. *Knight's forensic pathology*, 52-97.

Shapiro, H. (1965). The post-mortem temperature plateau. *Journal of forensic medicine*, *12*(4), 137-141.

Smart, J. L., & Kaliszan, M. (2012). The post mortem temperature plateau and its role in the estimation of time of death. A review. *Legal Medicine*, *14*(2), 55-62.

Tomberlin, J. K., & Sanford, M. R. (2011). Forensic entomology and wildlife. *Wildlife forensics: methods and applications*, 81-107.

THE SCIENTIFIC AND FORENSIC SIGNIFICANCE OF CRIME SCENE INVESTIGATION IN VETERINARY FORENSIC PATHOLOGY

Prof. Dr. Mehmet TUZCU
Selçuk University Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathology
ORCID: 0000-0003-3118-1054

Res. Asst. Dr. Zeynep ÇELİK KENAR
Selçuk University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Pathology
ORCID: 0000-0002-9667-5728

ABSTRACT
Veterinary forensic pathology is a branch of science that aims to scientifically elucidate the cause, timing, and forensic aspects of animal deaths. One of the most critical steps in this process is crime scene investigation. In forensic pathology, the investigation begins at the scene, not in the laboratory. When evaluated alongside necropsy findings, crime scene investigations are crucial for correctly interpreting the findings and determining the cause of death. Crime scene investigations include the position of the body, the location of traumatic lesions on the body, environmental conditions, and the collection and proper preservation of biological material such as blood and hair, digital data such as photographs and video recordings, and evidence such as toxic substances that could influence the outcome of the investigation. The veterinarian's multidisciplinary approach is crucial during crime scene investigations. Evaluating the data obtained from the crime scene investigation alongside necropsy findings also prevents misinterpretation of postmortem changes such as rigor mortis and algor mortis. Furthermore, data recorded during the crime scene investigation, such as photographs, video recordings, and temperature, significantly contribute to the outcome of the forensic investigation. Crime scene investigation in forensic pathology is not merely a task to collect evidence; it is the first step in a scientific evaluation. Therefore, veterinarians' awareness of crime scenes needs to be increased, crime scene investigation protocols need to be standardized, and greater emphasis needs to be placed in training curricula. The purpose of this study is to highlight the role of crime scene investigation in veterinary forensic pathology, its importance in preserving the chain of evidence, and its impact on the flow of information from the field to the laboratory.
Keywords: Veterinary forensic pathology, crime scene investigation, evidence collection.

INTRODUCTION
The Importance of Crime Scene Investigation
In forensic cases, the investigation begins with the collection of physical and visual evidence at the crime scene (Dolinak et al., 2005; Moritz, 1981; Touroo & Fitch, 2016). As the location where the case is first encountered, the crime scene is a critical setting in which all evidence relevant to the resolution and clarification of the incident must be identified and collected. A thorough understanding of the details present at the scene is essential for the interpretation of necropsy findings and accurate determination of the cause of death (Gerdin & McDonough, 2013). Although photographs and reports from the scene may provide valuable information to the veterinary pathologist, personally assessing the location offers a clearer and more comprehensive perspective.

In general, law enforcement personnel often lack the specialized training required to appropriately investigate cases of animal abuse and/or neglect. Consequently, when a veterinary pathologist is not present at the scene, important findings may be overlooked or disregarded (Dolinak et al., 2005; Moritz, 1981). The importance of crime scene investigation increases significantly, especially when the cause of death cannot be determined with certainty. For this reason, even if the veterinary pathologist is unable to attend the scene, they should collaborate closely with personnel present at the location and ensure that all details related to the case are communicated to them (Touroo & Fitch, 2018).

There are notable differences between crime scenes investigated in human forensic pathology and those examined in veterinary forensic pathology. In human forensic pathology, specialized forensic teams are typically present at the crime scene, whereas in veterinary forensic pathology, a veterinary forensic pathologist is often absent. Similarly, while dedicated forensic laboratories are routinely available for the analysis of collected evidence in human cases, analyses in veterinary forensic pathology are generally performed in veterinary faculties or private laboratories. Regardless of the species involved, the primary goal of any crime scene investigation is to identify, collect, preserve, interpret, and reconstruct the evidence. In this process, the forensic veterinarian plays a critical role in ensuring the proper collection and preservation of evidence related to crimes involving animals. Because animal-related cases often have unique and complex characteristics, the situation can quickly become chaotic unless the scene is approached with calmness and systematic methodology (Touroo & Fitch, 2016; Touroo & Fitch, 2018).

A report accompanying an animal submitted for forensic necropsy must include the following information without omission: the name of the reporting agency, the responsible individual and their contact information; the agency's case number and the animal's unique identification number; the reason for submission and any specific questions related to the case; the last time and by whom the animal was seen alive, as well as when and by whom it was found dead; the location and position in which the body was discovered; a description of environmental conditions such as ambient temperature, availability of water, food, and shelter, presence of bodily fluids, and other evidence at the scene; the date, time, and location where the animal was found; medical history; the presence and distribution of livor mortis and rigor mortis; body temperature; insect activity and whether entomological samples were collected; medications found at the scene; the total number of animals involved and their general condition; the manner in which the body was transported, packaged, and stored; and inclusion of photographs, videos, and official reports from the scene (Touroo & Fitch, 2016).

What Is Evidence and Why Is It Important?

Evidence is defined as any element that proves or refutes a claim. In forensic cases, evidence is used to demonstrate guilt or innocence and to identify the victim or suspect (Gardner & Krouskup, 2018; Touroo & Fitch, 2018). In forensic pathology, anything found at the scene that may assist in resolving the case is considered evidence. The animal's body and any material collected from it during forensic necropsy are regarded as evidence. In many cases, evidence may also be present on the perpetrator; however, collecting such evidence is not always legally permissible, as searches and evidence collection are lawful only in locations explicitly authorized by a search warrant. Otherwise, even carefully collected evidence may be ruled inadmissible in court due to improper acquisition. Another requirement for admissibility is that the collected evidence must be relevant to the case and verifiable. The evidence must be directly linked to the incident and supported by witness statements.

Therefore, the identity of every individual who handles the evidence and the nature of their contact must be documented through chain-of-custody records (Fenoff et al., 2022; Gardner & Krouskup, 2018; Touroo & Fitch, 2018).

In forensic pathology, evidence is categorized into two main groups: testimonial and physical evidence (Gardner & Krouskup, 2018). Testimonial evidence, as the name suggests, consists of statements provided by witnesses or suspects. However, because testimonial evidence relies on human memory and perception, it may be affected by errors, forgetfulness, or intentional attempts to mislead investigators. For this reason, it gains significance only when corroborated by concrete physical evidence. Physical evidence, on the other hand, includes any observation, substance, or object that demonstrates a connection between the victim and the suspect(s) or perpetrator(s). Some forms of physical evidence, such as tissue samples or fragments of fabric, can be collected, whereas others, such as the appearance of a lesion or the pattern of a bite mark, can only be documented photographically (Gardner & Krouskup, 2018; Touroo & Fitch, 2018).

Physical evidence is further divided into two categories based on collection characteristics. The first includes short-lived evidence such as body temperature, rigor mortis, or odor, which must be documented promptly due to their transient nature. The second type is based on Locard's exchange principle, summarized as "every contact leaves a trace." Under this principle, evidence such as a dog bite inflicted on the perpetrator prior to killing the animal, or the perpetrator's blood transferred onto the dog or its collar, is considered transfer evidence. Although transfer evidence is generally less time-sensitive, it should still be documented as early as possible. When presented in court, evidence may also be classified as direct or circumstantial based on its probative value. Circumstantial evidence requires interpretation to support a claim, whereas direct evidence does not. The most important distinction between physical evidence and testimonial evidence is that physical evidence cannot lie. Misinterpretation of physical evidence does occur, but this does not change the fact that the evidence itself consistently reflects the truth (Gardner & Krouskup, 2018; Touroo & Fitch, 2018).

What To Do During Crime Scene Investigation

Ensuring the safety of personnel arriving at the scene and the security of the scene itself is the responsibility of law enforcement. Crime scene security must first be established, after which evidence should be documented (Touroo & Fitch, 2016). Documentation should be carried out in sequential steps. Initially, the scene must be recorded in its original state through photographs and video. Subsequently, the animal or animals in question should be documented within the environment in which they were found. If there is an animal at the scene that is still alive but in critical condition, its condition should be rapidly documented with photographs and/or video, followed immediately by emergency medical intervention. Once emergency care for critically injured animals is completed, examination of deceased animals may begin.

Because each animal constitutes a form of physical evidence, every individual animal must be assigned a separate identification number and documented through notes, photographs, or other appropriate methods. The living conditions of the animal(s) should not be altered or disturbed before they are assessed by the pathologist (Brownlie & Munro, 2016; Touroo & Fitch, 2016).

A necropsy should not be performed at the scene. However, a superficial examination is essential for short-lived evidence such as rigor mortis and body temperature. Information such as when the animal was found, when it was last seen alive, and by whom it was discovered dead should be obtained from the owner, suspects, and any available witnesses.

Small trace evidence that may easily be lost during transport—such as hairs, paint chips, or fibers adhered to the animal's body—should be collected before the body is moved. Visible evidence should be carefully collected, packaged separately, and labeled with identifying information. For microscopic or otherwise difficult-to-see evidence, a tape-lifting method may be used, allowing such material to adhere to the adhesive surface of the tape (Touroo & Fitch, 2016).

To prevent the loss of latent traces, the animal should be moved as little as possible, with the head and extremities stabilized. Finally, the body should be wrapped in a clean sheet and placed into a durable plastic bag. After short-lived evidence is collected, animals should be removed carefully and respectfully. Once the animal is properly removed, its living environment should be examined in detail. The condition of food and water containers, the presence and appearance of feed, water, feces, urine (including color if determinable), and vomitus should be photographed alongside a ruler. In addition, items such as medications, surgical instruments, or animal-fighting equipment must be documented and photographed (Touroo & Fitch, 2016; Touroo & Fitch, 2018).

Collecting and Recording Evidence

In forensic cases, the pathologist is responsible not only for identifying evidence at the scene, but also for properly collecting, documenting, and preserving it. Many pieces of evidence are lost because they go unnoticed due to their small size or because they are not collected appropriately. In forensic investigations, every material examined within the scope of the case carries the potential to be evidence. For evidence to be admissible in legal proceedings, it must remain unaltered, be supported by witness statements, be properly packaged, and be accompanied by complete chain-of-custody records (Cooper, 2013; Touroo & Fitch, 2016). The chain of custody consists of official documents that chronologically record the name of each person who has handled the evidence, the date and time of handling, and the purpose of the action. These records are typically prepared as "evidence submission forms," and each body or item of evidence must be delivered by law enforcement along with this form. Each submission form must be signed and dated; the original must be preserved with the evidence, while copies should remain with the individuals who signed the form (Brooks, 2018; Cooper, 2013).

Another way to maintain the integrity and admissibility of evidence in court is to ensure that the evidence package is sealed correctly and completely. Packages must be secured with tamper-evident forensic tape, and the tape must be marked with the initials and date of the individual sealing the package. These markings should be placed both on the tape and on the package itself, as removing and reapplying the tape to its exact original position is difficult, providing additional security (Sharma, 2003). For large containers, durability can first be reinforced with clear 2-inch packing tape, after which smaller, marked forensic tape seals may be applied as token seals.

To prevent evidence degradation, storage areas must maintain entry and exit logs, and access must be restricted and monitored. Before opening any evidence package, the condition of the package must be documented in writing and, when possible, photographed. Although photographing the outer packaging is not always mandatory, it becomes essential when the packaging does not match the information on the evidence submission form, when the package may have passed through unauthorized individuals, or when the package appears damaged. After the package is opened and packaging materials are removed, all bags, wrappings, or other items accompanying the body must be retained, as they may themselves contain evidence (Touroo & Fitch, 2016; Touroo & Fitch, 2018).

Recording of Evidence

A single piece of evidence, when considered in isolation, is not automatically valuable to an investigation. If the relationship between the evidence and the crime scene or other findings is unclear, constructing a coherent analysis becomes difficult. Therefore, contextual information is essential for the accurate evaluation of all aspects of the incident (Gardner & Krouskup, 2018). However, when forensic veterinarians or pathologists are provided with excessive or overly directive information about the scene, this may affect the interpretation of findings, a phenomenon known as *cognitive bias*. Two types of cognitive bias are particularly common. The first, *contextual bias*, occurs when irrelevant or misleading information influences the evaluator's judgment, whereas *confirmation bias* refers to the tendency to favor information that supports one's preexisting assumptions (Stammers & Bunn, 2015). For example, a scene responder's statement such as "there are no predators in this area; this must be human-inflicted," or an owner's claim that several animals were shot, may lead to incorrect conclusions if not critically assessed. To minimize such biases, some experts argue that evaluators should be provided only with essential information. On the other hand, when assessments rely on objective scientific data rather than assumptions, accurate information about the scene can be highly valuable. In all circumstances, the animal's body is a form of evidence and must be thoroughly documented before any procedure is undertaken. Documentation should include photographs, written observations, sketches, and radiographs if necessary. Records should be maintained in chronological order from the moment the case is reported until the file is closed. Corrections should never be erased; instead, a single line should be drawn through the original text, the corrected information written alongside it, and each change initialed (Gardner & Krouskup, 2018; Stammers & Bunn, 2015; Touroo & Fitch, 2016; Touroo & Fitch, 2018).

Photographic documentation is an integral component of forensic necropsy. Photographs capture the condition in which evidence is found and visually support the findings described in the report. Images must be scientific and objective, and both expected and unexpected findings should be photographed. The use of a scale is essential to verify size, color, and clarity. All images constitute evidence and must be protected accordingly. Memory cards should be completely cleared before each case, and only one case's images should be stored on a single card. RAW format is preferred because it preserves images without alteration. No image should be deleted, including poor-quality or accidental shots, as altering the sequence may compromise evidentiary integrity. Upon completion of photography, all files should be transferred to a secure digital archive, separated into original and copied sets, and backed up on CDs or external drives as needed for the case file. Similarly, all materials discovered during forensic necropsy must be photographed and documented *in situ* before collection. The exact location of each piece of evidence should be marked on a body diagram, measured, and illustrated on a scene sketch when necessary. When used together with photographs and written notes, these visual tools clearly demonstrate the spatial relationship of findings on the body and facilitate reconstruction of the event (Fisher, 2003; Robinson, 2016; Touroo & Fitch, 2018).

When determining which evidence should be collected and prioritized during forensic necropsy, the process must be approached within the framework of a potential criminal investigation. Therefore, every finding identified by the veterinary pathologist must be interpreted with consideration of the legal implications. Evidence is generally classified into categories such as biological, toxicological, entomological, trace, and firearm-related evidence.

Biological samples (blood, urine, tissue, etc.) are used both for identifying the victim and establishing presence at the scene; buccal swabs are particularly important for DNA analyses and should always be collected using sterile swabs in duplicate (Touroo & Fitch, 2016). For toxicological analysis, materials such as stomach contents and samples of liver and kidney must be collected, as they may reveal the presence of drugs or harmful substances. Because different substances may require different analytical techniques, close coordination between the forensic pathologist and toxicologist is essential.

Entomological materials (larvae, eggs, pupae, etc.) are valuable for estimating the postmortem interval. Because collection and preservation procedures vary by specimen type, collaboration with a forensic entomologist may be necessary (Cooper, 2013; Touroo & Fitch, 2016). Trace evidence (hair, fibers, paint chips, etc.) may be easily lost and should be collected with great care; each sample must be stored in a separate, clean envelope. Tape-lift techniques can be used to collect microscopic particles (Cooper, 2013). Firearm-related evidence (bullets, casings, fragments) should be located via radiography if embedded in the body, or collected directly at the scene using plastic rather than metal forceps to preserve ballistic markings. Even when bodies are severely decomposed, fragmented, or traumatized, a forensic necropsy is typically still beneficial (Cooper, 2013; Touroo & Fitch, 2016; Touroo & Fitch, 2018).

Each piece of evidence must be packaged and labeled separately. Moist biological materials should not be stored in plastic bags because moisture promotes mold and degradation. Such samples should first be dried and then placed in paper packaging. Volatile or flammable materials should be stored in glass jars or specialized arson containers.

Each evidence container label must include (Cooper, 2013; Touroo & Fitch, 2018):

- Case number
- Evidence number
- Investigating agency
- Location where evidence was collected
- Description of the evidence
- Name of the person who collected it
- Date and time of collection

Evidence must be sealed with tamper-evident tape and stored in secure facilities with documented access logs. Storage areas should include room-temperature, refrigerated, and frozen environments. Toxicology samples are typically stored cold, whereas trace evidence or personal items are stored at room temperature. Storage conditions for biological samples vary depending on sample type and expected duration of preservation (Cooper, 2013; Touroo & Fitch, 2018). Finally, it must be remembered that neither the evidence nor the body is the property of the forensic veterinarian. All materials belong to the investigative authority and cannot be destroyed without written authorization. When destruction is authorized, this must be recorded on the evidence submission form and retained in the case file (Touroo & Fitch, 2018).

CONCLUSION

In conclusion, crime scene investigation in veterinary forensic pathology is not merely a technical phase but a foundational step that determines the reliability of the entire forensic process. Careful observations, precise documentation, and proper evidence collection at the scene directly influence the accuracy of subsequent necropsy and laboratory analyses. Relating each finding to the broader context of the event enhances both the scientific and legal value of the forensic report. Therefore, scene investigation is an essential prerequisite for enabling the veterinary forensic pathologist to conduct objective, systematic, and comprehensive evaluations.

REFERENCES

Brooks, J. W. (2018). *Veterinary Forensic Pathology, Volume 1* (1st 2018. ed.). Springer International Publishing.

Brownlie, H. W. B., & Munro, R. (2016). The Veterinary Forensic Necropsy:A Review of Procedures and Protocols. *Veterinary Pathology*, *53*(5), 919-928.

Cooper, J. E. (2013). Dealing with samples. *Wildlife forensic investigation: principles and practice*, *1*, 325-366.

Dolinak, D., Matshes, E., & Lew, E. O. (2005). *Forensic pathology: principles and practice*. Elsevier.

Fenoff, R., Fish, J. T., Miller, L. S., Wallace, E. W., & Braswell, M. C. (2022). *Crime Scene Investigation*. Routledge.

Fisher, B. A. (2003). *Techniques of crime scene investigation*. crc Press.

Gardner, R. M., & Krouskup, D. R. (2018). Processing Methodology. In *Practical Crime Scene Processing and Investigation, Third Edition* (pp. 63-74). CRC Press.

Gerdin, J., & McDonough, S. (2013). Forensic pathology of companion animal abuse and neglect. *Veterinary Pathology*, *50*(6), 994-1006.

Moritz, A. R. (1981). Classical mistakes in forensic pathology. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, *2*(4), 299-308.

Robinson, E. M. (2016). *Crime scene photography*. Academic Press.

Sharma, B. (2003). Clinical forensic medicine–management of crime victims from trauma to trial. *Journal of clinical forensic medicine*, *10*(4), 267-273.

Stammers, S., & Bunn, S. (2015). Unintentional bias in forensic investigation.

Touroo, R., & Fitch, A. (2016). Identification, collection, and preservation of veterinary forensic evidence: on scene and during the postmortem examination. *Veterinary Pathology*, *53*(5), 880-887.

Touroo, R., & Fitch, A. (2018). Crime scene findings and the identification, collection, and preservation of evidence. In *Veterinary Forensic Pathology, Volume 1* (pp. 9-25). Springer.

ŞEN'İN İNOVATİF YÖNTEMİNİ KULLANARAK KARAPINAR (KONYA) TOPRAK SICAKLIKLARININ TREND ANALİZİ

Arş. Gör. Dr. İlyas Sadık TEKKANAT
Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü
ORCID: 0000-0003-4338-684X

ÖZET
Toprak sıcaklıkları, iklim değişikliğinin ve küresel ısınmanın bölgesel etkilerini anlamada kritik bir göstergedir. Bu çalışma, Konya ili Karapınar ilçesinde 1964–2023 yılları arasında aylık ölçülen toprak sıcaklıklarının mevsimsel ve uzun dönemli değişimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Analizler, sığ (5 cm) ve orta derinlik (50 cm) katmanlardaki maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Veriler üzerinde Pettitt testi ve İnovatif Trend Analizi (ITA) uygulanarak trendler belirlenmiştir. Sonuçlara göre, 5 cm derinlikte maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar sırasıyla 17.5 °C, 9.1 °C ve 13.5 °C; 50 cm derinlikte ise 15.5 °C, 11.8 °C ve 13.7 °C olarak bulunmuştur. Tüm derinliklerde, özellikle yaz aylarında olmak üzere dört mevsimde de %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir. 5 cm derinlikte yüzey toprak sıcaklıklarında ortalama ve maksimum sıcaklıklarda özellikle yaz ve ilkbahar aylarında yüksek trend büyüklükleri (0.56–0.86 °C/10 yıl) görülürken, minimum sıcaklıklarda yaz ayındaki artış daha belirgindir (1.07 °C/10 yıl). 50 cm derinlikte ise trendler daha düşük ve düzenli olup (0.15–0.50 °C/10 yıl), özellikle kış ve sonbaharda yüzeye göre daha yavaş gelişmektedir. Yüzeyde trend kırılmaları genellikle 1980'lerde başlarken, orta katmanda kırılmalar 1990'lar ve kışta 2010'lara kadar gecikmiştir. ITA grafikleri, verilerin çoğunluğunun 1:1 (45˚) çizgisinin üzerinde yoğunlaştığını ve noktaların önemli bölümünün ±99.05 güven sınırlarının dışında yer aldığını göstermektedir. Bu bulgular, yüzey toprakların iklim değişikliklerine hızlı yanıt verdiğini, derin katmanların ise gecikmeli ve sınırlı tepki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Toprak sıcaklıklarındaki bu artış, bölgesel ölçekte küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileriyle uyumludur.
Anahtar Kelimeler: Toprak sıcaklığı, iklim değişikliği, ITA, trend analizi, trend.

TREND ANALYSIS OF SOIL TEMPERATURES IN KARAPINAR (KONYA) USING ŞEN'S INNOVATIVE METHOD

ABSTRACT
Soil temperatures are an important indicator for understanding the regional impacts of climate change and global warming. This study investigates seasonal and long-term variations in monthly soil temperatures measured in Karapınar, Konya, between 1964 and 2023. Analyses were conducted using maximum, minimum, and average temperature values at shallow (5 cm) and intermediate (50 cm) soil depths. Trend analyses were performed using the Pettitt test and the Innovative Trend Analysis (ITA) method. At 5 cm depth, maximum, minimum, and average temperatures were 17.5 °C, 9.1 °C, and 13.5 °C, respectively, while at 50 cm depth they were 15.5 °C, 11.8 °C, and 13.7 °C. Statistically significant increases at the 95 % confidence level were observed across all depths and seasons, especially in summer. At the surface, average and maximum temperatures showed high trend values in spring and summer (0.56–0.86 °C/10 years), while minimum temperatures increased notably in summer (1.07 °C/10 years). At 50 cm depth, trends were lower and more stable (0.15–0.50 °C/10 years), developing more slowly, particularly in autumn and winter.

Trend breakpoints generally occurred at the surface in the 1980s, whereas in the intermediate layer, they were delayed until the 1990s and the winter of 2010. ITA plots indicated that most data points were above the 1:1 (45˚) line, with many points outside the ±99.05 confidence limits, confirming the statistical significance of the trends. These findings suggest that surface soils respond more rapidly to climate change, while deeper layers exhibit delayed and limited reactions. The observed increases in soil temperatures align with the regional impacts of global warming and climate change.
Keywords: Soil temperature, climate change, ITA, trend analysis, trend.

GİRİŞ

Toprak sıcaklığı (Ts), atmosfer, hidrosfer ve pedosfer arasındaki etkileşimlerle şekillenir. Atmosferdeki hava sıcaklığı ve rüzgarlar, özellikle yüzeydeki toprak sıcaklığını doğrudan etkilerken, bu değişiklikler orta derinliklere (yaklaşık 50 cm) kadar hissedilir. Hidrosferdeki su, bu etkileşimleri dengeleyerek sıcaklık değişimlerine katkıda bulunur. Ayrıca, toprağın su içeriği ve türü, sıcaklık değişimlerini belirleyen önemli faktörlerdendir. Bu nedenle, toprak sıcaklığı, bu üç sistemin kesişiminde yer alarak küresel ısınmanın en önemli göstergelerinden biridir. Başka bir deyişle, Ts, biyosferdeki ortalama değişimi en iyi şekilde yansıtarak iklim değişikliğinin ekosistemler üzerindeki etkilerini araştırmada hava sıcaklığından daha fazla önem taşır.

Toprak sıcaklığı (Ts), tarımsal iklimin önemli bir göstergesidir (Mozaffari, 2022). İklim değişikliğine uyum sağlama ve bu değişikliği hafifletme konusunda Ts, önemli bir yardımcı parametre olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, tarımsal iklimsel şoklar ve streslerin en aza indirilmesinde Ts'nin destekleyici rolü büyüktür. Toprak kullanımıyla ilgili stratejilerin geliştirilmesinde de Ts bilgisinin önemi yadsınamaz. Bu nedenle, Ts araştırmaları, iklim değişikliğinden kaynaklanan toprak risklerini ve tehlikelerini tahmin etmek ve değerlendirmek için güçlü bir kanıt tabanı sunmaktadır.

Türkiye'de gerçekleştirilen uzun dönemli meteorolojik ve pedoklimatolojik çalışmalar, toprak sıcaklıklarının hem yüzeyde hem de daha derin katmanlarda belirgin bir artış eğilimi sergilediğini göstermektedir. Bu eğilim, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde yürütülen araştırmalarda büyük ölçüde tutarlı sonuçlar vermiştir. Örneğin Yeşilırmak (2014), Büyük Menderes Havzası'nda 1970–2006 döneminde 5, 10 ve 20 cm derinliklerde özellikle yaz aylarında 0.91–2.05°C arasında değişen anlamlı sıcaklık artışları tespit ederken; İçel ve Ataol (2013), 50 cm derinliğindeki toprak sıcaklıkları ile yıllık ortalama hava sıcaklıklarında yaklaşık 0.9°C'lik yükselişler belirlemiştir. Bu bulgular, iklim kaynaklı ısınmanın toprak profilinde yüzeyle sınırlı kalmadığını, daha derin katmanlara kadar nüfuz ettiğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca antropojenik etkilerin bu süreci güçlendirdiği de görülmektedir; Turkoglu'nun (2010) Ankara'da yürüttüğü çalışma, şehir ısı adası etkisiyle özellikle gece saatlerinde toprak sıcaklıklarının belirgin biçimde yükseldiğini ve kentsel alanlarda ısınmanın daha hızlı gerçekleştiğini göstermiştir.

Bu genel eğilim, Türkiye'nin farklı bölgelerinde gerçekleştirilen diğer araştırmalar tarafından da desteklenmektedir. Tonkaz, Doğan ve Aydemir (2007), GAP Bölgesi'nde toprak sıcaklıklarının mevsimsel döngülerle birlikte anlamlı bir artış eğilimi izlediğini bildirmiş; Öndeş (2013) ise farklı derinliklerde toprak ve hava sıcaklıkları arasında yüksek korelasyonlar bulunduğunu, özellikle yaz aylarında 20 ve 50 cm derinliklerde belirgin yükselişler görüldüğünü ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, iklimsel ısınmanın bölgesel farklılıklara rağmen Türkiye genelinde benzer yönlü sıcaklık artışlarına neden olduğunu göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

Bu ulusal ölçekteki eğilimler, Niğde ve çevresinde uzun süreli ölçümlere dayanan çalışmalarla da güçlü bir biçimde doğrulanmaktadır. Ulukışla'da 1970–2019 dönemine ait Ts verilerinin incelendiği araştırma (Bağdatlı ve Ballı, 2020a), 10, 50 ve 100 cm derinliklerde tüm mevsimlerde artış yönlü trendlerin bulunduğunu göstermiştir. Özellikle 100 cm derinlikte bile pozitif trendlerin anlamlı düzeyde olması, toprak profilinin derin katmanlarında dahi iklimsel ısınmanın etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Niğde Merkez'de 1970–2019 dönemini kapsayan diğer çalışmada ise (Bağdatlı ve Ballı, 2020b), 10, 50 ve 100 cm derinliklerdeki aylık maksimum ve minimum toprak sıcaklıkların yıllar içinde tutarlı biçimde yükseldiği; derin katmanlarda bu artışların daha belirgin hâle geldiği saptanmıştır. Bu bulgular, bölgenin toprak termal rejiminin uzun vadeli iklim değişimlerine duyarlı olduğunu göstermektedir.

Türkiye genelindeki eğilimleri daha geniş bir bağlamda ele alan Tekkanat (2023), istasyonların büyük çoğunluğunda aylık ortalama hava sıcaklıklarının artış yönlü trendler sergilediğini, yalnızca birkaç istasyonda anlamlı olmayan zayıf azalışların görüldüğünü ortaya koymuştur. Toprak sıcaklıkları ise daha karmaşık bir yapı sunmuş; 5 cm derinlikte nisan–ekim döneminde bazı negatif eğilimler belirlenirken, 10–100 cm derinliklerde pozitif trendlerin daha baskın hâle geldiği görülmüştür. İç bölgelerde yıllık 0.08–0.12°C arasında değişen anlamlı artışlar saptanmış; yalnızca bazı istasyonlarda kış aylarında düşük oranlı azalışlar gözlenmiştir. ITA ve Mann-Kendall sonuçlarının büyük ölçüde uyumlu olması, eğilimlerin güvenilirliğini desteklemektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerine ait araştırmalar bir arada değerlendirildiğinde, toprak sıcaklıklarının uzun dönemli ve çok katmanlı bir artış eğilimi sergilediği açıkça görülmektedir. Hem ulusal hem de bölgesel ölçekte elde edilen bulgular, iklimsel ısınmanın yanı sıra şehirleşme gibi antropojenik faktörlerin de bu süreci hızlandırdığını göstermektedir. Bu eğilim, tarımsal üretimden hidrolojik süreçlere ve ekosistem işleyişine kadar pek çok alanda önemli sonuçlar doğurmakta olup, geleceğe yönelik uyum ve yönetim stratejilerinin şekillendirilmesi için kritik bir veri kaynağı sunmaktadır.

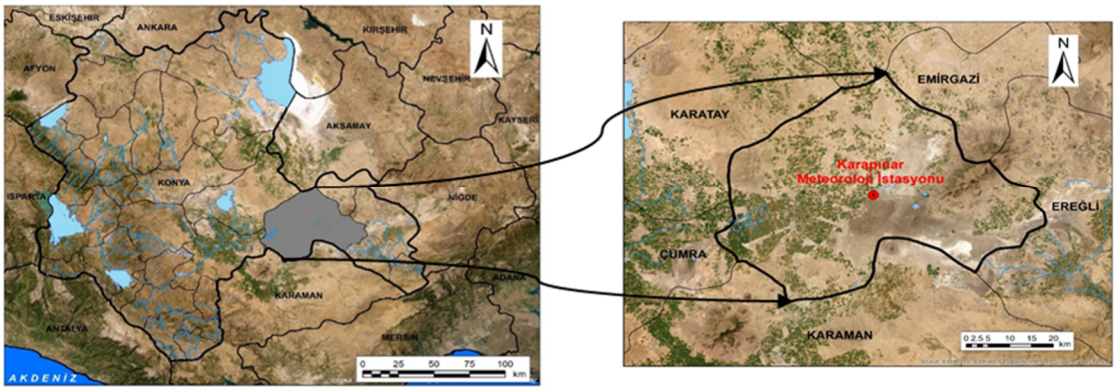
Türkiye'de toprak sıcaklıklarının zaman içindeki değişimi, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerini anlamada hâlâ yeterince detaylandırılmamış bir araştırma alanı olup, özellikle farklı toprak derinliklerinde bu değişimin nasıl gerçekleştiği önemli bir problem olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, Konya ili Karapınar ilçesinde 1964–2023 dönemine ait uzun süreli Ts verilerini analiz ederek sığ (5 cm) ve orta derinlikteki (50 cm) katmanlarda mevsimsel ve uzun dönemli eğilimleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Toprak termal rejimindeki bu değişimlerin ortaya konması, bölgesel iklim dinamiklerinin anlaşılması, tarımsal faaliyetlerin planlanması ve iklim uyum stratejilerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklar üzerinden Pettitt testi ve İnovatif Trend Analizi (ITA) uygulanmış olup, elde edilen bulgular izleyen bölümlerde ayrıntılı biçimde sunularak değerlendirilmektedir.

VERİ VE YÖNTEM

Veri Kaynağı ve İklim Özelliği

Bu çalışmada kullanılan toprak sıcaklığı verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmış olup, Konya iline bağlı Karapınar ilçesinde yer alan tek meteoroloji istasyonundan (Karapınar Meteoroloji İstasyonu, KRPN, No: 17902) alınmıştır. İstasyon, İç Anadolu Bölgesi'nin karakteristik karasal iklim özelliklerini yansıtmaktadır ve deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1004 metredir. Karapınar, "Büyük Klima +6+" sınıfına dahil olup, yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve kar yağışlı bir iklim sergilemektedir.

Bölgenin düşük nem oranı, sınırlı yağış miktarı ve yüksek yıllık sıcaklık farkları, toprak sıcaklığı verilerinin analizini etkilemektedir. Çalışmada, sığ toprak katını (5 cm derinlik) ve orta derinlik katını (50 cm derinlik) temsil eden veriler incelenmiştir.



Şekil 1. Karapınar İlçesi ve Karapınar Meteoroloji İstasyonunun Coğrafi Konumu

İnovatif Trend Analizi

İnovatif Trend Analizi (ITA), Şen (2012) tarafından önerilen ve verilerdeki trendi belirlemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde veri dizini iki parçaya ayrıldıktan sonra küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Veriler 1:1 doğrusunun üzerinde yer alıyorsa, verilerde herhangi bir trend olmadığı kabul edilir. Eğer veriler üst üçgenin içinde yer alıyorsa, bu pozitif bir trendi, yani artan bir eğilimi gösterir. Verilerin alt üçgen içinde yer alması ise negatif bir trendi, yani azalan bir eğilimi ifade eder. ITA yönteminde, trendin büyüklüğü ve yönü s (eğim) ile belirlenir, eğimin doğruluğu ise ssd (eğimin standart sapması) ile ölçülür. Veriler arasındaki ilişkiyi belirleyen correl (korelasyon), trendin genel büyüklüğünü ise D (trend gösterge değeri) ifade eder. Ayrıca, trendin güven aralıkları için CLlower90/upper90, CLlower95/upper95, ve CLlower99/upper99 gibi değerler kullanılarak, %90, %95 ve %99 güvenle trendin alt ve üst sınırları belirlenir. Bu parametreler, verilerdeki trendin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırarak, eğilimlerin daha güvenilir bir şekilde analiz edilmesini sağlar (Sen, 2012; Sen, 2017).

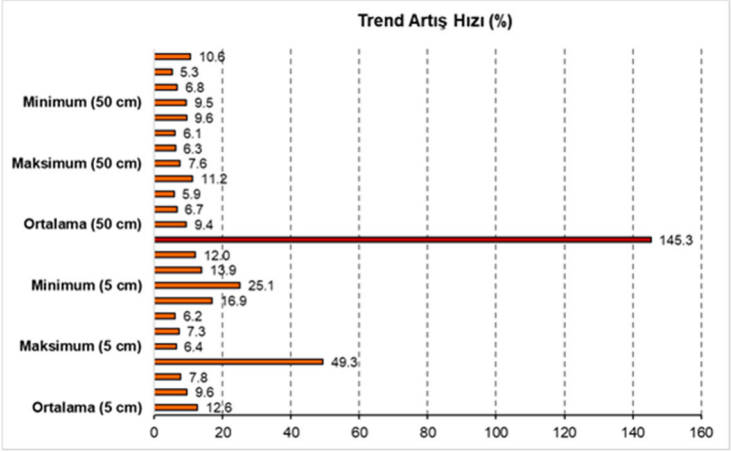
Pettitt Testi

Pettitt testi, zaman serilerindeki merkezi eğilimdeki değişiklikleri tespit etmek için kullanılan non-parametrik bir yöntemdir. Bu test, zaman serisindeki değişim noktasını belirlemeye yönelik olarak sıralı değerler üzerinden hesaplamalar yapar (Pettitt, 1979). Temel olarak, veriler sıralandıktan sonra hesaplanan U_k değerleri ile trenddeki değişim noktası belirlenir. Ardından, bu noktanın anlamlılığı p değeri ile test edilir. Eğer p değeri 0.5'ten küçükse, değişim noktası istatistiksel olarak anlamlı kabul edilir ve bu, verilerde önemli bir değişiklik yaşandığını gösterir (Pettitt, 1979; Verstraeten vd., 2006).

BULGULAR

Şekil 2, 1964–1993 ve 1994–2023 dönemlerine ait toprak sıcaklıklarının yıllık artış oranlarını (%) göstermektedir. Yüzey (5 cm) toprak sıcaklıklarında, her iki dönemde de belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Özellikle 1994–2023 döneminde, kışın minimum sıcaklıklarda %145 oranında dramatik bir artış yaşanmıştır. Yüzeydeki yıllık ortalama sıcaklık artışı ise, kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde %8 ile %13 arasında değişiklik göstermektedir. Kış aylarında toprak sıcaklıkları, iklim değişikliğinin en belirgin etkilerini göstermektedir.

Bununla birlikte, yaz aylarında minimum sıcaklıklar da %14 oranında bir artış kaydetmiş, bu da sıcak günlerin daha sıcak hale geldiğini ortaya koymaktadır.
Derin (50 cm) toprak katmanlarında ise, 1964–1993 ve 1994–2023 arasındaki yıllık artış oranları daha dengeli ve yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir. Kış mevsiminde minimum sıcaklıklar, derin toprak katmanlarında %10 civarında bir artış göstermiştir (Şekil 2). Bu, derin toprak katmanlarının da iklim değişikliğinden etkilendiğini ancak yüzey kadar hızlı tepki vermediğini göstermektedir. Derin toprak, yüksek ısı ataleti nedeniyle yüzeydeki sıcaklık değişimlerine daha gecikmeli yanıt verir. Bu gecikme, derin toprak katmanlarının daha yavaş ısındığı ve yüzeydeki değişimlere adapte olmakta zaman aldığını göstermektedir.



Şekil 2. 1964–1993 ve 1994–2023 Dönemlerinde Toprak Sıcaklığının Yıllık Artış Oranları (%)

Toprak sıcaklıkları, tüm mevsimlerde belirgin bir artış eğilimi göstermektedir. Özellikle 5 cm derinlikteki ölçümler, bu artışın en belirgin şekilde görüldüğü seviyedir. Yaz mevsimindeki minimum sıcaklıklar, bu artışın en yüksek olduğu dönemlerden biridir ve bu dönemde kaydedilen artış oranı 0.107 °C/yıl (yani 1.07 °C/on yıl) olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu durum, yüzey toprağının özellikle soğuk mevsimlerde daha hızlı bir şekilde ısındığını ve buna bağlı olarak toprak sıcaklığındaki günlük ve mevsimsel dalgalanmaların giderek daha az belirgin hale geldiğini göstermektedir. Yani, zamanla yüzey toprağının ısınma hızı artarken, bu ısınmanın daha homojen hale geldiği, sıcaklık dalgalanmalarının ise azaldığı gözlemlenmektedir. Bu eğilim, toprak sıcaklıklarının zaman içinde nasıl değiştiğini ve özellikle yaz aylarındaki düşük sıcaklıkların daha fazla arttığını net bir şekilde ortaya koymaktadır
Orta derinlik toprak katında (50 cm derinlik), yüzeye göre daha yavaş bir ısınma görülmektedir, ancak bu değişim yine de anlamlıdır. Yaz ve maksimum sıcaklıklarda yıllık artış oranı 0.050 °C/yıl seviyelerinde iken, kış aylarında bu artış 0.021 °C/yıl ile daha düşük bir hızda devam etmektedir. Ancak, bu düşük hızda bile sürekli bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Derin toprak katmanlarındaki ısınma, yüzeydeki ısınmaya göre daha gecikmeli bir şekilde gerçekleşiyor, fakat zamanla bu değişimlerin de belirginleştiği söylenebilir (Tablo 1).

Tablo 1. Toprak Sıcaklıklarının Büyüklüğü (°C/yıl) (En Düşük ve En Yüksek Değerler Farklı Renkler ile Boyanmıştır)

Seri	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Yıllık
Ortalama (5 cm)	0.056	0.086	0.038	0.037	0.054
Maksimum (5 cm)	0.038	0.072	0.041	0.034	0.046
Minimum (5 cm)	0.072	0.107	0.039	0.049	0.067
Ortalama (50 cm)	0.036	0.050	0.034	0.021	0.035
Maksimum (50 cm)	0.035	0.050	0.040	0.022	0.037
Minimum (50 cm)	0.029	0.048	0.026	0.015	0.029

Toprak sıcaklıklarında, özellikle yüzey katmanlarında (5 cm) belirgin rejim değişimleri gözlemlenmiştir. Yüzeydeki ısınma, 1980'lerin sonlarından itibaren hızla başlamıştır ve bu artışın etkisi oldukça belirgindir. Bu dönemde, özellikle yaz mevsiminde minimum sıcaklıklar, ciddi bir şekilde artış göstermeye başlamıştır (Tablo 2). Bu hızlı ısınma, yüzey toprağının daha hızlı tepki verdiğini ve atmosferdeki sıcaklık değişimlerine duyarlı olduğunu gösterir. 1988 yılı, yüzeydeki ısınmanın belirgin şekilde başladığı bir dönüm noktası olmuştur. Bu tarihten sonra, toprak sıcaklıklarında görülen artış, özellikle yaz aylarında daha net bir şekilde hissedilmeye başlanmıştır.

Derin toprak katmanlarında (50 cm) ise değişim, yüzey katmanlarına göre daha gecikmeli bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu katmanlar, yaklaşık olarak 10–15 yıl sonra yüzeydeki ısınmaya tepki vermeye başlamıştır. 2008 yılı, kış mevsiminde istatistiksel açıdan önemli bir rejim değişikliği yaşandığı bir dönüm noktası olarak kayda geçmiştir (Tablo 2). Bu tarihten itibaren, kış aylarında da belirgin bir ısınma eğilimi gözlemlenmeye başlanmıştır. Kış mevsimi, son yıllarda toprak sıcaklıklarında en belirgin değişimin yaşandığı dönem olarak öne çıkmaktadır. Yani, kış mevsiminde görülen ısınma, atmosferdeki değişimlerle paralel bir şekilde ilerlemiş ve bu durum toprak sıcaklıklarına da yansımıştır.

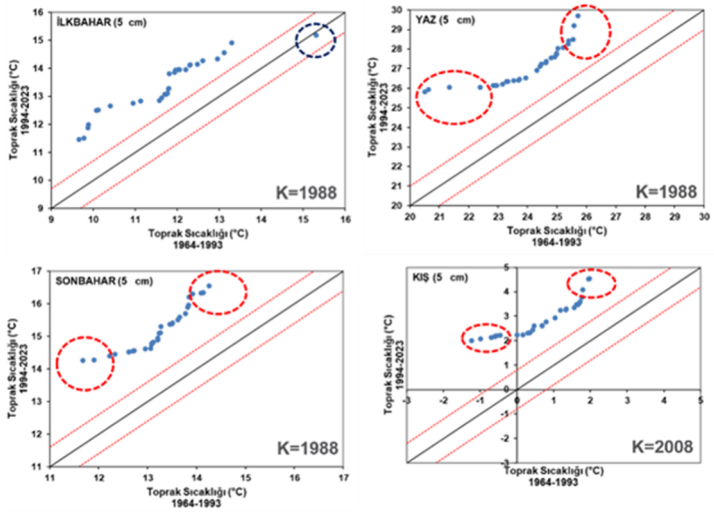
Toprak sıcaklıkları, atmosferdeki ısınmaya gecikmeli ama kalıcı bir şekilde tepki vermektedir. Yüzeydeki sıcaklık değişimlerinin daha hızlı ve doğrudan olduğunu, ancak derin toprak katmanlarında bu değişimlerin zaman içinde daha yavaş bir şekilde gerçekleştiğini söylemek mümkündür. Bu gecikmeli tepki, toprakların ısınma sürecinde önemli bir özellik olarak dikkat çekmektedir. Ancak, bu gecikmenin ardından toprak sıcaklıklarındaki artış kalıcı bir hale gelmiş ve yıllar içinde istikrarlı bir ısınma eğilimi gözlemlenmiştir.

Toprak sıcaklıklarındaki en güçlü kırılma noktalarından biri, 1988 yazında 5 cm derinlikteki minimum sıcaklıklarda meydana gelmiştir. Bu tarihten sonra, yüzey toprağındaki sıcaklıklar belirgin bir şekilde artmaya başlamış ve bu değişim, yaz mevsimindeki sıcaklıkların her geçen yıl daha fazla arttığını ortaya koymuştur (Tablo 2). Bu kırılma, aynı zamanda yüzeydeki ısınmanın başladığı ve toprakların atmosferdeki sıcaklık değişimlerine daha duyarlı hale geldiği bir dönüm noktası olarak kayda geçmiştir.

Tablo 2. Pettit Test Sonuçları

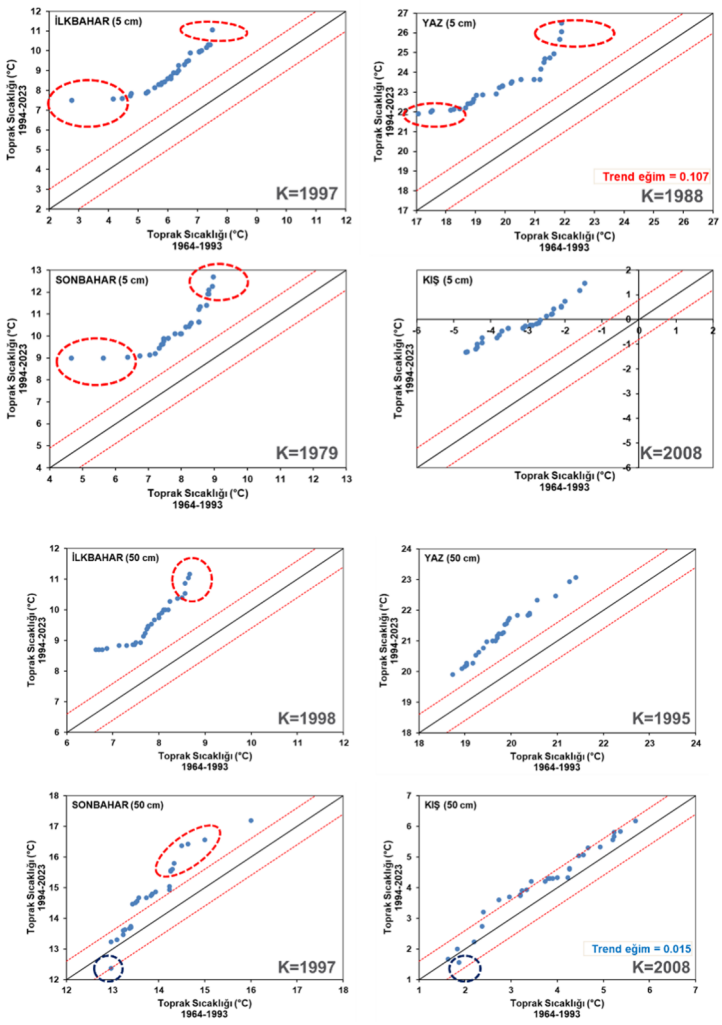
Veriseti	Değişken	Olası Değişim Noktası (K)	p-değeri
Ortalama (5 cm)	İlkbahar	1988	0.0000
	Yaz	1988	0.0000
	Sonbahar	1988	0.0002
	Kış	2008	0.0131
Maksimum (5 cm)	İlkbahar	1988	0.0002
	Yaz	1988	0.0000
	Sonbahar	1988	0.0001
	Kış	1994	0.0615
Minimum (5 cm)	İlkbahar	1997	0.0000
	Yaz	1988	0.0000
	Sonbahar	1979	0.0023
	Kış	2008	0.0052
Ortalama (50 cm)	İlkbahar	1998	0.0002
	Yaz	1997	0.0000
	Sonbahar	1997	0.0002
	Kış	2013	0.0101
Maksimum (50 cm)	İlkbahar	1998	0.0005
	Yaz	1997	0.0000
	Sonbahar	1997	0.0000
	Kış	2013	0.0158
Minimum (50 cm)	İlkbahar	1998	0.0036
	Yaz	1995	0.0000
	Sonbahar	1997	0.0098
	Kış	2008	0.0203

İTA analizine göre, hem 5 cm hem de 50 cm derinliklerdeki ortalama toprak sıcaklıkları tüm mevsimlerde anlamlı bir artış eğilimi göstermektedir. Yüzeyde (5 cm) yapılan analiz, verilerin 1:1 çizgisinin üzerinde yoğunlaşarak güçlü bir ısınma eğilimini ortaya koymaktadır. Özellikle yaz ve kış mevsimlerinde düşük ve yüksek sıcaklık gruplarında belirgin bir artış gözlemlenirken, kışın yüksek sıcaklıklarda ise hafif bir azalma yaşanmaktadır. Bu eğilim, kış mevsiminde 2008'den itibaren daha belirgin hale gelirken, diğer mevsimlerde ise 1988'den itibaren giderek güçlenmiştir. İlkbahar mevsiminde ise 15 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hafif bir azalma dikkat çekmektedir (Şekil 3). Bu bulgular, özellikle son yıllarda yüzeydeki ısınmanın hızlandığını ve iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 3. Ortalama Toprak Sıcaklığına Ait İTA Test Grafikleri

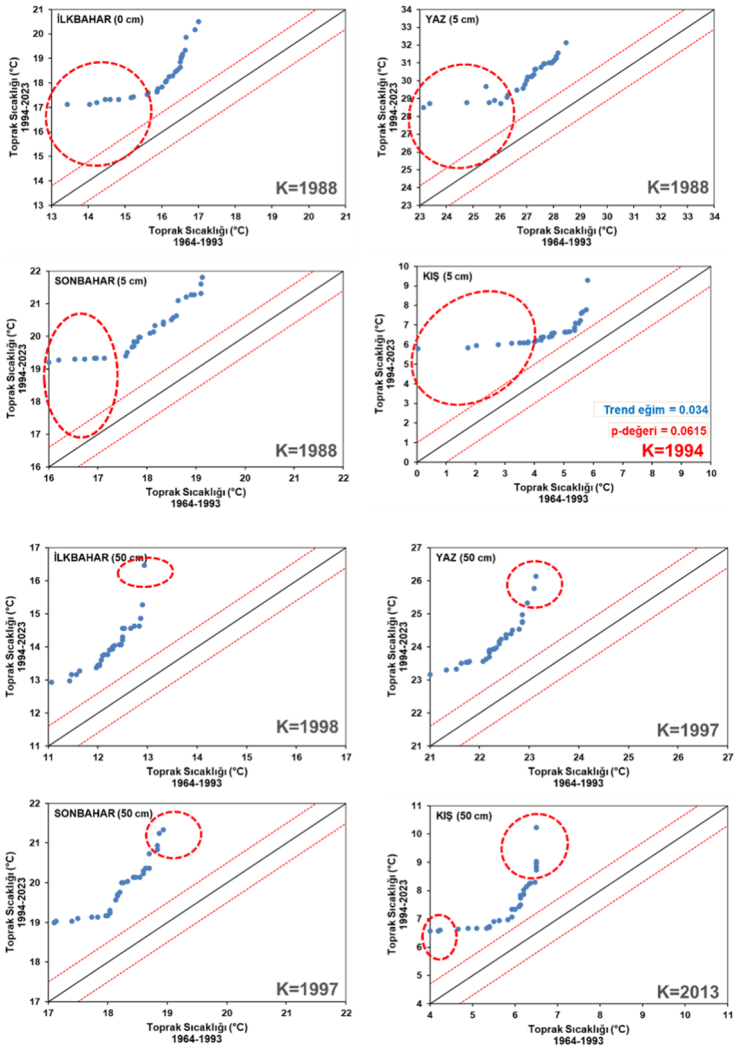
Sığ toprak katında, minimum sıcaklık değerleri tüm mevsimlerde 1:1 çizgisinin üzerinde yer almakta ve belirgin bir artış eğilimi göstermektedir. Genel olarak, düşük ve yüksek değer gruplarında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. En güçlü ısınma yaz döneminde gerçekleşmekte olup, bu dönemdeki trend büyüklüğü 1.1 °C/on yıl olarak belirlenmiştir. Ayrıca, trendin başlangıç yıllarında dönemsel farklılıklar bulunmakta; özellikle sonbahar mevsiminde, 1979 yılı erken bir kırılma noktası olarak öne çıkmaktadır (Şekil 4).
Orta derinlik katmanında da en güçlü ısınma yaz döneminde görülmektedir, bu dönemde trendin büyüklüğü 0.48 °C/on yıl'dır. En zayıf artış ise kış mevsiminde kaydedilmiş olup, yıllık artış oranı sadece 0.15 °C/on yıl'dır. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise yüksek değer kümelerinde (>10 °C ve >15 °C) belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, sonbahar ve kış aylarında düşük sıcaklık gruplarında hafif bir azalma eğilimi dikkat çekmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Minimum Toprak Sıcaklığına Ait İTA Test Grafikleri

Sığ toprak katında, maksimum sıcaklıklarda en güçlü artış yaz döneminde görülmektedir; bu dönemde trendin büyüklüğü 0.72 °C/on yıl olarak belirlenmiştir. En zayıf artış ise kış mevsiminde kaydedilmiş olup, yıllık artış sadece 0.34 °C/on yıl'dır. Tüm dönem boyunca, düşük değer grubu toprak sıcaklıklarında belirgin bir artış yaşanmaktadır. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, özellikle yüksek değer gruplarında, özellikle 15 °C'nin üzerindeki toprak sıcaklıklarında güçlü bir artış eğilimi gözlemlenmektedir.

Aynı zamanda, orta derinlikteki toprak katmanlarında da tüm dönemde, düşük ve yüksek değer gruplarındaki toprak sıcaklıklarında güçlü artışlar yaşandığı dikkat çekmektedir (Şekil 5)



Şekil 5. Maksimum Toprak Sıcaklığına Ait İTA Test Grafikleri

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, Konya ili Karapınar ilçesinde 1964–2023 yılları arasında aylık ölçülen toprak sıcaklıklarının mevsimsel ve uzun dönemli değişimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Yapılan İnovatif Trend Analizi (ITA) ve Pettitt testi sonuçlarına göre, sığ (5 cm) ve orta derinlik (50 cm) toprak katmanlarında tüm mevsimlerde %95 güven düzeyinde anlamlı ve belirgin bir ısınma eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Konya Karapınar bölgesindeki bu bulgular, Türkiye'nin diğer bölgelerinde yapılan çalışmalardaki sonuçlarla büyük ölçüde tutarlıdır.

Özellikle yaz mevsiminde toprak sıcaklıklarında en güçlü artış gözlemlenmiş olup, 5 cm derinlikteki minimum sıcaklık trendi 1.1 °C/on yıl, maksimum sıcaklık trendi ise 0.72 °C/on yıl olarak belirlenmiştir. Derin toprak katmanlarında (50 cm) ise yaz döneminde ısınma 0.48 °C/on yıl seviyesinde olmuş, ancak kış mevsiminde ısınma daha zayıf kalmış ve 0.15–0.34 °C/on yıl arasında değişmiştir. Bu durum, sığ toprak katında ısınmanın daha hızlı ve değişken bir şekilde gerçekleştiğini, orta derin toprak katında ise daha yavaş ve düzenli bir ısınma eğilimi olduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, Karapınar'daki ısınma eğilimlerinin, Tekkanat (2023) tarafından Karasal İç Anadolu'da yapılan çalışmada ortaya konan genel eğilimlerle tutarlıdır. Tekkanat, İç Anadolu'daki toprak sıcaklıklarında %95 güven düzeyinde belirgin bir artış trendi olduğunu ve Ankara, Çorum, Sivas gibi istasyonlarda verilerin 1:1 çizgisinin üzerinde yoğunlaştığını belirtmiştir. Karapınar'daki veriler de bu durumu desteklemekte olup, bölgesel anlamda sıcaklık artışının önemli bir göstergesidir.

İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, özellikle yüksek sıcaklık değerlerinde (>10 °C ve >15 °C) belirgin bir artış eğilimi gözlemlenirken, kış ve sonbahar dönemlerinde düşük sıcaklık gruplarında hafif bir azalma eğilimi tespit edilmiştir. Bu bulgular, soğuk dönemlerin ılımanlaştığını ve kış mevsimlerinin daha ılıman hale geldiğini göstermektedir. Bu durum, iklim değişikliğinin Karapınar bölgesindeki etkilerinin önemli bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, bu bulgular, Yeşilırmak (2014) ve İçel ve Ataol (2013) gibi çalışmalarda tespit edilen, yaz aylarında toprak sıcaklıklarındaki artışları ve iklim değişikliğinin daha derin toprak katmanlarına kadar yayıldığını desteklemektedir.

Yüzeydeki ısınma eğiliminin derin toprak katmanlarına 5–10 yıl gecikmeli olarak yansıması, toprak sıcaklıklarının atmosferdeki ısınmaya tepkisinin zamanla kalıcı bir değişime dönüştüğünü göstermektedir. Bu gecikmeli tepki, Bağdatlı ve Ballı (2020b) tarafından Niğde Merkez'de yapılan bir çalışmada da benzer şekilde gözlemlenmiştir. Çalışmada, 10, 50 ve 100 cm derinlikteki toprak sıcaklıklarının yıllar içinde tutarlı bir şekilde yükseldiği ve derin katmanlardaki artışların daha belirgin hale geldiği saptanmıştır. Bu bulgular, Konya Karapınar'daki toprak sıcaklıklarıyla paralellik göstermektedir ve bölgenin toprak termal rejiminin uzun vadeli iklim değişimlerine duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Toprak sıcaklıklarındaki artış, yaz mevsiminde en belirgin şekilde gözlemlenmiş olup, 5 cm derinlikteki maksimum ve minimum sıcaklıkların her ikisinde de güçlü bir ısınma eğilimi belirlenmiştir. Bu eğilim, özellikle 1988 yılından itibaren güçlenmeye başlamış ve 2008'de kış mevsiminde önemli bir kırılma noktası yaşanmıştır. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ise ısınma eğilimi daha yavaş bir şekilde kendini göstermiştir, ancak bu süreç de belirgin bir şekilde ilerlemektedir. 1979 yılı, sonbaharda erken bir trend kırılma yılı olarak tespit edilmiştir. Benzer bir durum, Tekkanat (2023) tarafından İç Anadolu'daki çeşitli istasyonlarda yapılan çalışmalarda da gözlemlenmiştir. Sivas gibi nispeten daha soğuk ve karasal bölgelerde bile ısınma eğilimlerinin güçlendiği ve yıllık artış oranlarının farklılık gösterdiği belirtilmiştir.

Genel olarak, tüm dönem boyunca toprak sıcaklıklarının düşük ve yüksek değer gruplarında sürekli ve hızlanan bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, Karapınar bölgesinde toprak sıcaklıklarının son birkaç on yılda istikrarlı bir ısınma sürecine girdiğini ve mevsimsel olarak özellikle yaz döneminde belirginleştiğini ortaya koymaktadır. Yüzeydeki ısınma, atmosferdeki ısınma ile paralel bir şekilde ilerlerken, derin toprak katmanlarında bu değişimin daha gecikmeli ve yavaş bir şekilde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu bulgular, bölgedeki iklim değişikliğinin toprak sıcaklıkları üzerindeki etkilerini ve gelecekteki iklim modellemeleri için önemli bir veri sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, Konya ili Karapınar ilçesinde toprak sıcaklık rejiminin yıllar içinde önemli değişimlere uğradığını ve bu değişimlerin özellikle yaz mevsimindeki sıcaklık artışlarıyla daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan diğer uzun dönemli çalışmalarla tutarlı olan bu bulgular, iklim değişikliğinin yerel etkilerini daha iyi anlamamıza yardımcı olmakta ve gelecekteki iklim senaryolarının oluşturulmasında önemli bir temel oluşturmaktadır. Ayrıca, Türkiye genelindeki toprak sıcaklıkları üzerindeki iklim değişikliği etkilerini ele alan bu çalışmalara dayanan bulgular, yerel yönetimlerin ve bilim insanlarının bölgesel iklim değişikliklerini daha iyi modellemeleri için değerli veriler sunmaktadır.

KAYNAKLAR

Bağdatlı, M. C., & Ballı, Y. (2020a). Soil Temperature changes (1970-2019) in Ulukışla district in Turkey by trend analysis methods. *International Journal of Plant Breeding and Crop Science (IJPBCS)*, *7*(2), 851-864.

Bağdatlı, M. C., & Ballı, Y. (2020b). The analysis of soil temperatures in different depths using Spearman's Rho and Mann-Kendall correlation tests: the case study of Nigde center in Turkey. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, *7*(5): 38-55.

İçel, G., ve Ataol, M. (2013). Türkiye'nin yıllık ortalama hava ve 50 cm toprak sıcaklıklarında eğilimler ve hava 50 cm toprak sıcaklıkları arasındaki ilişkiler (1975–2005). *6th Atmospheric Science Symposium*, 24–26 Nisan 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Tonkaz, T., Doğan, E. ve Aydemir, S. (2007). GAP Bölgesi toprak sıcaklıklarının alansal değişimleri ve hava sıcaklığı ile İlişkileri. *HR.Ü.Z.F. Dergisi*, *11*, 55-61.

Turkoglu, N. (2010). Analysis of urban effects on soil temperature in Ankara. *Environmental Monitoring and Assessment*, *169*(1), 439-450.

Öndeş, A. D. (2013). Doğu Anadolu Bölgesi Van istasyonunda toprak sıcaklıklarının değiğimleri ve hava sıcaklıkları ile ilişkileri (s. 1-9) Erişim: 1 Kasım 2025, https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/vantoprak.pdf.

Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, *28*(2), 126-135.

Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, *17*(9), 1042-1046.

Şen, Z. (2017). Innovative trend significance test and applications. *Theoretical and Applied Climatology*, *127*(3), 939-947.

Tekkanat, İ. S. (2023). Türkiye'de toprak sıcaklıklarının değişimi. Yayınlanmamış Doktora tez. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.

Verstraeten, G., Poesen, J., Demarée, G., & Salles, C. (2006). Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): Implications for assessing soil erosion rates. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *111*(D22).

Yeşilırmak, E. (2014). Soil temperature trends in Büyük Menderes Basin, Turkey. *Meteorological Applications*, *21*(4), 859-866.

Mozaffari, G. A. (2022). Climate change and its consequences in agriculture. In S. Harris (Ed.), *The nature, causes, effects and mitigation of climate change on the environment* (p. 83). IntechOpen.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

TARIMSAL ZARARLILAR İLE MÜCADELEDE BİTKİ EKSTRAKTLARININ KULLANIMI

Ayşe SAKLAN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0009-0006-0957-1362

ÖZET
İnsanoğlunun yaşamının sürdürülebilirliği için tarımsal üretim vazgeçilmezdir ve bu süreçte bitkisel üretim temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Ancak bitkisel üretimde, verim ve kaliteyi düşüren çok sayıda hastalık etmeni, yabancı ot ve zararlı böcek bulunmaktadır. Uzun yıllar boyunca bu zararlılarla mücadelede kimyasal insektisitler kullanılmış; fakat bu maddelerin aşırı ve bilinçsiz kullanımı, çevre kirliliği, insan sağlığı riskleri ve zararlılarda direnç gelişimi gibi ciddi sorunlara yol açmıştır. Bu olumsuzluklar, çevre dostu ve sürdürülebilir alternatif yöntemlere olan ilgiyi artırmıştır. Bitki ekstraktları, bitkilerin biyolojik olarak aktif bileşenlerinden elde edilen doğal kökenli ürünlerdir ve zararlılarla mücadelede çevreyle uyumlu bir çözüm sunmaktadır. Bitkisel kökenli bileşiklerin tarımsal zararlılara karşı kullanımı 1930'lu ve 1940'lı yıllarda yaygın olup, sentetik insektisitlerin geliştirilmesiyle önemini geçici olarak yitirmiştir. Ancak Türkiye'de 2010–2023 yılları arasında 221 aktif maddenin yasaklanmasıyla birlikte bitki ekstraktlarına olan ilgi yeniden artmıştır. Bitki ekstraktlarının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Güneş ışığı, nem ve rüzgâr gibi çevresel koşullarda hızla parçalanmaları uygulama zamanlamasını kritik hâle getirmektedir. Ayrıca üretim sürecinde aktif bileşenlerin standardizasyonu güçtür ve depolama ömürleri sınırlıdır. Bununla birlikte, bitki ekstraktları memeliler ve çevre için düşük toksisiteye sahip olup, böceklerin beslenme davranışlarını hızla durdurarak zararı önler ve fitotoksik etki oluşturmaz. Sonuç olarak, bitki ekstraktları zararlılara karşı etkili, güvenli ve çevre dostu bir mücadele aracı olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, bitki ekstraktlarının tarımsal zararlılara karşı kullanımına ilişkin örnekler sunulmuş ve bu bileşiklerin tarımsal üretimdeki potansiyelleri ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.
Anahtar Kelimeler: Bitki Ekstraktları, Tarımsal Zararlılar, Sürdürülebilir Tarım, Kimyasal Insektisitler

APPLICATION OF PLANT EXTRACTS IN THE MANAGEMENT OF AGRICULTURAL PESTS

ABSTRACT
Agricultural production is essential for the sustainability of human life, with crop cultivation serving as a central component of this process. However, crop production is threatened by numerous pests, including pathogens, weeds, and harmful insects, which reduce both yield and quality. For many years, chemical insecticides have been widely used to control these pests. Nevertheless, excessive and indiscriminate use has led to environmental pollution, human health risks, and the development of resistance in target organisms. These challenges have increased interest in environmentally friendly and sustainable alternative strategies. Plant extracts, obtained from the biologically active compounds of plants, offer an eco-friendly solution for pest management. Historically, plant-derived compounds were commonly used to control agricultural pests during the 1930s and 1940s, but their significance temporarily declined with the development of synthetic insecticides. In Turkey, the ban of 221 active substances between 2010 and 2023 has renewed attention toward plant extracts. Plant extracts also have some disadvantages.

Their rapid degradation under environmental conditions such as sunlight, humidity, and wind makes timing of application critical. Furthermore, standardization of active ingredients during the production process is difficult, and their shelf life is limited. However, plant extracts remain low in toxicity for mammals and the environment. They can quickly inhibit insect feeding behavior, preventing damage, and do not exhibit phytotoxic effects on crops. Overall, plant extracts represent an effective, safe, and environmentally sustainable tool for pest management. This study presents examples of the use of plant extracts against agricultural pests and discusses in detail the potential of these compounds in agricultural production.
Keywords: Plant Extracts, Agricultural Pests, Sustainable Agriculture, Chemical Insecticides.

GİRİŞ

Ülkemizde tarımsal üretimde ekonomik zarara yol açan çok sayıda hastalık etmeni, zararlı ve yabancı ot bulunmaktadır; bazı türler zaman zaman salgın boyutuna ulaşarak ciddi zararlar meydana getirmektedir. Kültürel önlemler çoğu zaman yeterli olmazken, kimyasal mücadele yöntemleri hem pahalı hem de çevre ve insan sağlığı açısından tehlike taşımaktadır. Ayrıca zararlılar böceklerin kimyasallara karşı direnç geliştirmesi, kimyasal mücadele yöntemlerinin kullanabilirliğini giderek azaltmaktadır (Kotan, 2020).

Tarımsal mücadelede kimyasal pestisitlerin kullanımı 20. yüzyılın ortalarına kadar hızla artmıştır. 1939 yılında Dikloro-Difenil-Trikloroetan (DDT)'nin insektisit olarak etkinliğinin keşfedilmesi, modern tarımda kimyasal dönemin başlangıcı olmuştur (Aktar, Sengupta & Chowdhury, 2009). Ancak, 1945 sonrası dönemde sentetik pestisitlerin yoğun şekilde kullanılmasıyla birlikte çevre, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden olumsuz etkiler ortaya çıkmaya başlayınca bu durum, 1960'lı yıllardan itibaren pestisit kullanımının sınırlandırılması yönünde uluslararası farkındalığın gelişmesine katkı sağlamıştır (Anonim, 2010). Ancak 1939 yılında ABD'de 5.400 ton olan piretrin ithalatının 1990 yılında 350 tona kadar düşmesi (Gentry, 1993), bitkisel kökenli insektisitlerin yerini sentetik bileşiklere bıraktığını göstermektedir. Günümüzde çevre, gıda güvenliği ve insan sağlığı bilincinin artmasıyla birlikte bu kez pestisitlerin kullanımının kısıtlandığı, Türkiye'de de 2010–2023 yılları arasında 221 aktif maddenin yasaklandığı bildirilmektedir (BKÜ, 2024).

Bu gelişmeler, çevre dostu ve sürdürülebilir mücadele yöntemlerinden olan bitkisel kökenli insektisitlere ilgiyi artırmıştır(Kılıç, 2008). Bitkiler, doğal ortamlarında karşılaştıkları biyotik ve abiyotik faktörlere karşı kendilerini korumak için sekonder metabolitler olarak adlandırılan kimyasal bileşikler üretirler. Bu bileşikler arasında yer alan alkaloitler, fenoller, terpenoidler, glikozitler ve saponinler gibi gruplar, bitki ekstraktlarının biyolojik aktivitesinin temelini oluşturmaktadır (Isman, 2006). Yapılan çalışmalar ise bitkisel ekstraktların farklı zararlı türleri üzerinde öldürücü, gelişmeyi engelleyici veya uzaklaştırıcı etkiler gösterebildiğini ortaya koymuştur (Pavela, 2015).

Türkiye, farklı iklim kuşakları ve zengin florasıyla bu alanda önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak endemik türlerin yok olma riski nedeniyle bu doğal kaynakların korunması ve biyolojik etkinliklerinin araştırılarak tarımda değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Kotan & Dadasoğlu, 2018). Son yıllarda yapılan araştırmalarda özellikle *Thymus*, *Origanum* ve *Satureja* türlerinin zararlıların kontrolünde öne çıkan bitkiler arasında yer aldığı birçok çalışma bildirilmektedir (Baş, 2023). Bu türlerin sahip oldukları uçucu ve uçucu olmayan bileşenlerin; insektisit, repellent (uzaklaştırıcı), antifeedant (beslenmeyi engelleyici) ve büyüme düzenleyici etkiler gösterdiği çalışmalar ile ortaya koyulmuştur(Regnault-Roger et al., 2012).

Bununla birlikte, bitkisel ekstraktların etki mekanizmalarının, uygulama dozlarının, formülasyonlarının ve zararlılara karşı etkinliğinin belirlenmesi konusunda daha fazla uygulamaya ve araştırmaya gerek duyulmaktadır.

Elde edilen bulguların laboratuvar koşullarından tarla uygulamalarına taşınabilmesi, bu doğal bileşiklerin çevre dostu bitki koruma stratejilerinde etkin şekilde kullanılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bitki ekstraktlarının entegre zararlı yönetimi programlarına dahil edilmesi, hem kimyasal pestisitlerin azaltılması hem de doğal dengenin korunması yönünde önemli bir alternatif olacaktır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak ve çevre dostu mücadele yöntemlerini geliştirmek günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Kimyasal pestisitlerin insan sağlığı, çevre ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin artması, araştırmacıları doğal kaynaklı alternatiflere yönlendirmiştir (Isman, 2006; Pavela, 2016). Bu kapsamda bitkilerden elde edilen ekstraktlar, içeriklerinde bulunan zengin biyolojik aktif bileşenler sayesinde son yıllarda zararlı organizmalarla mücadelede öne çıkan doğal ajanlar haline gelmiştir. Çeşitli bitki türlerinden elde edilen ekstraktların, zararlılarda beslenmeyi engelleyici, uzaklaştırıcı, gelişmeyi durdurucu veya doğrudan öldürücü etkiler gösterebildiği pek çok araştırmayla ortaya konmuştur (Regnault-Roger & Philogène, 2008; Ghosh et al., 2012). Bununla birlikte, bu doğal bileşiklerin etkili olduğu koşullar, uygulama sıklıkları, stabiliteleri ve standardizasyon güçlükleri gibi faktörler, kullanım alanlarını ve etkinlik sürelerini doğrudan etkilemektedir.

Bitkisel ekstraktların sahip oldukları avantajların yanı sıra bazı sınırlayıcı yönleri de bulunmaktadır. Bu nedenle, hem olumlu hem de olumsuz yönlerinin birlikte değerlendirilmesi, çevre dostu mücadele stratejilerinin geliştirilmesinde yol gösterici olacaktır. Bu derlemede öncelikle bitkisel ekstraktların avantaj ve dezavantajları ele alınmış, ardından dünyada en yaygın olarak kullanılan bazı bitkisel kökenli insektisitlerin özellikleri ve zararlılar üzerindeki etkilerine yer verilmiştir.

Bitkisel Ekstraktların Avantajları

Bitkisel ekstraktlar, doğada kolay parçalanabilen ve çevreye kalıntı bırakmayan özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bu doğal bileşikler, güneş ışığı, nem ve rüzgâr gibi çevresel faktörler altında hızlı bir şekilde parçalanarak çevre kirliliğine neden olmamaktadır. Ayrıca çoğu ekstrakt, memeliler ve diğer yararlı organizmalar için toksik değildir. Bu durum, özellikle kimyasal pestisitlerin oluşturduğu kalıntı problemlerine karşı önemli bir avantaj sağlamaktadır (Weinzierl ve Henn, 1991).

Bitkisel ekstraktların bir diğer olumlu yönü, böceklerin beslenme davranışını hızlı bir şekilde durdurmalarıdır. Her ne kadar böceklerin ölümü zaman alsa da, zararın önlenmesi bakımından etkileri kısa sürede ortaya çıkar. Bunun yanı sıra genellikle fitotoksik etki göstermemeleri nedeniyle, bitki gelişimi, çimlenme veya ürün kalitesi üzerinde olumsuz bir etkileri olmaz. Ayrıca mide zehiri şeklinde etki göstermeleri, bu ekstraktların bitki ile beslenen zararlılara karşı daha seçici olmasını sağlar. Bu seçicilik, doğal düşmanların korunmasına da katkıda bulunmaktadır (Weinzierl ve Henn, 1991).

Bitkisel Ekstraktların Dezavantajları

Bitkisel ekstraktların kullanımında bazı sınırlayıcı faktörler de bulunmaktadır. Öncelikle, bu bileşiklerin doğada hızlı parçalanmaları, etkilerinin kısa süreli olmasına neden olmaktadır. Bu durum, ilaçlama zamanının dikkatle ayarlanmasını ve etkili sonuç alabilmek için uygulamaların daha sık yapılmasını gerektirir. Ayrıca bitkisel ekstraktların üretiminde, bitkiden elde edilen bileşik oranı çevresel koşullara ve toplama zamanına bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Bu da elde edilen ürünlerde standardizasyonun sağlanmasını güçleştirir ve dolayısıyla beklenen etkinin her zaman aynı seviyede olmasını engeller (Weinzierl ve Henn, 1991).
Bir diğer dezavantaj ise depolama zorluğudur. Bitkisel ekstraktlar genellikle kararsız bileşikler içerdiğinden, hazırlanır hazırlanmaz kullanılmaları gerekmektedir. Saf haldeki bitki ekstraktı 6 ay süre ile saklanabilirken çözücü ile formülasyonu elde edilen bitki ekstratlarının ömrü 15 güne iner. Uzun süreli saklama koşulları ürünün etkinliğini azaltmakta ve formülasyon sürecini zorlaştırmaktadır. Bu dezavantajlar nedeniyle ruhsatlandırma aşamasını tamamlamış, ticari olarak satılabilir bitkisel ekstrakt preparatlarının sayısı oldukça sınırlıdır (Weinzierl ve Henn, 1991).

Zararlılara Karşı En Çok Kullanılan Bitki Ekstraktları

Literatürde bildirilen bitkisel kökenli insektisitler, zararlılara karşı çok yönlü etki göstermektedir. Bu etkiler yalnızca öldürücü olmakla kalmayıp, aynı zamanda beslenmeyi engelleyici (antifeedant), uzaklaştırıcı (repellent) ve gelişme ile çoğalmayı bozucu özellikler de taşımaktadır. Bazı bitkisel insektisitler doğrudan öldürücü etki gösterirken, bazıları ise öldürücü etkinin yanı sıra veya bağımsız olarak zararlıların davranış ve gelişim süreçlerini etkileyebilmektedir. Bitkisel kökenli ekstraktlar, çevre ve insan sağlığı açısından kimyasal pestisitlere kıyasla daha güvenli alternatifler olarak değerlendirilmektedir. Bu bülümde, Zararlılara Karşı En Çok Kullanılan bitkisel kökenli insektisitler ve bunların tarımsal alanlardaki zararlılar üzerindeki etkileri ele alınmıştır.

Azadirachtin

Son yıllarda bitkisel kökenli insektisitler içersinde en çok bilinen ve araştırılan türlerden biri Azadirachta indica'dır (Schmutterer, 1990). Bitkinin yaprak ve kabukları kurutularak toz hâline getirilebilir veya tohum kabuğundan elde edilen yağ formunda zararlılara karşı kullanılabilir (Schmutterer, 1995). Azadirachtin, böceklerde hem beslenmeyi engelleyici (antifeedant) ve uzaklaştırıcı (repellent) etkiler gösterir, hem de kısırlaştırıcı, doğurganlığı azaltıcı, öldürücü, yumurta bırakmayı önleyici ve gelişim ile büyümeyi bozucu özellikleri vardır(Awad, Önder, & Kısmalı, 1998; Schmutterer, 1990).

Nikotin

Tütün yapraklarından elde edilen ekstraktlar, emici tipte ağız yapısına sahip böceklere karşı uzun süredir insektisit olarak kullanılmaktadır. Bu etkinin temel kaynağı, yapraklarda bulunan nikotin, nornikotin ve anabasin alkaloidleridir. Nikotin, çeşitli ekstraksiyon yöntemleriyle *Nicotiana tabacum* ve *N. rustica*'dan %2–8 oranında elde edilebilir; nornikotin ise *N. sylvestris*, anabasin ise genellikle *Anabasis aphylla*'dan ekstrakte edilmektedir (Schmeltz, 1971).
Böceklere çoğunlukla gaz formunda trake sistemi yoluyla giren nikotin, merkezi sinir sisteminde asetilkolin gibi hareket ederek sinir iletimini etkiler. Sinaptik hücrelerden salınan asetilkolin alıcılarına bağlanan nikotin, katyon kanallarının işlevini bozarak sinir sisteminin normal çalışmasını engeller; bunun sonucu önce felç, ardından ölüm gerçekleşir. Ayrıca nikotin, kontakt ve mide zehiri olarak da etki gösterebilmektedir. Sıcakkanlılar için son derece toksik etki gösterdiğinden, kullanımı sırasında dikkat edilmesi gerekmektedir (Ujvary, 1999).

Pyrethrum

Pyrethrum, *Tanacetum cinerariaefolium* bitkisinin çiçeklerinden farklı yöntemlerle elde edilen bir bitkisel insektisittir ve bilinen insektisitler arasında en eski ve en güvenilirlerden biridir. Halen geniş alanlarda kullanılan tek bitkisel kökenli insektisit olarak dikkat çekmektedir.

Bitkinin ekstraktları esas olarak krizantemik ve piretrik asitlerin pyrethrolone, cinerolone ve jasmolone adlı üç alkol ile birleşiminden oluşur. Bu asitlerin esterleri ise pyrethrin I, cinerin I ve jasmolin I ile pyrethrin II, cinerin II ve jasmolin II'den meydana gelir. Bu altı ester, pyrethrum ekstraktlarının böcekler üzerindeki insektisit etkisini oluşturur.
Etkin dozda uygulandığında pyrethrum, böceklerde kontakt etki gösterir ve sinir hücrelerini aşırı uyararak kasların istemsiz olarak sürekli kasılmasına yol açar. Bu durum, sinir hücrelerinin elektrolit dengesinin bozulmasına ve gerekli uyarı eşiğinin oluşamamasına neden olur; sonuç olarak kaslar kasılamaz ve felç meydana gelir. Böceklerde görülen bu felç, böcekte hızlı ölüme yol açar (Casida, 1973; Casida & Quistad, 1995).

Rotenon
Bitkisel kökenli insektisitlerden biri olan rotenon, rotenoid yapısına sahip olup *Lonchocarpus* sp., *Derris* sp. ve *Terphrosia* sp. bitkilerinin köklerinden elde edilmektedir. İnce ve uzun kökler önce kurutulur, ardından öğütülerek toz hâline getirilir. Bu toz, kil veya kükürt gibi bazik olmayan çözücülerle karıştırılarak %0,75–1,5 oranında rotenon içeren insektisit formunda kullanılır. Sıvı formülasyonlar ise köklerin eter veya aseton ile ekstraksiyonu sonucu hazırlanır ve genellikle %30–40 oranında rotenon içerir.
Rotenon, böceklerde hem kontakt hem de mide zehiri olarak etki gösterir. Ani ölüme yol açmasa da, böceğin ağız parçalarını felç ederek beslenmesini engeller. Ölüm süreci daha yavaş gerçekleşir ve çoğunlukla böceğin solunum metabolizmasında elektron taşıma zincirinin inhibiasyon ile ortaya çıkar (Fukami, 1961; Fukami & Nakajima, 1971).

Ryania
Ryania speciosa bitkisinin kök, yaprak ve gövdesinden elde edilen alkaloid yapılı ryania, uzun yıllardır bitkisel kökenli bir insektisit olarak kullanılmaktadır (Ujváry, 1999).
Ryania, böceklerin kas sistemine etki eder. Kas hücrelerinde kasılmayı sağlayan sarkoplazmik retikulumdaki kalsiyum kanallarına bağlanarak bu kanalların sürekli açık kalmasına yol açar ve hücreye devamlı kalsiyum iyonu akışı sağlar. Bu durum, kas membranında gerekli uyarı eşiğinin oluşmadan kasılmanın devam etmesine neden olur; sonuç olarak böcek önce felç olur, hızlı bir şekilde ölür (Lehmberg & Casida, 1994).

Quassia
Quassia armara ve *Picrasma excelsa* ağaçlarının gövdesinden elde edilen quassin, neoquassin ve picrasmin alkaloidlerinin böcekler üzerinde insektisit etkisi olduğu bilinmektedir.
Quassia ekstraktları, böceklerde hem kontakt hem de mide zehiri şeklinde etki gösterir. Etki mekanizması nikotine benzer olsa da toksik etkisi nikotin kadar güçlü değildir. Bununla birlikte, quassin bazı bitkilerde fitotoksik etki gösterebildiğinden kullanımında dikkatli olunması gerekmektedir (Clark, 1937).

Sabadilla
Schoenocaulon officinale tohumları, su, alkol veya petrol ile ekstrakte edilerek ya da toz hâline getirilmiş şekilde doğrudan zararlılara karşı kullanılmaktadır. Bu bitkinin insektisit özelliği, tohumlarında bulunan %3–6 oranındaki cevadine ve veratridine alkaloidlerinden kaynaklanır (Bloomquist & Jeffery, 1996).
Sabadilladaki zehirli alkaloidler, böceklerde kalp, sinir ve çizgili kas hücrelerinin membranında yer alan sodyum kanallarının işleyişini bozar. Bu etki sonucunda sinir hücreleri görevini yerine getiremez ve böcek önce felç olur, ardından ölüm gerçekleşir. Felç dönemi bazen bir veya iki gün boyunca sürebilmektedir (Catterall, 1980).

Sarımsak

Sarımsak (Allium sativum) ekstraktı, böcekler üzerinde etkili bir uzaklaştırıcı (repellent) etkiye sahiptir. Ancak güçlü kokusu nedeniyle tarımsal alanlarda kullanımı sınırlı kalmıştır. Uzaklaştırıcı etkisinin, ekstrakt içindeki kükürt içeren sekonder metabolitlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sarımsak ekstraktı, zararlı böcek bitkiye ulaşmadan önce uygulanmalıdır; çünkü böcek beslenmeye başladıktan sonra uzaklaştırıcı etkinin faydalı olmadığı belirtilmiştir (Auger et al., 2002).

Capsaicin

Capsaicin, Capsicum türlerinde acı tadın oluşumundan sorumlu olan aktif bileşiktir (Şekil 13). Biber meyvelerinden elde edilen bu ekstrakt, genellikle sarımsak, hardal veya bazı yabancı ot ekstraktlarıyla birlikte kullanılmaktadır. Capsaicin esas olarak zararlılar üzerinde uzaklaştırıcı etki gösterirken, öldürücü etkisi de mevcuttur; özellikle hardal ekstraktıyla birlikte kullanıldığında bu etki belirginleşir. Capsaicin, hücre membranında delikler açarak hardal toksininin böcek hücrelerine girmesini sağlar ve sinir sisteminde zehirlenmeye yol açar. Bu mekanizma, düşük popülasyonlarda zararlıları baskılamak için özellikle etkilidir. Ayrıca bazı Capsaicin preparatlarının nematisit ve fungisit etkileri de bildirilmiştir (Claros-Cuadrado et al., 2019).

Zararlılar ile etkin mücadeleyi sağlayabilecek alternatif maddeler arasında bitkisel kökenli insektisitlerin, sentetik insektisitlerin yerini alma potansiyeline sahip oldukları saptanmıştır. Fakat birçok bitkinin insektisit etkisi bilinmesine karşın, ruhsatlı olanlarının sayısı oldukça azdır. Gelecek yıllarda bu bitkisel insektisitlerin üretiminin artarak sentetik insektisitlerin yerini alabileceği ve bu tür ürünlerin hem kalite hem de çeşit açısından çoğalacağı düşünülmektedir. Özellikle organik tarımın yaygınlaştığı son yıllarda, bitkisel insektisitlerin kullanımına gerek duyulmaktadır (Isman, 2006).

Bitkisel Ekstraktların Zararlılar Üzerindeki Etkilerini Gösteren Çalışmalar

Bitkisel ekstraktların tarımsal zararlılara karşı etkili olabileceğini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Farklı bitki türlerinden elde edilen ekstraktların içerdiği fenolik bileşikler, alkaloidler, flavonoidler ve terpenoidler gibi sekonder metabolitlerin, zararlılarda beslenmeyi engelleyici, uzaklaştırıcı veya ölümcül etkiler gösterdiği bildirilmiştir. Özellikle Lamiaceae familyasına ait türlerin ekstraktlarının, yüksek biyolojik aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Kotan, 2020).

Yapılan çalışmalara bakıldığında, bitkisel ekstraktların tarımsal zararlılar üzerinde değişen seviyelerde öldürücü ve gelişimi engelleyici etkiler gösterdiği görülmektedir. Örneğin, Abdülaziz ve ark. (2012), yedi bitkiden elde ettikleri ekstraktları *Tuta absoluta* larvalarına %100, %20, %10, %2 ve %1 konsantrasyonlarda uygulamış ve en yüksek ölüm oranlarını *Thymus vulgaris* yaprakları (%95) ile *Ricinus communis* tohumları (%58) ekstraktlarında gözlemlemiştir; diğer bitki ekstraktları ise orta düzeyde larvasidal etki göstermiştir. Benzer şekilde, Deniz (2019) çalışmasında, iki kekik türü (*Thymus vulgaris*, *Origanum majorana*), adaçayı (*Salvia officinalis*) ve lavanta (*Lavandula officinalis*) ekstraktlarının %3, %5 ve %10 konsantrasyonları, karantina zararlısı *Phthorimaea operculella*'nın yumurta açılımını engellemiş ve larvalar üzerinde belirgin insektisidal etki oluşturmuştur. Ayrıca, Çetin ve ark. (2019), Kermes meşesi (*Quercus coccifera*) yaprak ekstraktını pamuk kırmızıörümceği (*Tetranychus urticae*), Börülce tohumböceği (*Callosobruchus maculatus*) ve Kuru meyve güvesi (*Plodia interpunctella*) üzerinde test etmiş, %1,25–%20 konsantrasyonları 28±1°C ve %65±5 nem koşullarında 24 ve 48 saat sonra uygulamış ve pamuk kırmızıörümceği ile Börülce tohumböceğinde yüksek ölüm oranları (%96–%98) gözlemlenirken, Kuru meyve güvesi larvalarında etkinin daha düşük olduğunu raporlamıştır.

Benzer şekilde, Daraban ve ark. (2022) tarafından Moldova'da yürütülen bir çalışmada, *Leptinotarsa decemlineata* ergin ve larvaları üzerinde *Origanum vulgare, Achillea millefolium, Artemisia absinthium* ve *Primula veris* ekstraktları uygulanmış; %100 konsantrasyondaki kekik ekstraktında 24 saat sonunda en yüksek ölüm oranı gerçekleşmiş ve %60–%100 konsantrasyonlarda 48. saatte etkinin daha belirgin hale geldiği bildirilmiştir.
Elde edilen sonuçlar, bitkisel ekstraktların yalnızca öldürücü etkilerinin değil, aynı zamanda zararlıların davranışlarını değiştiren (repellent, antifeedant) özelliklerinin de önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, literatürde yer alan çalışmaların büyük bir kısmı laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Sera ve tarla koşullarında etkinliklerinin test edildiği çalışmaların sınırlı olması, bu alandaki en önemli eksikliklerden biri olarak değerlendirilmektedir.
Türkiyedeki bitki çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda, yerli bitki türlerinin biyolojik aktivitelerinin daha geniş kapsamlı şekilde araştırılması gerekmektedir. Ekstraktların değerlendirilmesi, sürdürülebilir tarım açısından büyük önem taşımaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretim, insan yaşamının sürdürülebilirliği açısından temel bir ihtiyaçtır. Artan dünya nüfusu, iklim değişiklikleri ve zararlı organizmaların çoğalması, bitkisel üretimde verim ve kalite kayıplarını önlemek amacıyla insektisit kullanımını uzun yıllar boyunca kaçınılmaz hale getirmiştir. Ancak pestisitlerin bilinçsiz, kontrolsüz ve yoğun kullanımı yalnızca hedef organizmalar üzerinde değil, aynı zamanda doğal düşmanlara, toprak florasına, su kaynakları ve insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır.
Tarımsal alanlara uygulanan pestisitler doğrudan veya dolaylı yollarla hava, su ve toprak ortamına taşınmakta; bu da besin zinciri aracılığıyla diğer canlılara geçerek kalıntıya neden olmaktadır. Pestisitlerin doğada parçalanma sürelerinin uzun olması, çevrede birikim ve toksik etki riskini artırmaktadır. Toksikolojik çalışmalar, bu bileşiklerin deri, solunum veya sindirim yoluyla insan vücuduna girdiğini ve maruziyetin şiddetine bağlı olarak akut ya da kronik toksiteye yol açtığını göstermektedir. Özellikle tarım işçileri, üreticiler ve uygulayıcılar bu risk grubunun başında yer almaktadır.
Pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra, ekosistemdeki doğal denge unsurları olan parazitoit ve predatörlerin populasyonlarını da azaltarak zararlıların popülasyonunun artmasına neden olarak doğal dengeyi etkiler. Bu durum, pestisit kullanımını daha da artıran bir kısır döngü yaratmaktadır. Ayrıca bal arıları, tozlayıcı böcekler, kuşlar ve balıklar gibi ekosistemin temel bileşenleri de pestisitlerden doğrudan etkilenmektedir (Yıldırım, 2008). Türkiye'de artan üretim ve zararlı yoğunluğu nedeniyle pestisit kullanımı her geçen yıl yükselmekte, bu durum çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir (Altıkat ve ark., 2009).
Son yıllarda, çevre ve insan sağlığını koruma bilincinin artmasıyla birlikte pestisit kullanımında çevreye daha az zarar verecek, kalıntısız ve sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda entegre zararlı yönetimi (IPM) stratejileri, biyolojik ve bitkisel temelli mücadele yöntemleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Tiryaki ve ark., 2012). Bitkisel kökenli bileşikler; doğada kolay parçalanabilmeleri, düşük kalıntı bırakmaları, çevreye ve memelilere düşük toksisite göstermeleri nedeniyle kimyasal pestisitlere alternatif olarak dikkat çekmektedir.
Türkiye, coğrafik yapısı ve farklı iklim kuşaklarını barındırması sayesinde zengin bir bitki çeşitliliğine sahiptir. Ülkemizde doğal olarak yetişen birçok aromatik ve tıbbi bitki türü, zararlılarla mücadelede değerlendirilebilecek biyolojik aktif bileşenler içermektedir.

Ancak bu potansiyelin tam anlamıyla kullanılabilmesi için, bitki ekstraktlarının etkinliklerinin belirlenmesi, standardizasyonunun sağlanması ve uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi yönünde daha fazla bilimsel araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Avrupa Birliği'nin "Yeşil Mutabakat" stratejisi kapsamında 2030 yılına kadar kimyasal pestisit kullanımını %50 oranında azaltmayı hedeflemesi, dünya genelinde çevre dostu tarım uygulamalarına geçiş sürecini hızlandırmıştır. Bu doğrultuda, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen, dayanıklılık oluşturma riski düşük bitkisel temelli çözümler, sürdürülebilir tarımın geleceğinde önemli bir yer tutacaktır.

Sonuç olarak, pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, geleneksel tarım anlayışının yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmıştır. Bitkisel kökenli bileşiklerin zararlı kontrolündeki potansiyelleri, sürdürülebilir ve çevreyle uyumlu bir tarım sisteminin temel bileşenlerinden biri olma yolundadır. Bu alanda yapılacak kapsamlı çalışmalar, hem doğal kaynakların korunmasına hem de güvenli gıda üretiminin desteklenmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology, 2*(1), 1–12.

Altıkat, A., Turan, T., & Ekmekyapar Torun, F. (2009). Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40*(2), 87–92.

Anonim. (2010). *Bitki koruma ürünlerinin çevresel etkileri ve alternatif yöntemler.* T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları.

Auger, J., Dugravot, S., Naudin, A., Abo-Ghalia, A., Pierre, D., & Thibout, E. (2002). Potential of Allium allelochemicals for safe insect control. *Bulletin OILB/SROP, 25*(9), 295–306.

Awad, T. I., Önder, F., & Kısmalı, Ş. (1998). *Azadirachta indica A. Juss (Meliaceae) ağacından elde edilen doğal pestisitler üzerinde bir inceleme. Türk Entomoloji Dergisi, 22*(3), 225–240.

Baş, M. (2023). Bitkisel ekstre ve uçucu yağların tarımda kullanılması. *Tarım Bilimleri Dergisi, 29*(3), 214–225.

BKÜ. (2024). *Bitki koruma ürünleri veri tabanı.* T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Erişim adresi: https://bku.tarimorman.gov.tr

Bloomquist, A., & Jeffery, R. (1996). Insecticides: Chemistries and characteristics. In E. B. Radcliffe & W. D. Hutchinson (Eds.), *Radcliffe's IPM world textbook*. University of Minnesota. http://ipmworld.umn.edu/chapters/bloomq.htm

Casida, J. E. (1973). *Pyrethrum: The natural insecticide*. New York, NY: Academic Press.

Casida, J. E., & Quistad, G. B. (1995). *Pyrethrum flowers: Production, chemistry, toxicology and uses*. New York, NY: Oxford University Press.

Catterall, W. A. (1980). Neurotoxins that act on voltage sensitive sodium channels in excitable membranes. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology, 20*, 15–43.

Clark, E. P. (1937). Quassin I. Preparation and purification of quassin and neoquassin, with information concerning their molecular formulas. *Journal of the American Chemical Society, 59*, 927–931.

Claros-Cuadrado, J., et al., 2019. Capsaicin as an insecticidal and repellent agent: Review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(5), 1023–1035.

Çetin, H., Erler, F., & Tülek, A. (2019). Kermes meşesi (Quercus coccifera L.) yaprak ekstraktının bazı zararlılar üzerindeki etkisi. *Bitki Koruma Bülteni, 59*(2), 87–96.

Daraban, R., Duca, M., & Goncear, V. (2022). Evaluation of plant extracts against Colorado potato beetle (Leptinotarsa decemlineata Say). *Journal of Plant Protection Research, 62*(3), 256–263.

Deniz, D. (2019). Bazı bitkisel ekstraktların karantina zararlısı *Phthorimaea operculella*'ya etkisi. *Bitki Koruma Bülteni, 59*(3), 145–152.

Fukami, J. (1961). Effects of rotenone on the respiration enzyme system of insect muscle. *Bulletin of the National Institute of Agricultural Sciences, Series C (Plant Pathology and Entomology), 13*, 33–45.

Fukami, J., & Nakajima, M. (1971). Rotenone and the rotenoids. In M. Jacobson & D. G. Crosby (Eds.), *Naturally occurring insecticides* (pp. 71–97). Marcel Dekker.

Gentry, H. S. (1993). Pyrethrum flowers: Production and utilization. In J. E. Casida (Ed.), *Pyrethrum: The natural insecticide* (pp. 25–31). Academic Press.

Ghosh, A., Chowdhury, N., & Chandra, G. (2012). Plant extracts as potential mosquito larvicides. *The Indian Journal of Medical Research, 135*(5), 581–598.

Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology, 51*(1), 45–66.

Kılıç, T. (2008). Bitkisel kökenli insektisitlerin zararlı mücadelesindeki önemi. *Bitki Koruma Bülteni, 48*(1–4), 69–78.

Kotan, R. (2020). Türkiye'de zararlı organizmalarla mücadelede mevcut durum ve alternatif yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51*(2), 115–123.

Kotan, R., & Dadaşoğlu, F. (2018). Türkiye florasında zararlı kontrolünde kullanılabilecek doğal bitkisel kaynaklar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 9*(1), 33–42.

Öncüer, C. (2000). *Tarımsal zararlılarla savaş yöntem ve ilaçları.* Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları.

Pavela, R. (2015). Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. *Industrial Crops and Products, 76,* 174–187.

Pavela, R. (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and repellents. *Plant Protection Science, 52*(4), 229–241.

Regnault-Roger, C., & Philogène, B. J. R. (2008). *Biopesticides of plant origin.* Lavoisier Publishing.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology, 57,* 405–424.

Schmeltz, I. (1971). Nicotine and other tobacco alkaloids. In M. Jacobson & D. G. Crosby (Eds.), *Naturally occurring insecticides* (pp. 99–136). New York, NY: Marcel Dekker.

Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from neem tree *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology, 35*, 271–297.

Schmutterer, H. (1995). *The neem tree: Source of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes*. Weinheim, Germany: VCH.

Tiryaki, O., Canhilal, R., & Horuz, S. (2012). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26*(2), 154–169.

Ujvary, I. (1999). Nicotine and other insecticidal alkaloids. In I. Yamamoto & E. J. Casida (Eds.), *Niconitoid insecticides and the nicotinic acetylcholine receptor* (pp. 29–69). Tokyo, Japan: Springer Verlag.

Weinzierl, R., & Henn, T. (1991). *Alternatives in insect management: Biological and biorational approaches.* University of Illinois Cooperative Extension, North Central Regional Extension Publication 401, 73 s.

Yıldırım, E. (2008). *Tarımsal zararlılarla mücadele yöntemleri ve kullanılan ilaçlar.* Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 219, Erzurum, 350 s.

PATATESTE *Fusarium sambucinum*'un NEDEN OLDUĞU KURU ÇÜRÜKLÜK HASTALIĞINA KARŞI ÇEVRE DOSTU BİYOLOJİK MÜCADELE STRATEJİLERİ

Araştırma Görevlisi Fatma IŞIK
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0002-0261-2364

Prof. Dr. Nuh BOYRAZ
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0001-6822-9360

ÖZET

Patates (*Solanum tuberosum* L.) dünya genelinde önemli bir gıda ürünü olup, hem tarla döneminde hemde depo koşullarında verim ve kalite kayıplarına yol açan çeşitli fungal patojenlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu etmenler arasında *Fusarium sambucinum* kaynaklı kuru çürüklük hastalığı büyük bir sorun oluşturmaktadır. Fusarium kaynaklı kuru çürüklük, depolama sırasında oluşan kayıplarının yanı sıra yumru kalitesini ve pazar değerini düşürmekte, ayrıca tohumluk yumruların canlılığını azaltarak bir sonraki üretim sezonunu da olumsuz yönde etkilemektedir. Depolama sürecinde bu hastalığa bağlı verim kayıpları %6 ile %25 arasında değişmekte, bazı durumlarda ise yumruların %60'ına kadar ulaşabilmektedir. Geleneksel mücadele yöntemleri genellikle kimyasal fungisitlere dayansa da artan çevresel kaygılar, pestisit direnci ve gıda güvenliği gereksinimleri biyolojik mücadele yaklaşımlarına olan ilgiyi artırmıştır.

Bu çalışmada, *F. sambucinum*'a karşı biyolojik kontrol potansiyeli gösteren bakteriyel ve fungal antagonistik mikroorganizmalar değerlendirilmektedir. Literatürde bildirilen çeşitli çalışmalar, özellikle *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter cloacae*, *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *Trichoderma harzianum*, *Streptomyces endus* ve *Epicoccum* türlerinin, patojenin misel gelişimini ve yumru çürüklüğünü önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, iki veya daha fazla antagonist suşun birlikte uygulanmasının, tek suş uygulamalarına göre daha etkili sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bazı çalışmalar, bu biyokontrol etmenlerinin antifungal enzimler (kitinaz, β-1,3-glukanaz), uçucu organik bileşikler ve antibiyotik benzeri metabolitler üretimiyle patojeni baskıladığını göstermektedir.

Elde edilen bulgular, biyolojik mücadele etmenlerinin *F. sambucinum* kaynaklı kuru çürüklüğün entegre yönetiminde kimyasal fungisitlerin yerine geçebilecek çevre dostu bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, yerel izolatların etkinliğini değerlendiren saha denemeleri, bitki-mikroorganizma etkileşimlerinin moleküler düzeyde anlaşılması ve biyopreparat formülasyonlarının geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmalıdır. Sonuç olarak, geleceğin tarım sistemlerinde biyolojik mücadele, yalnızca hastalık baskılanmasında değil, aynı zamanda bitki sağlığının bütünsel korunmasında ve ekosistem dengesinin sürdürülmesinde kilit bir rol üstlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Antagonist Mikroorganizmalar, Biyolojik Mücadele, *Fusarium sambucinum*, Kuru Çürüklük, Patates

ECO-FRIENDLY BIOLOGICAL CONTROL STRATEGIES FOR MANAGING POTATO DRY ROT CAUSED BY *Fusarium sambucinum*

ABSTRACT

Potato *(Solanum tuberosum* L.) is a globally important food crop that faces significant yield and quality losses due to various fungal pathogens both in the field and during storage. Among these pathogens, dry rot caused by *Fusarium sambucinum* represents a major problem for potato production. Fusarium-induced dry rot not only leads to substantial postharvest losses but also reduces tuber quality and market value, while decreasing the viability of seed tubers and negatively influencing the subsequent growing season. Storage losses caused by this disease generally range from 6% to 25%, but under severe conditions, they may reach up to 60% of the tubers. Although conventional control methods mainly rely on chemical fungicides, increasing environmental concerns, the development of fungicide resistance, and food safety requirements have intensified the interest in biological control strategies.

This study evaluates bacterial and fungal antagonistic microorganisms with biological control potential against F. sambucinum. Various studies in the literature have reported that species such as *Pseudomonas fluorescens, Enterobacter cloacae, Bacillus cereus, B. licheniformis, Trichoderma harzianum, Streptomyces endus, and Epicoccum spp.* can significantly inhibit mycelial growth and tuber decay caused by the pathogen. Moreover, the combined application of two or more antagonistic strains has been found to be more effective than individual treatments. Several studies have demonstrated that these biocontrol agents suppress the pathogen through the production of antifungal enzymes (such as chitinase and β-1,3-glucanase), volatile organic compounds, and antibiotic-like metabolites.

The findings indicate that biological control agents present an eco-friendly alternative to chemical fungicides for the integrated management of dry rot caused by F. sambucinum. Future studies should focus on field evaluations of native isolates, molecular-level analyses of plant–microbe interactions, and the development of stable biopreparation formulations. Ultimately, in future agricultural systems, biological control will play a pivotal role not only in disease suppression but also in maintaining overall plant health and ecological balance.

Keywords: Antagonistic Microorganisms, Biological Control, *Fusarium sambucinum*, Dry Rot, Potato

GİRİŞ

Patates (*Solanum tuberosum* L.), mısır, pirinç ve buğdaydan sonra dünyada en önemli dördüncü gıda ürünü olup yüksek besin değeri ve ekonomik önemi nedeniyle geniş bir alanda yetiştirilmektedir.

FAO'nun 2023 yılı verilerine göre, dünyada 208 ülkenin 163'ünde patates üretimi yapılmaktadır. Dünyada 16,80 milyon hektar alanda patates ekimi yapılmakta olup üretim miktarı 383,08 milyon tondur. En fazla patates üreten ülkeler sırasıyla Çin, Hindistan, Ukrayna, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Almanya, Bangladeş, Fransa, Pakistan ve Mısır olmuştur. Bu ülkelerden Çin, Hindistan, Ukrayna, ABD ve Rusya, uzun yıllardır patates üretiminin başlıca merkezleri konumundadır. Söz konusu beş ülke, dünya genelindeki toplam üretimin yaklaşık %55,94'ünü gerçekleştirmektedir (FAO, 2025).

Ülke bazında değerlendirildiğinde, Çin %24,39, Hindistan %15,70, Ukrayna %5,58, ABD %5,22 ve Rusya %5,06 oranında üretim payına sahiptir. Türkiye ise dünya patates üretiminde %1,49'luk pay ile 13. sırada yer almaktadır (FAO, 2025).

Tablo 1. Dünyada En Çok Patates Üreten İlk On Ülke (FAO, 2025)

Sıra No	Ülke	Üretim Miktarı (Ton)	Dikilen Alan (ha)	Verim (kg/da)
	Dünya	**383.082.607**	**16,80**	**2.280**
1	Çin	93.430.000	4,57	2.045
2	Hindistan	60.142.000	2,33	2.579
3	Ukrayna	21.358.630	1,21	1.765
4	ABD	19.992.090	0,39	5.145
5	Rusya	19.374.441	1,11	1.753
6	Almanya	11.607.300	0,26	4.385
7	Bangladeş	10.431.736	0,46	2.290
8	Fransa	8.606.490	0,20	4.219
9	Pakistan	8.319.767	0,34	2.443
10	Mısır	6.869.330	0,24	2.915
13	Türkiye	5.700.000	0,15	3.777

Patates, Türkiye tarımı içerisinde temel bitkilerden birisi olup Üretim miktarı bakımından buğday, şeker pancarı, arpa ve domatesten sonra beşinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde ana ürün, turfanda ve ikinci ürün olmak üzere üç farklı üretim sistemi uygulanmaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu farklı iklim özellikleri patatesin yıl boyunca farklı bölgelerde yetiştirilebilmesini sağlamaktadır. Bu avantaj sayesinde Nisan ayından Aralık ayı sonuna kadar farklı illerde ardışık biçimde patates hasadı yapılabilmektedir (Pırlak ve Demir, 2025). Ülkemizin iklim özellikleri, ekolojik durumu ve coğrafi konumu dikkate alındığında patates tarımı özellikle Orta Anadolu'da yoğunlaşmasına karşın hemen hemen tüm illerde yapılmaktadır. 2024 yılında Türkiye'nin 75 ilinde toplam 6,9 milyon ton patates üretimi yapılmıştır. En fazla üretim yapan il Niğde olup 264.830 da alanda 915.734 ton üretim gerçekleşmiştir. Bunu sırasıyla Kayseri (154.094 da, 704.041ton), Afyon (163.246 da, 581.850ton), İzmir (124.040 da, 476.543ton), Konya (108.010 da, 462.545), Sivas (89.862 da, 410.377ton), Nevşehir (83.980 da, 318.646ton), Aksaray (73.899 da, 313.453ton), Bitlis (53.180 da, 273.922ton) ve Adana (54.661 da, 217.444ton) takip etmektedir (TUİK, 2025).

Patates üretiminin artması, hızla artan nüfusun gıda talebini karşılamak açısından önemli olsa da sağlıklı patates tohumluklarının üretiminde biyotik faktörlerden kaynaklanan ciddi sorunları da beraberinde getirmektedir. Şu ana kadar, patates üretim alanlarının farklı kısımlarında zarar oluşturan 40'tan fazla patojen türü rapor edilmiştir. Bu patojenler, patates yumrularının kalitesini düşüren ve doğrudan ya da dolaylı olarak patates üretiminde %22'ye varan kayıplara yol açan başlıca tehditler arasında yer almaktadır (Kumar ve ark., 2020). Patates üretimi, özellikle depolama döneminde büyük kayıplara yol açan fungal patojenlerden ciddi şekilde etkilenmektedir. Bu patojenler arasında *Fusarium sambucinum* Fuckel, kuru çürüklüğün en yıkıcı etmenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kuru çürüklük yalnızca depolama kayıplarına yol açmakla kalmamakta, aynı zamanda yumru kalitesini, pazarlanabilirliğini ve tohumluk yumruların canlılığını azaltarak bir sonraki üretim dönemini de olumsuz etkilemektedir (Wharton ve ark., 2007; Peters ve ark., 2008).

Kuru çürüklük, patates yumrularını etkileyen ekonomik açıdan önemli bir hasat sonrası fungal hastalıktır. Depolama sürecinde bu hastalığa bağlı verim kayıpları %6 ile %25 arasında değişmekte, bazı durumlarda ise yumruların %60'ına kadar ulaşabilmektedir (Stevenson ve ark., 2001).

Hastalık, başlıca *Fusarium solani* var. *coeruleum* ve *F. sambucinum* türleri tarafından oluşturulmakta olup (Seppänen, 1981; Tivoli ve ark., 1986; Singh ve ark., 1987; Theron ve Holz, 1989; Hanson ve ark., 1996; Stevenson ve ark., 2001; Cullen ve ark., 2005; Peters ve ark., 2008), yumru yüzeyinde geniş, çökük, konsantrik halkalar şeklinde lezyonlarla kendini gösterir. Çürümüş bölgenin altındaki boşluklar genellikle çeşitli renklerde Fusarium miselyumları ve sporlarıyla kaplıdır (Howard ve ark., 1994; Stevenson ve ark., 2001). Patojen çoğunlukla hasat ve taşıma sırasında meydana gelen yaralardan giriş yapmakta, yumru içinde çökük lezyonlar ve nekrotik boşluklar oluşturmaktadır. *F. sambucinum*'un patojenitesi; pektinaz ve selülaz gibi hücre duvarı parçalayıcı enzimlerin salgılanması ile toksik ikincil metabolitlerin üretimine bağlanmaktadır. Bu faktörler birlikte doku parçalanmasına ve konukçu duyarlılığının artmasına neden olmaktadır (Desjardins, 2006; Perrone ve ark., 2015). *Fusarium* kaynaklı çürüklüklerin yönetiminde geleneksel olarak thiabendazole ve benzeri fungisitler kullanılmaktadır. Ancak fungisit direncinin ortaya çıkması, çevresel kaygılar ve gıda güvenliği sorunları, kimyasal mücadeleyi uzun vadede yetersiz kılmıştır (Boyd, 2006; Stefańczyk ve ark., 2016).

Bu bağlamda biyolojik mücadele, patates kuru çürüklüğünün sürdürülebilir yönetimi için umut verici ve çevre dostu bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Çeşitli antagonist fungus ve bakterilerin hem in vitro hem de in vivo koşullarda *Fusarium* türlerini baskıladığı ortaya konmuştur. Örneğin *Trichoderma* türleri; rekabet, antibiyozis ve doğrudan hipoparazitizm yoluyla patojen gelişimini engelleyen iyi belgelenmiş biyokontrol etmenleridir (Harman ve ark., 2004). Benzer şekilde *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi yararlı bakteriler; antibiyotik ve siderofor üretimi ile birlikte bitkilerde indüklenmiş sistemik direnci tetikleyerek patojene karşı antagonistik etki göstermektedir (Compant ve ark., 2005; Jetiyanon & Kloepper, 2002).

Tüm bu gelişmelere rağmen, *F. sambucinum* ile biyokontrol etmenleri arasındaki etkileşimlerin laboratuvar ve depolama koşullarında, özellikle de bölgesel izolatlardan yararlanılarak ayrıntılı biçimde incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle mevcut çalışma, *F. sambucinum* izolatlarının patates yumrularındaki patojenisitelerinin değerlendirilmesi ve seçilen *Trichoderma* ile bakteriyel suşların antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulguların, patates kuru çürüklüğünün yönetiminde entegre ve sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

ETMENİN TAKSONOMİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Fusarium sambucinum Fückel sensu stricto, Ascomycota bölümüne, Sordariomycetes sınıfına, Hypocreales takımına ve Nectriaceae familyasına ait bir türdür. Türün eşeyli (teleomorf) evresi Gibberella pulicaris (Fries) Saccardo var. pulicaris olarak tanımlanmıştır. (Booth, 1971; Gerlach ve Nirenberg, 1982). Taksonomik olarak *F. sambucinum, Fusarium torulosum* ve *Fusarium venenatum* isimleriyle de literatürde tanımlanmış, ancak daha sonra yapılan morfolojik ve filogenetik değerlendirmeler sonucunda bu türlerin *F. sambucinum* sensu stricto grubunda yer aldığı ortaya konmuştur (Leslie ve Summerell, 2006; O'Donnell ve ark., 2013).

Fusarium sambucinum'un morfolojik özellikleri hem kültürel hem mikroskobik düzeyde oldukça belirgindir. CLA (Carnation Leaf Agar) ortamında turuncu renkli sporodochialar üzerinde bol miktarda makrokonidi oluşturur. Bu makrokonidiler kısa, ince, orak biçiminde, genellikle 3–5 septalı olup, ucu sivri apikal hücre ve ayak şeklinde bazal hücre taşır. Mikrokonidiler nadir görülür; genellikle oval, 0–1 septalı ve hava miselyumu içinde tek tek veya küçük kümeler hâlinde bulunur. Klamidosporlar az sayıda oluşur, zincirler veya kümeler hâlinde hiflerin yüzeyinde ya da agarın içinde yer alır, düzgün yüzeyli ve pigmentsizdir.

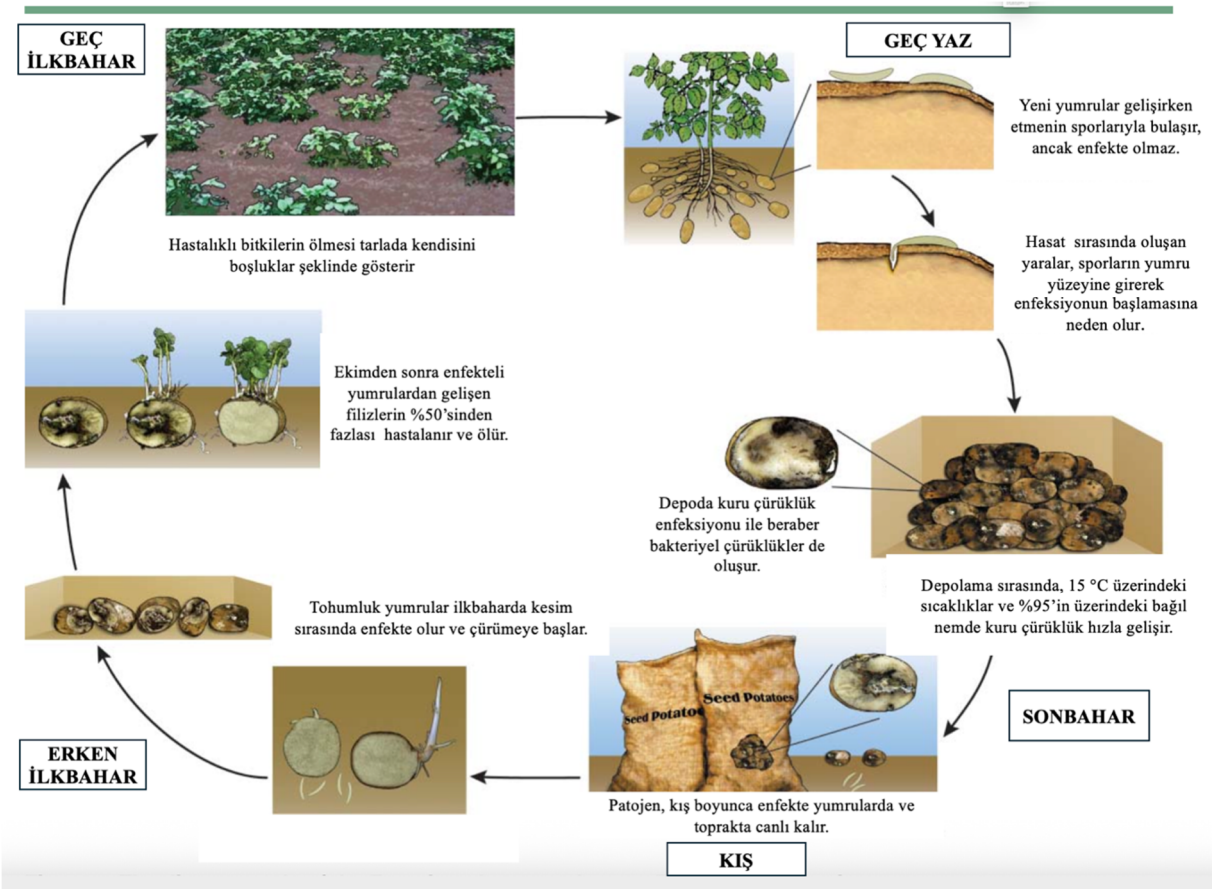
PDA(Potato Dekstroz Agar) ortamında koloniler hızlı büyür, belirgin konsantrik halkalar gösterir ve koloni kenarları çoğunlukla lobludur. Hava miselyumu bol, pamuksu veya keçe benzeri yapıdadır ve rengi beyazdan sarıya, gri-turuncuya kadar değişir. Kültür merkezinde makrokonidi kütleleri gelişebilir; agar genellikle sarı, turuncu veya kırmızımsı pigment içerir, bazı izolatlar turuncu-kahverengi sklerotlar üretir. Bu özellikler, türün *Fusarium sambucinum* olarak tanımlanmasında karakteristik morfolojik kriterlerdir (Leslie ve Summerell, 2006)

HASTALIK BELİRTİLERİ

Patates kuru çürüklüğünün ilk belirtileri, depolamanın yaklaşık birinci ayından itibaren yumrular üzerinde yaralanma bölgelerinde yüzeysel, küçük ve kahverengi lezyonlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Zamanla bu lezyonlar tüm yönlere doğru genişlemekte, periderm tabakası çökmekte ve alttaki ölü dokunun kurumasına bağlı olarak eşmerkezli halkalar hâlinde buruşma meydana gelmektedir. Çürük alanın alt kısmında oluşan boşluklar genellikle Fusarium miselyumu ve farklı renklerde sporlarla kaplanmaktadır. Hastalığın ilerleyen dönemlerinde yumrular tamamen çürüyerek büzüşmüş ve mumyalaşmış bir görünüm almaktadır. Ayrıca, kuru çürüklük lezyonları özellikle yumruların nemli koşullarda veya yüksek oransal nemde depolanması durumunda bakteriyel patojenler tarafından istila edilmekte ve bu durum yumuşak çürüklüğün gelişimine yol açmaktadır (Howard ve ark., 1994; Stevenson ve ark., 2001). Bunun yanında, kuru çürüklüğe neden olan Fusarium türleri yalnızca depolama sürecinde değil, aynı zamanda tohumluk yumrularda çürüme ve tarla koşullarında solgunluk şeklinde de kendini göstermektedir (Secor ve Gudmestad, 1999).

Fusarium sambucinum' un YAŞAM DÖNGÜSÜ

Patates kuru çürüklüğünün başlıca etmeni olan *Fusarium sambucinum*, yaşam döngüsünü toprakta, bitki artıkları üzerinde ve enfekteli tohumluk yumrularda sürdürmektedir. Patojen, uzun süre canlı kalabilen klamidospurlar, miselyum ve nadiren konidyalar aracılığıyla hem tarla hem de depo koşullarında varlığını korumaktadır.Hasat ve taşıma sırasında oluşan yaralar, patojen için ana giriş noktalarını oluşturmaktadır. Konidya veya miselyum parçaları periderm tabakasına tutunarak hücre duvarı parçalayıcı enzimlerin yardımıyla parankim dokusunu kolonize etmektedir. Enfeksiyon başlangıçta küçük ve yüzeysel kahverengi lezyonlar şeklinde görülmekte, ilerleyen dönemlerde bu lezyonlar genişleyerek çöküntülü, nekrotik boşluklara dönüşmektedir. Bu boşluklar çoğunlukla miselyal tabakalar ve sporodochia ile kaplanmaktadır. Enfekteli tohumluk yumrular, bir sonraki ekim sezonunda primer inokulum kaynağı olarak rol oynamakta, çimlenme kaybına ya da gelişen sürgün ve köklere patojenin taşınmasına neden olmaktadır. Bu durum tohum çürüklüğü ve çıkış öncesi veya sonrası çökerten şeklinde kendini gösterebilmektedir. Tarla koşullarında ise patojen, depo veya taşıma sırasında enfekteli yumruların sağlıklı yumrularla teması sonucu yayılmaktadır. Uygun çevresel koşullar altında (yüksek nem ve 15–20 °C sıcaklık) hastalık gelişimi hızlanmaktadır. Dolayısıyla hastalık döngüsü; patojenin dayanıklı yapılarla çevrede kalması, yaralanmış yumrulardan giriş yapması, depolama sürecinde lezyonların ilerlemesi ve inokulumun bir sonraki üretim sezonuna taşınması ile devam etmektedir (Howard ve ark., 1994; Secor ve Gudmestad, 1999; Stevenson ve ark., 2001).



Şekil 1. Patates kuru çürüklük hastalığının yaşam döngüsü (Wharton et al., 2007)

BİYOLOJİK MÜCADELE NEDİR?

Bitki hastalıkları için biyolojik mücadele genellikle bir hastalığın veya hastalığa neden olan patojenin başka bir organizma (antagonist) veya organizma grubu tarafından doğrudan veya dolaylı olarak engellenmesi olarak tanımlanır (Cook ve Baker, 1983). Faydalı organizma biyolojik kontrol ajanı olarak adlandırılır (BCA; Jensen ve ark., 2016 ; Tronsmo ve ark., 2020).

Biyolojik mücadele İlk olarak 1932'den itibaren Weindling, bir *Trichoderma* izolatının *Rhizoctonia solani*'nin turunçgil fidelerine verdiği zararı azaltabildiğini gösteren ve olası etki mekanizmalarından bazılarını açıklayan makaleler yayınlamasıyla hayatımıza girmiştir (Weindling, 1932 , 1934 , 1941). Biyolojik mücadelenin, özellikle geleneksel mücadele yöntemlerinin sınırlı veya riskli olduğu durumlarda, bitki hastalıklarının kontrolünde çeşitli fırsatlar sunduğu görülmektedir. Hastalığa dayanıklı çeşitlerin kullanımının yanı sıra, biyolojik mücadelenin kimyasal pestisit kullanımını azaltmayı amaçlayan entegre zararlı yönetimi stratejilerinde önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Bir BCA, başlı başına bir kimyasaldan ziyade bir mikroorganizma veya mikroorganizma topluluğudur. Çoğu ticari pestisitlerden daha spesifik bir etkiye sahip olması ve çevrede dostu olmaları nedeniyle her geçen gün daha çok tercih edilmektedirler. Ayrıca son yıllarda mikroorganizmaların pestisitlere karşı geliştirdiği direnç göz önüne alındığında birçok pestisit ve pestisit grubu piyasadan kaldırılmakta ve yerini alternatif mücadele yöntemleri almaktadır. Bu olumlu algılar nedeniyle, birçok biyolojik mücadele yöntemi organik tarımda da kabul görmektedir. Dünya çapında birçok BCA ürünü geliştirildi ve ticarileştirilmiştir.

Bunlar arasında bakteriler (özellikle *Agrobacterium radiobacter* suşlarına ek olarak *Pseudomonas* ve *Bacillus* suşları) ve funguslardan (özellikle T*richoderma* spp. dünya çapında kullanılmaktadır) yer almaktadır (Collinge ve ark, 2022)

FUNGUS KAYNAKLI BİYOLOJİK MÜCADELE ETMENLERİ

Bitki hastalıklarına karşı biyolojik kontrol ajanı (BCA) olarak fungus türlerinin geliştirilmesi son yıllarda büyük ilgi görmüştür; çünkü birçok faydalı fungusun çeşitli bitki patojenlerinin gelişimini engellediği bulunmuştur (Thambugala ve ark., 2020; Zubair ve ark., 2021). *Trichoderma, Aspergillus ve Penicillium,* hem bakteriyel hem de fungal bitki hastalıklarına karşı BCA olarak en yaygın kullanılan fungus cinsleri arasındadır. Ayrıca, *Gliocladium ve Saccharomyces* gibi fungusların da çok sayıda patojene karşı antagonistik aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Farzand ve ark., 2019; Zimmermann ve Marqués-gálvez,2021).

Endofitik olan fungusların çoğu, bitki dokuları içinde belirti göstermeden yaşayarak konukçusu olduğu bitkiyle genellikle karşılıklı fayda (mutualizm) esasına dayalı, nadiren de parazitizm biçiminde karmaşık ilişkiler kurarlar (Alblooshi ve ark., 2021; Poveda,2021). Bu funguslar, yapısal açıdan çok çeşitli ve fizyolojik olarak aktif ikincil metabolitler üretebilme yetenekleri sayesinde, konukçularını patojenlerden ve zararlılardan etkin bir biçimde korurlar (Zubair ve ark., 20215; Farzand ve ark., 2019). Terpenoidler, alkaloitler, steroidler, peptitler, izokumarinler, benzopiranonlar ve kinonlar gibi farklı kimyasal yapılara sahip çok sayıda metabolit bu funguslarda tanımlanmıştır. Bu bileşiklerin tanımlanması, antibakteriyel, antifungal, herbisidal, nematisidal, insektisidal ve diğer tarımsal amaçlı agrokimyasal maddelerin geliştirilmesi için güçlü bir kimyasal temel sağlamıştır (Contreras-Cornejo ve ark., 2016; Risoli ve ark., 2022). Birçok fungusun, özellikle *Trichoderma* cinsinin, çeşitli fitopatojenlere karşı geniş spektrumlu antagonistik aktivitelere sahip olduğu keşfedilmiştir. *Trichoderma*, toprakta yaygın olarak bulunan, saprotrof, simbiyont ve mikoparazit olarak yaşayan ipliksi (filamentöz) funguslardan oluşan bir cinstir. Bu mantarlar, bitki patojenlerine karşı biyolojik mücadele ajanı olarak en çok araştırılan ve kullanılan gruplardan biridir (Degani ve Dor, 2021; Djonovi´c ve ark, 2007).

Son yıllarda, fitopatojenlere karşı biyolojik mücadele ajanlarının doğrudan ve dolaylı kontrol potansiyelleri üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır. *Trichoderma*'nın tarımda kullanımı, böcek zararlılarına ve bitki patojenlerine karşı etkili bir biyokontrol yöntemi sunmakta ve sürdürülebilir tarımın geleceği için umut verici bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Bu fungusun, bitki patojenlerinin %80'inden fazlasına karşı güçlü antagonistik potansiyel gösterdiği bildirilmiştir (Thambugala ve ark., 2020; Degani ve Dor, 2021).

BAKTERİ KAYNAKLI BİYOLOJİK MÜCADELE ETMENLERİ

Birçok çalışma, faydalı bakterilerin bitkilerde büyümeyi teşvik etme ve hastalıklara karşı direnç kazandırmadaki rollerini araştırmıştır. Günümüzde *Bacillus, Paenibacillus, Agrobacterium, Bradyrhizobium, Acinetobacter, Azospirillum, Azotobacter, Pseudomonas, Rhizobium ve Streptomyces* gibi çeşitli cinslere ait birçok bakteri, biyolojik mücadele etmeni olarak belgelenmiştir ve bu bakterilerin birçok önemli tarım ürününde farklı hastalıkların kontrolünde etkili olduğu gösterilmiştir (Massawe ve ark., 2018; Ayaz ve ark., 2021). Faydalı bakteriler, rizosfer bölgesinde bitki ile mikroorganizmalar arasında etkileşim kurarak biyofilm ve surfaktin, iturin, basillomisin ve fengisin gibi ikincil metabolitler üretirler. Bu maddeler, bitki patojenlerinin popülasyonunu azaltmada etkili olur (Farzand ve ark., 2019; Ayaz ve ark., 2022). *Bacillus* türleri, mantarların misel hücre duvarlarına tutunur ve kitinaz, proteaz, glukanaz ve selülaz gibi hücre dışı enzimler üreterek hif yapılarını bozar (da Silva ve ark., 2020; Zubair ve ark., 2021).

Fengisin, iturin, pumilasidin, miksirin ve surfaktin gibi lipopeptitler, rizosferdeki patojenik funguslara karşı antifungal etki gösteren peptitlerdir (Gao ve ark., 2016; Farzand ve ark., 2019). Ayrıca, Bacillus türlerinin, bitkilerde çeşitli patojenlere karşı indüklenmiş sistemik direnç (ISR) oluşturduğu rapor edilmiştir. Bu etki, polifenol oksidaz, peroksidaz ve fenilalanin amonyak liyaz (PAL) gibi savunma ile ilişkili enzimlerin aktivitesinin artışı ile sağlanır. Bununla birlikte, bakteriler amino asitler ve polisakkaritler gibi kök salgılarını ve bileşenlerini değiştirerek, bitkinin savunma tepkilerini güçlendirir (Farzand ve ark., 2019; Jacob ve ark., 2020).

Bacillus ve Pseudomonas türlerinin, birçok önemli tarım ürününde çeşitli fitopatojenlere karşı etkili biyolojik mücadele ajanları olduğu bildirilmiştir. *Bacillus velezensis* izolatlarında, ikincil metabolitlerin sentezinden sorumlu birçok biyosentetik gen kümesinin bulunduğu tespit edilmiştir (Farzand ve ark., 2019; Li ve ark., 2019). Bu kimyasal olarak çeşitli biyoaktif metabolitler, yeni ilaçların geliştirilmesinde değerli bir kaynak olarak kullanılabilir. *B. velezensis* ve ilişkili *Bacillus* türleri üzerine yapılan son çalışmalar, bu bakterilerin biyoaktif madde sentezi, kimyasal bileşimleri, gen kümeleri ve biyolojik uygulamaları açısından bitki hastalıklarını önlemede etkili olabileceğini ve böylece sürdürülebilir tarıma katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Zubair ve ark., 20215; Katz ve Baltz,2016).



Şekil 2. Bakteriler ve funguslar gibi biyolojik mücadele etmenleri (BCA'lar) tarafından üretilen çeşitli antimikrobiyal ürünler, bitki patojenleri ve bitki büyüme parametreleri üzerinde önemli etkiler göstermektedir (Ayaz ve ark; 2023)

BİYOLOJİK MÜCADELENİN ETKİ MEKANİZMALARI

A) Parazitizm / Mikoparazitizm / Hiperparazitizm

Bu mekanizma, biyolojik mücadele etmenlerinin (BCA) patojeni doğrudan parçalayarak (lizis yoluyla) öldürmesi esasına dayanır.

Parazitizm, genel anlamda bir organizmanın diğerini besin kaynağı olarak kullanması durumudur. Bu süreç, iki organizma arasında birinin diğerinden besin elde ettiği doğrudan rekabetçi bir etkileşim şeklinde gerçekleşir. Parazitik etkileşim; biyolojik mücadele etmeninin hedef organizmaya yönelmesi, yüzeyine tutunması ve enzimlerin etkisiyle hücre duvarı veya zarının çözünmesi aşamalarını içerir.

Mikoparazitizm, bir fungusun başka bir fungus üzerinde parazit olarak yaşaması olayıdır. Yani bir parazitik fungusun, başka bir fungusu konukçu olarak kullanmasıdır. Bu süreç oldukça karmaşık olup; tanıma, saldırı, konukçu dokularına nüfuz etme ve konukçunun öldürülmesi gibi ardışık basamaklardan oluşur. En çok araştırılan mikoparazitik funguslar *Trichoderma ve Clonostachys* cinslerine aittir. Bu cinslerdeki antagonistik izolatlar geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir ve her suşun farklı bitki patojenlerine karşı özgül etki spektrumu bulunmaktadır (Archana ve ark., 2014).

Hiperparazitizm ise, bir mikrobiyal biyolojik mücadele etmeninin (hiperparazit), bir patojenik fungus (hipoparazit) üzerinde besin kaynağı olarak yaşaması durumudur. Bu durumda patojen, belirli bir biyokontrol etmeni tarafından doğrudan saldırıya uğrayarak öldürülür. Özellikle zorunlu biyotrofik funguslar (konukçusuz yaşayamayan patojenler), hiperparazitlerin kullanıldığı biyolojik mücadele çalışmalarında dikkat çeken hedef gruplardır.

B) Antibiyosis (Antibiyotik Aracılı Baskılama)

Antibiyosis, patojen mikroorganizmaların gelişiminin, diğer mikroorganizmalar tarafından toksik veya inhibitör bileşiklerin, antimikrobiyal metabolitlerin ya da antibiyotiklerin salgılanmasıyla baskılanması olayıdır. Antimikrobiyal metabolitler, mikroorganizmalar tarafından sentezlenen, düşük molekül ağırlıklı, organik yapılı ve kimyasal olarak heterojen ikincil metabolitlerdir. Bu bileşikler, diğer mikroorganizmaların büyümesini veya metabolik aktivitelerini engelleyici etki göstermektedir. Antimikrobiyal metabolit üretimi, mikroorganizmalar için rekabet avantajı sağlayan en güçlü biyolojik mücadele mekanizmalarından biri olarak kabul edilmektedir (Raaijmakers ve Mazzola, 2012). Bu bileşikler genellikle çok düşük miktarlarda çevreye salınmakta, ancak etkileri oldukça güçlü olmaktadır. Bilinen antibiyotiklerin büyük bir kısmı, *Aktinomisetlerden* (yaklaşık 8700 farklı antibiyotik), Bakterilerden (yaklaşık 2900) ve funguslardan (yaklaşık 4900) kaynaklanmaktadır (Bérdy, 2005). Antibiyotik üretimi, özellikle toprak kökenli bakteriler ve funguslarda yaygın olarak görülmektedir.

Agrobacterium, Bacillus, Pantoea, Pseudomonas, Serratia, Stenotrophomonas, Streptomyces ve diğer birçok cinse ait biyokontrol bakterilerinin, geniş spektrumlu antimikrobiyal metabolitler ürettikleri rapor edilmiştir. Bu bileşikler arasında hidrojen siyanür (HCN), çeşitli hidrolitik enzimler ve antibiyotikler yeralmaktadır. Funguslar arasında bu tür bileşikleri en sık üreten cinsler *Trichoderma ve Gliocladium*, bakteriler arasında ise *Bacillus ve Pseudomonas* türleridir.

C) Rekabet

Rekabet, biyolojik mücadelenin en temel ve klasik mekanizmalarından biridir. Bu mekanizma, antagonist mikroorganizmalar (biyolojik mücadele etmenleri, BCA) ile bitki patojenleri arasında yaşam alanı ve besin maddeleri için gerçekleşen bir yarışmayı ifade eder (Chet, 1987). Clark (1965), rekabeti “iki veya daha fazla organizmanın, mevcut arzın ötesinde aynı kaynak veya çevresel koşul için aktif talepte bulunması” olarak tanımlamıştır.

Mikroorganizmalar arasındaki rekabet genellikle karbon, azot, oksijen, demir ve diğer temel besin elementleri üzerinden gerçekleşir ve bu durum, mikroorganizmaların birbirlerinin büyümesini sınırlandırmasının en yaygın yollarından biridir. Mikroorganizmalar için ölümlerin en sık nedeni besin yetersizliği (açlık) olduğundan, sınırlı besin kaynakları için yürütülen rekabet, özellikle fungal fitopatojenlerin biyolojik kontrolü açısından önemli bir rol oynamaktadır. Toprakta fungistasis olarak bilinen bir olay meydana gelir; bu olay, spor çimlenmesinin baskılanması şeklinde tanımlanır ve toprak ekosisteminde biyolojik dengenin korunmasında ekolojik açıdan önemli bir mekanizmadır. Fungistasis, toprak ortamında antagonist ile patojen arasındaki rekabeti artırır. Başarılı bir antagonist (BCA) genellikle bitkiler de dahil olmak üzere diğer mikroorganizmalar tarafından salgılanan metabolitlerin neden olduğu fungistatik etkiyi tolere edebilme yeteneğine sahiptir ve bu sayede zorlu rekabet koşullarında hayatta kalabilmektedir.

E) Mikrobiyal Yaşamın Diğer Mekanizmaları

Çeşitli mikroorganizmalar, patojen fungusların büyümesini veya aktivitelerini baskılayan farklı metabolitler üretmektedir. Bu yan ürünler arasında hidrojen siyanür (HCN), amonyak (NH_3) ve sideroforlar yer almaktadır.

Hidrojen Siyanür (HCN): Bazı floresan *Pseudomonas* türlerinin ürettiği HCN, kök patojenlerinin baskılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. HCN, sitokrom oksidaz yolunu bloke ederek aerobik mikroorganizmalar için son derece toksik etki gösterir ve bu etki pikomolar düzeyde bile gözlenmektedir. Örneğin, *Pseudomonas fluorescens* CHA0 antibiyotik, siderofor ve HCN üretmektedir; ancak tütünde siyah çürüklüğe neden olan *Thielaviopsis basicola'*nın baskılanmasının esas olarak HCN üretiminden kaynaklandığı belirlenmiştir (Voisard ve ark., 1989).

Amonyak (NH_3): Howell ve ark. (1988), *Enterobacter cloacae* tarafından üretilen uçucu bileşiklerin, özellikle amonyakın, pamuk bitkisinde *Pythium ultimum* kaynaklı kök çürüklüğü hastalığını baskıladığını bildirmiştir.

Sideroforlar: Sideroforlar, mikroorganizmalar için yaşamsal öneme sahip demiri (Fe^{3+}) bağlayabilen, düşük moleküler ağırlıklı ligandlar olarak tanımlanmaktadır. Demir çoğunlukla Fe^{3+} (Ferrik) formunda bulunduğundan oksijen varlığında çözünmez ve mikroorganizmalar tarafından doğrudan kullanılamaz. Sideroforlar, Fe^{3+} iyonlarını şelatlayarak (bağlayarak) mikroorganizmaya taşır; böylece patojenlerin demir alımını sınırlar ve bitki hastalıklarının baskılanmasına katkı sağlar. Birçok fungus türü, özellikle *Trichoderma virens* ve *Aspergillus niger*, demir alımında görev yapan sideroforlar üretmektedir. Toprak kökenli *Pseudomonas* türleri genellikle floresan, sarı-yeşil, suda çözünür sideroforlar üretir. Bu siderofor üretimi, belirli floresan *Pseudomonas* spp. türlerinin hastalık baskılama potansiyeliyle doğrudan ilişkili bulunmuştur (Loper ve Buyer, 1991).

F) İNDÜKLENMİŞ SİSTEMİK DİRENÇ (ISR – INDUCED SYSTEMİC RESİSTANCE)

İndüklenmiş Sistemik Direnç (ISR), genellikle bitki gelişimini destekleyen rizobakteriler (PGPR), tarafından uyarılan bir bitki savunma mekanizmasıdır. Bu bakteriler biyolojik mücadele etmenleri (BCA) olarak görev yapar, ancak bitkide nekrotik lezyonlara neden olmazlar. ISR, patogenezle ilişkili proteinler (PRP) aracılığıyla değil; etilen ve jasmonik asit sinyal yolları üzerinden gerçekleşir (salistik asit yoluyla değil). Archana ve ark., *Trichoderma* ve *Pseudomonas* türlerinin, *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*'ye karşı narenciye kanseri hastalığında bitki direncini artırdığını bildirmiştir.

Trichoderma türleri rizosfere uygulandığında ISR mekanizmasını aktive ederek bitkileri çok sayıda fungal patojene karşı koruyabilmektedir. Hem *Trichoderma* hem de *Pseudomonas* kök korteks hücrelerini kolonize eder ve yaprak hastalıklarına karşı sistemik direnç oluşumunu tetikler.

BCA sporları veya diğer yayılma yapıları toprağa uygulandığında, köklerle temas ederek çimlenir, kök yüzeyinde gelişir ve bazen kök hücrelerinin dış katmanlarına kadar ilerler. Bu süreçte, bitkilerde savunma tepkilerini uyaran peptitler, proteinler ve düşük molekül ağırlıklı bileşikler salgılanır.

G) ÇAPRAZ KORUMA (CROSS PROTECTİON)

Çapraz koruma, bir bitkinin aynı mikroorganizmanın hafif virülent bir suşuyla enfekte edilmesi sonucu, daha şiddetli virülent suşuna karşı koruma geliştirmesi olayıdır. Koruyucu mikroorganizma yani zayıflatılmış veya hafif suş, konukçu bitkide çok hafif belirtiler oluşturur veya belirti göstermeksizin enfeksiyon oluşturur. Bu hafif suş inoküle edildiğinde, aynı virüsün daha güçlü suşlarına karşı suş veya diziye özgü direnç meydana getirir. Bu mekanizma, özellikle bitki virolojisinde önemli bir biyolojik kontrol stratejisi olup, bitkilerin doğal bağışıklık tepkilerini güçlendirerek hastalık şiddetini azaltma potansiyeline sahiptir.

Fusarium sambucinum'a KARŞI PATATESTE YAPILMIŞ BİYOLOJİK MÜCADELE ÇALIŞMALARI

Fungisitlerin düzensiz ve aşırı kullanımı, çevresel bozulmaya ve fungisitlere karşı dirençli suşların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu durum, antagonistik mikroorganizmaların keşfini teşvik etmiş; bu mikroorganizmaların Fusarium türlerini antibiyoz, mikoparazitizm veya hiperparazitizm yoluyla baskılayabileceği gösterilmiştir (Kishan ve ark., 2017a,b). *Pseudomonas* spp., *Enterobacter* spp. ve *Pantoea* spp. cinslerine ait mikroorganizmalar, *F. sambucinum*'un neden olduğu kuru çürüklük hastalığının görülme sıklığını azaltabilen ilk toprak kaynaklı faydalı mikroorganizmalar olarak tanımlanmıştır (Schisler ve Slininger, 1994). Literatürde, bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri (PGPR) türlerine ait (*Pseudomonas sp.*, *Pantoea sp.*, *Enterobacter sp.*, *Bacillus sp.*, *Trichoderma sp.*) birçok suşun patates kuru çürüklüğüne karşı potansiyel biyokontrol ajanı olarak kullanılabileceğini bildiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Schisler, 1994; Schisler ve ark., 1997; Sadfi ve ark., 2001, 2002; van den Boogert ve Luttikholt, 2004). Bojanowski ve ark. (2013) tarafından yapılan kapsamlı bir derleme, patates kuru çürüklüğü hastalığının azaltılmasında rol oynayan antagonistik mikroorganizmaları vurgulamıştır. Bu mikroorganizmalar arasında *Pseudomonas, Enterobacter, Pantoea* (Schisler ve Slininger, 1994), *Trichoderma harzianum* (Sadfi ve ark., 2001), *Bacillus cereus* (Sadfi ve ark., 2002), *Pseudomonas fluorescens* (Slininger ve ark., 2003), *Burkholderia cepacia* (Recep ve ark., 2009) ve *Glomus irregularis* mikorizası (Ismail ve Hijri, 2012) yer almaktadır. Ayrıca, *Pseudomonas syringae* içeren Bio-Save 10LP ve Bio-Save 11LP adlı biyopestisitler, ABD'de patateslerde kuru çürüklük kontrolü için ruhsatlandırılmıştır (Al-Mughrabi ve ark., 2013).Farklı antagonistik mikroorganizmaların iki suşlu karışımlarının, tek suş uygulamalarına göre yaralı patateslerde hastalık şiddetini daha fazla azalttığı görülmüştür (Schisler ve ark., 1997). En iyi sonuçlar, saf kültür karışımlarına göre ko-kültür (birlikte kültür) yöntemleriyle elde edilen suşlarda gözlenmiştir (Slininger ve ark., 2010). Arbusküler mikorizal funguslar, yalnızca fosfor alımını artırmakla kalmayıp, aynı zamanda bitkilerde savunma tepkilerini güçlendirerek potansiyel patojenlere karşı koruma sağlamaktadır. Ancak patateste Arbusküler mikorizasyonun kuru çürüklük şiddetine etkisini araştıran çalışma sayısı oldukça azdır.

Glomus intraradix içeren ticari torf bazlı ortamda yetiştirilen mini yumrular, aynı ortamda ancak *G. intraradix* içermeyen yumrulara kıyasla belirgin şekilde daha az kuru çürüklük belirtisi göstermiştir (Niemira ve ark., 1996). Ayrıca *Glomus irregulare F. sambucinum*'un neden olduğu hastalık şiddetini azaltmış, bitki savunma tepkilerini güçlendirmiş ve patojende trikotesen mikotoksin gen ekspresyonunu düzenlemiştir (Ismail ve ark., 2011; Ismail ve Hijri, 2012). *Pseudomonas cepacia* (*Burkholder cepacia*) ve *E. cloacae'*nin *F. sambucinum*'a karşı antagonistik etkilerinin mekanizmaları da araştırılmıştır. Burkhead ve ark. (1994), *P. cepacia*'nın kuru çürüklüğü kontrol ettiğini ve bu bakterinin patates yumrularında inokule edildiğinde pirrolnitrin adlı antimikrobiyal bileşiği ürettiğini bildirmiştir. *E. cloacae*, uygulandığında hastalığı baskılayan fenilasetik asit, indol-3-asetik asit (IAA) ve tirosol bileşiklerini üretmiştir. Ayrıca IAA uygulaması, yumru filizlenmesini de engellemiştir (Slininger ve ark., 2004).
Şu anda ABD ve Kanada'da kuru çürüklük hastalığının kontrolü için tescillenmiş tek ticari biyopestisit, etken maddesi *Pseudomonas syringae* van Hallolan Bio-Save'dir (Agriculture and Agri-Food Canada, 2005; Health Canada, 2010).

Tablo 2. Literatürde rapor edilmiş *Fusarium sambucinum*'a karşı yapılmış biyolojik mücadele çalışmaları

Ajan (Biyokontrol Etmeni)	**Hedef Patojen**	**Ortam / Uygulama**	**Etki Mekanizması**	**Kaynak**
Pseudomonas fluorescens VUPf506	*F. sambucinum, F. solani*	Depo koşulu (24 °C, 4–6 hafta)	Antibiyoz, antibakteriyel metabolit üretimi	Vatankhah ve ark., 2019
Pseudomonas syringae (Bio-Save 10LP, 11LP)	*F. sambucinum, F. coeruleum*	Depo koşulları	Antibiyotik üretimi, yara kolonizasyonu	Al-Mughrabi ve ark., 2013
Enterobacter cloacae	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Fenilasetik asit, IAA, tirosol üretimi; filizlenme baskısı	Slininger ve ark., 2004
Burkholderia cepacia (= P. cepacia)	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Pirrolnitrin üretimi, antibiyoz	Burkhead ve ark., 1994
Bacillus cereus	*F. sambucinum*	Tarla denemesi	Antibiyoz, ISR benzeri indüksiyon	Sadfi ve ark., 2002
Bacillus licheniformis	*F. sambucinum*	Tuzlu toprak, sera	Antagonizm, antibakteriyel metabolitler	Sadfi ve ark., 2001
Trichoderma harzianum, T. viride, T. asperellum, T. virens, T. inhamatum	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Mikoparazitizm, lizis enzimleri, antibiyoz	Aydın, 2019
Epicoccum sp.	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Antagonistik kolonizasyon	El-Kot, 2008
Streptomyces endus	*F. sambucinum*	Laboratuvar ortamı	Antibiyotik üretimi, rekabet	El-Kot, 2008

Glomus intraradix (AMF)	*F. sambucinum*	Torf ortamında yetişen miniyumru	Savunma indüksiyonu, fosfor alımı artışı	Niemira ve ark., 1996
Glomus irregulare (AMF)	*F. sambucinum*	Bitki–fungus etkileşimi	ISR aktivasyonu, trikotessen gen ekspresyonunun baskılanması	Ismail ve ark., 2011; Ismail ve Hijri, 2012
Paecilomyces lilacinus, T. polysorum	*F. oxysporum (kuru çürüklük kompleksi)*	Depo koşulları	Mikoparazitizm, antibiyoz	Kubar ve ark., 2019
Pseudomonas fluorescens P22Y05	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Ozmoprotektanla birlikte antibiyoz	Schisler ve ark., 2016
Pantoea sp.	*F. sambucinum*	Baskılayıcı toprak	Antibiyoz	Schisler ve Slininger, 1994
Serratia plymuthica, S. grimesii	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Antibiyoz, rekabet	Gould ve ark., 2008
Kırmızı soğan (*Allium cepa L.*) kabuğu metanol ekstraktı	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Antibiyoz, fenolik ve flavonoid bileşiklerle antifungal etki; savunma enzim aktivasyonu (PAL, PPO, CAT, POD)	Elsherbiny ve ark; 2023
Bacillus subtilis QST 713 (%1.34) ve *Pseudomonas fluorescens* Pf1 (%1.5)	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Antibiyoz, fungisit benzeri büyüme baskılanması; inokulasyon öncesi uygulamada daha yüksek etki	Yıkılmazsoy ve Tosun 2021
Bacillus cereus X16 *Bacillus thuringiensis* 55T	*Fusarium roseum var. sambucinum (F. sambucinum)*	Depo koşulları	Bitkide savunma yanıtını uyararak hücre duvarı kalınlaşması ve damar dokularında fenolik madde birikimi; fungus gelişiminin sınırlandırılması	Chérif ve ark 2003
Bacillus subtilis B9–8, *Pseudomonas moraviensis* F9–6, *Pseudomonas koreensis* F9–9, *Pseudomonas gessardii* M9–16	*F. sambucinum*	Depo koşulları	Antibiyoz; fungal miselyum gelişiminin ve konidiyal çimlenmenin baskılanması; bakteri ekstraktlarının antifungal bileşen üretimi	Ramlawi ve ark., 2021

Aspergillus spp., *Penicillium spp.*, *Colletotrichum sp.*, *Trichoderma sp.* (patojen olmayan patates kökenli funguslar)	*F. sambucinum, F. solani*	İn vitro (ikili kültür yöntemi, 25 °C, 7 gün) ve in vivo (yumru inokulasyonu öncesi uygulama)	Antibiyoz, mikoparazitizm, hif lizisi,	Mejdoub-Trabelsi ve ark.., 2021
Trichoderma harzianum	*Fusarium sambucinum, F. oxysporum, F. avenaceum*	İn vitro (ikili kültür yöntemi) ve in vivo (yumru inokulasyonu,	Mikoparazitizm, hif sarılması (hyphal coiling), hif lizisi; chitinase ve protease enzim üretimi	Ahammed ve Datta, 2025

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya genelinde Fusarium kuru çürüklüğü, ekonomik açıdan önemli bir hastalıktır. Bugüne kadar dünya genelinde kuru çürüklüğe neden olan 13'ten fazla *Fusarium* türü bildirilmiştir ve bu türlerin genetik çeşitliliği, bulundukları coğrafi konuma göre değişiklik göstermektedir.

Ayrıca *Fusarium* izolatlarının görülme sıklığı ve agresifliği (hastalığı oluşturma gücü), yetiştirilen patates çeşitlerine ve çevresel koşullara bağlı olarak bölgesel düzeyde farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, *Fusarium sambucinum*'un patates yumrularında kuru çürüklük etmeni olarak rolü ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Morfo-moleküler analizler, bu türün hem hızlı kolonizasyon yeteneğine hem de yüksek düzeyde patojenik etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. F. sambucinum izolatlarının pektin liyaz, poligalakturonaz, selülaz ve amilaz gibi hücre duvarı parçalayıcı enzimleri üretmesi; aynı zamanda deoksinivalenol, fusarik asit, sambutoksin ve zearalenon gibi mikotoksinleri sentezlemesi, patojenin agresif karakterini güçlendirmektedir. Patates kuru çürüklük hastalığı, dünya genelinde hem tarımsal verim hem de depolama sürecinde ciddi ekonomik kayıplara neden olan en önemli fungal hastalıklardan biridir. Özellikle *Fusarium sambucinum* başta olmak üzere birçok *Fusarium* türü, hasat sonrası dönemde yumrularda çürüme, filizlenme kaybı ve kalite düşüşü gibi olumsuzluklara yol açmaktadır. Kimyasal fungisitlerin uzun süreli ve kontrolsüz kullanımı hem çevresel kirliliğe hem de fungisitlere dirençli patojen suşlarının gelişimine neden olmuştur. Bu durum, çevre dostu ve sürdürülebilir bir alternatif olan biyolojik mücadele stratejilerinin önemini giderek artırmıştır. Yapılan çalışmalar, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Enterobacter cloacae*, *Trichoderma harzianum*, *Burkholderia cepacia* ve *Glomus* türü mikorizaların *Fusarium* kaynaklı patojenlere karşı antagonistik etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu biyokontrol etmenleri; antibiyoz, mikoparazitizm, siderofor üretimi, enzimatik yıkım ve indüklenmiş sistemik direnç (ISR) mekanizmaları yoluyla etki göstermektedir. Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerinin ürettiği pyrrolnitrin, surfaktin, iturin ve fengisin gibi antimikrobiyal bileşikler, patojen gelişimini baskılamada etkili olmuştur. Ayrıca, *Trichoderma* türlerinin hem rizosfer kolonizasyonu hem de mikoparazitizm yetenekleriyle yumru yüzeyinde koruyucu bir biyofilm tabakası oluşturduğu; bunun da hastalığın ilerlemesini önlediği belirlenmiştir. Mikorizal mantarlar ise bitki savunma sistemini güçlendirerek besin alımını, özellikle fosfor ve azot kullanımını artırmakta, dolayısıyla bitkiyi patojene karşı daha dirençli hale getirmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, yerel izolatların tanımlanması, mikrobiyal konsorsiyumların (çoklu ajan karışımları) geliştirilmesi ve bunların saha koşullarında stabilite ve etkinliklerinin test edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, biyoteknolojik yaklaşımların (örneğin gen susturma [HIGS], marker destekli seleksiyon ve metagenomik analizler) kullanımıyla, *Fusarium*-patates etkileşiminin daha iyi anlaşılması hedeflenmelidir. Sonuç olarak, kimyasal kontrol yöntemleri yerine biyolojik ajanlara dayalı entegre hastalık yönetim stratejileri geliştirilmelidir. Biyokontrol etmenlerinin doğru kombinasyonlarda, uygun depolama koşulları ve tarımsal uygulamalarla birlikte kullanılması; hem verim ve kalite artışı sağlayacak hem de çevre ve insan sağlığı açısından sürdürülebilir bir üretim modeli oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

Ahammed, S., & Datta, B. (2025). Morpho-molecular characterization and biocontrol of Fusarium spp. causing potato dry rot in West Bengal. Journal of Crop Health, 77, 104. https://doi.org/10.1007/s10343-025-01178-w

Al-Mughrabi, K. I. (2010). Biological control of potato common scab, powdery scab, dry rot, pink rot, silver scurf and soft rot. Biocontrol Science and Technology, 20(8), 875–882.

Al-Mughrabi, K. I., Bertheleme, C., Livingston, T., Burgoyne, A., & Poirier, R. (2013). Bio-Save 10LP and 11LP for control of potato tuber diseases in storage. Biocontrol Science and Technology, 23(7), 783–795.

Al-Mughrabi, K.I., (2010) Biological control of *Fusarium* dry rot and other potato tuberdiseases using *Pseudomonas fluorescens* and *Enterobacter cloacae*. Biol. Control 53, 280–284.

Alblooshi, A.A.; Purayil, G.P.; Saeed, E.E.; Ramadan, G.A.; Tariq, S.; Altaee, A.S.; El-Tarabily, K.A.; AbuQamar, S.F. (2021). Biocontrol Potential of Endophytic Actinobacteria against *Fusarium solani*, the Causal Agent of Sudden Decline Syndrome on Date Palm in the UAE. J. Fungi, 8, 8.

Ayaz, M.; Ali, Q.; Farzand, A.; Khan, A.R.; Ling, H.; Gao, X. (2021) Nematicidal Volatiles from *Bacillus atrophaeus* GBSC56 Promote Growth and Stimulate Induced Systemic Resistance in Tomato against Meloidogyne incognita. Int. J. Mol. Sci., 22, 5049.

Ayaz, M.; Ali, Q.; Jiang, Q.; Wang, R.; Wang, Z.; Mu, G.; Khan, S.A.; Khan, A.R.; Manghwar, H.; Wu, H.; et al. (2022). Salt Tolerant Bacillus Strains Improve Plant Growth Traits and Regulation of Phytohormones in Wheat under Salinity Stress. Plants, 11, 2769.

Ayaz, M.; Li, C.-H.; Ali, Q.; Zhao, W.; Chi, Y.-K.; Shafiq, M.; Ali, F.; Yu, X.-Y.; Yu, Q.; Zhao, J.-T.; et al. (2023). Bacterial and Fungal Biocontrol Agents for Plant Disease Protection: Journey from Lab to Field, Current Status, Challenges, and Global Perspectives. Molecules, 28, 6735. https://doi.org/10.3390/ molecules28186735

Aydın, D. (2019). Evaluation of *Trichoderma* spp. against *Fusarium sambucinum* causing dry rot of potato under storage conditions. Selçuk University, Konya.

Bérdy J. (. 2005). Bioactive microbial metabolites. J. Antibiot; 58:1-26. doi: 10.1038/ ja.2005.1

Booth, C. (1971). The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.

Boyd, A. E. (2006). Managing potato storage diseases. American Journal of Potato Research, 83(1), 29–38.

Burkhead, K. D., Schisler, D. A., & Slininger, P. J. (1994). *Pseudomonas cepacia* strain 5.5B as a biocontrol agent: Mechanism involving pyrrolnitrin production. Applied and Environmental Microbiology, 60(6), 2031–2039.

Burkhead, K.D., Schisler, D.A., Slininger, P.J., (1994). Pyrrolnitrin production by biological control agent *Pseudomonas cepacia* B37w in culture and in colonized wounds of potatoes. Appl. Environ. Microbiol. 60, 2031–2039.

Chérif, M., Sadfi, N., & Ouellette, G. B. (2003). Ultrastructure of in vivo interactions of the antagonistic bacteria *Bacillus cereus* X16 and *B. thuringiensis* 55T with *Fusarium roseum var. sambucinum,* the causal agent of potato dry rot. Phytopathologia Mediterranea, 42, 41–54.

Chet I. (1987. Innovative Approaches to Plant Disease Control, John Wiley & Sons, New York,

Collinge, D. B., Jensen, D. F., Rabiey, M., Sarrocco, S., Shaw, M. W., & Shaw, R. H. (2022). Biological control of plant diseases – What has been achieved and what is the direction? Plant Pathology, 71(5), 1021–1228. https://doi.org/10.1111/ppa.13411

Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., & Barka, E. A. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology, 71(9), 4951–4959.

Contreras-Cornejo, H.A.; Macías-Rodríguez, L.; Del-Val, E.; Larsen, J. Ecological Functions of *Trichoderma* spp. and Their Secondary Metabolites in the Rhizosphere: Interactions with Plants. FEMS Microbiol. Ecol. 2016, 92, fiw036.

Cook, R. & Baker, K. (1983) The nature and practice of biological control of plant pathogens. St Paul, MN, USA: American Phytopathological Society.

Crous, P.W. et al. (2021). Fungal Planet description sheets. Persoonia, 46: 1–133.

Cullen, D.W., Toth, I.K., Pitkin, Y., Boonham, N., Walsh, K., Barker, I., Lees, A.K., 2005. Use of quantitative molecular diagnostic assays to investigate *Fusarium* dry rot in potato stocks and soil. Phytopathology 95, 1462–1471.

da Silva, L.R.; Inglis, M.C.V.; Moraes, M.C.B.; Magalhães, D.M.; Sifuentes, D.N.; Martins, I.; de Mello, S.C.M. (2020). Morphological and Protein Alterations in *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary after Exposure to Volatile Organic Compounds of *Trichoderma* spp. Biol. Control. 147, 104279.

Degani, O.; Dor, S. (2021). *Trichoderma* Biological Control to Protect Sensitive Maize Hybrids against Late Wilt Disease in the Field. J. Fungi, 7, 315.

Desjardins, A.E., (2006). Fusarium Mycotoxins, Chemistry, Genetics, and Biology. The American Phytopathological Society, St. Paul.

Djonovi´c, S.; Vittone, G.; Mendoza-Herrera, A.; Kenerley, C.M. (2007). Enhanced Biocontrol Activity of *Trichoderma virens* Transformants Constitutively Coexpressing β-1,3- and β-1,6-Glucanase Genes. Mol. Plant Pathol., 8, 469–480.

El-Kot, G. A. N. (2008). Biological control of *Fusarium* dry rot disease of potato tubers caused by *Fusarium sambucinum*. Egyptian Journal of Phytopathology, 36(1–2), 69–80.

Elsherbiny, A. A., Dawood, H. H., Elsebai, M. F., Mira, A., & Taher, M. A. (2023). Control of dry rot and resistance induction in potato tubers against *Fusarium sambucinum* using red onion peel extract. Postharvest Biology and Technology, 195, 112119. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112119

Farzand, A.; Moosa, A.; Zubair, M.; Khan, A.R.; Massawe, V.C.; Tahir, H.A.S.; Sheikh, T.M.M.; Ayaz, M.; Gao, X. (2019). Suppression of *Sclerotinia sclerotiorum* by the Induction of Systemic Resistance and Regulation of Antioxidant Pathways in Tomato Using Fengycin Produced by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. Biomolecules, 9, 613.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025). *FAOSTAT Statistical Database: Crops and Livestock Products – Potato Production.* Retrieved from https://www.fao.org/faostat

Gao, H.; Qi, G.; Yin, R.; Zhang, H.; Li, C.; Zhao, X. (2016). *Bacillus cereus* Strain S2 Shows High Nematicidal Activity against Meloidogyne incognita by Producing Sphingosine. Sci. Rep., 6, 28756.

Gerlach, W. & Nirenberg, H. (1982). The Genus *Fusarium*: A Pictorial Atlas. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin.

Gould, W. D., Hagedorn, C., Bardin, R., & Cook, F. D. (2008). Evaluation of Serratia plymuthica and Serratia grimesii as biological control agents. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 35(6), 675–683.

Hanson, L.E., Schwager, S.J., Loria, R., (1996). Sensitivity to thiabendazole in *Fusarium* species associated with dry rot of potato. Phytopathology 86, 378–384.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology, 2(1), 43–56.

Howard, R. J., Harding, M. W., & Daniels, G. C. (1994). Dry rot of potato caused by *Fusarium* species. Canadian Journal of Plant Pathology, 16(1), 11–18.

Howard, R.J., Garland, J.A., Seaman, W.L., (1994). Diseases and Pests of Vegetable Crops in Canada. The Canadian Phytopathological Society and the Entomological Society of Canada, Ottawa.

Howell, C.R., Beier, R.C., Stipanovic, R.D., (1988). Production of ammonia by Enterobacter cloacae and its possible role in the biological control of Pythium pre emergence damping-off by the bacterium. Phytopathology, 78:1075-1078

Ismail, Y., & Hijri, M. (2012). Modulation of mycotoxin gene expression by arbuscular mycorrhizal fungi in potato infected with *Fusarium sambucinum*. Molecular Plant Pathology, 13(2), 181–189.

Ismail, Y., Hijri, M., (2012). Arbuscular mycorrhisation with *Glomus irregulare* induces expression of potato PR homologues genes in response to infection by *Fusarium sambucinum.* Funct. Plant Biol. 39, 236–245.

Ismail, Y., McCormick, S. P., & Hijri, M. (2011). Arbuscular mycorrhizal fungi reduce *Fusarium sambucinum*-induced trichothecene production in potato tubers. Phytopathology, 101(3), 326–334.

Ismail, Y., McCormick, S., Hijri, M., (2011). A fungal symbiont of plant-roots modulates mycotoxin gene expression in the pathogen *Fusarium sambucinum*. PLoS ONE 6, e17990.

Jacob, J.; Krishnan, G.V.; Thankappan, D.; Amma, D.K.B.N.S. (2020). Endophytic Bacterial Strains Induced Systemic Resistance in Agriculturally Important Crop Plants. In Microbial Endophytes; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 75–105.

Jensen, D.F., Karlsson, M., Sarrocco, S. & Vannacci, G. (2016) Biological control using microorganisms as an alternative to disease resistance. In: D.B. Collinge (Ed.) Plant pathogen resistance biotechnology. Wiley Blackwell: New York and London, pp. 341–363.

Jetiyanon, K., & Kloepper, J. W. (2002). Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. Biological Control, 24(3), 285–291.

Katz, L.; Baltz, R.H. (2016). Natural Product Discovery: Past, Present, and Future. J. Ind. Microbiol. Biotechnol, 43, 155–176.

Kubar, A., Aydın, D., & Demirci, E. (2019). Biocontrol of Fusarium dry rot of potato by *Paecilomyces lilacinus* and *Trichoderma polysorum*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 43(5), 555–563.

Leslie, J.F. & Summerell, B.A. (2006). The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing.

Li, Y.; Héloir, M.-C.; Zhang, X.; Geissler, M.; Trouvelot, S.; Jacquens, L.; Henkel, M.; Su, X.; Fang, X.; Wang, Q.; et al. (2019). Surfactin and Fengycin Contribute to the Protection of a *Bacillus subtilis* Strain against Grape Downy Mildew by Both Direct Effect and Defence Stimulation. Mol. Plant Pathol., 20, 1037–1050.

Loper JE, Buyer JS. (1991). Siderophores in microbial interactions of plant surfaces. Mol. Plant-Microbe Interact. 4:5-13.

Massawe, V.C.; Hanif, A.; Farzand, A.; Mburu, D.K.; Ochola, S.O.; Wu, L.; Tahir, H.A.S.; Gu, Q.; Wu, H.; Gao, X. (2018). Volatile Compounds of Endophytic Bacillus spp. Have Biocontrol Activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. Phytopathology, 108, 1373–1385.

Mejdoub-Trabelsi, B., Aydi Ben Abdallah, R., Kthiri, Z., Hamada, W., & Daami-Remadi, M. (2021). Assessment of the antifungal activity of non-pathogenic potato-associated fungi toward *Fusarium* species causing tuber dry rot disease. Journal of Plant Pathology & Microbiology, 12(2). https://doi.org/10.35248/2157-7471.21.12.2

Negi, A., & Singh, J. (2023). Role of Biological Control in Plant Disease Management. In Research Trends and Innovations in Plant Pathology (Vol. 4, pp. 1-19).

Niemira, B. A., Hammerschmidt, R., & Safir, G. R. (1996). Postharvest suppression of potato dry rot by *Glomus intraradix*. Phytopathology, 86(5), 482–489.

Niemira, B.A., Hammerschmidt, R., Safir, G.R., (1996). Postharvest suppression of potato dry rot (*Fusarium sambucinum*) in prenuclear minitubers by arbuscular mycorrhizal fungal inoculum. Am. J. Potato Res. 73, 509–515.

O'Donnell, K. et al. (2004). Molecular phylogenetics of the *Fusarium sambucinum* species complex. Mycologia, 96(3): 595–603.

Perrone, G., Susca, A., Cozzi, G., Ehrlich, K., Varga, J., & Frisvad, J. C. (2015). Biodiversity of mycotoxigenic fungi and mycotoxins in Europe. Mycotoxin Research, 31(1), 1–16.

Peters, J.C., Lees, A.K., Cullen, D.W., Sullivan, L., Stroud, G.P., Cunnington, A.C., (2008a). Characterization of *Fusarium* spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain. Plant Pathol. 57, 262–271.

Peters, R. D., Sturz, A. V., Carter, M. R., & Sanderson, J. B. (2008b). Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. Soil & Tillage Research, 72(2), 181–192.

Pırlak, U., ve Demir, N. O. (2025). Potato production in the world and Turkey and national potato improvement studies. In 4th International Congress of the Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF 2025). Potato Research Institute Directorate, Niğde, Türkiye.

Poveda, J. (2021). *Trichoderma* as Biocontrol Agent against Pests: New Uses for a Mycoparasite. Biol. Control, 159, 104634.

Raaijmakers, J.M., Mazzola, M. (2012). Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. Annu. Rev. Phytopathol;50:403-424. doi: 10.1146/annurev-phyto081211-172908

Ramlawi, S., Chiu, J. O., Cloutier, A., & Avis, T. J. (2021). Suppression of *Fusarium* dry rot of potato using beneficial bacterial treatments. Journal of Plant Pathology, 103, 269–281. https://doi.org/10.1007/s42161-020-00731-y

Risoli, S.; Cotrozzi, L.; Sarrocco, S.; Nuzzaci, M.; Pellegrini, E.; Vitti, A. (2022). *Trichoderma*-Induced Resistance to Botrytis cinerea in Solanum Species: A Meta-Analysis. Plants, 11, 180.

Sadfi, N., Cherif, M., Fliss, I., & Boudabbous, A. (2001). Isolation of *Bacillus* spp. from saline soils and their activity against *Fusarium sambucinum* causing potato dry rot. Journal of Plant Pathology, 83(2), 123–131.

Sadfi, N., Chérif, M., Fliss, I., & Boudabbous, A. (2002). Biocontrol of Fusarium dry rot of potato by *Bacillus cereus* and *Bacillus licheniformis*. Journal of Phytopathology, 150(11–12), 641–646.

Schisler, D. A., & Slininger, P. J. (1994). Selection and characterization of bacterial antagonists of *Fusarium* dry rot of potato tubers and their use in combination. Phytopathology, 84(8), 959–964.

Schisler, D. A., Slininger, P. J., & Behle, R. W. (2016). Formulation of *Pseudomonas fluorescens* with osmoprotectants for control of *Fusarium* dry rot of potato. Biocontrol Science and Technology, 26(4), 489–503.

Schisler, D. A., Slininger, P. J., & Bothast, R. J. (1997). Effect of co-culture on biocontrol efficacy of bacterial antagonists against *Fusarium sambucinum*. Biological Control, 10(1), 46–54.

Schisler, D.A., Kurtzman, C.P., Bothast, R.J., Slininger, P.J., (1995). Evaluation of yeasts for biological control of Fusarium dry rot of potatoes. Am. J. Potato Res. 72, 339–353.

Schisler, D.A., Slininger, P.J., (1994). Selection and performance of bacterial strains for biologically controlling Fusarium dry rot of potatoes incited by Gibberella pulicaris. Plant Dis. 78, 251–255.

Schisler, D.A., Slininger, P.J., Bothast, R.J., (1997). Effects of antagonist cell concentration and two-strain mixtures on biological control of Fusarium dry rot of potatoes. Phytopathology 87, 177–183.

Schisler, D.A., Slininger, P.J., Hanson, L.E., Loria, R., (2000a). Potato cultivar, pathogen isolate and antagonist cultivation medium influence the efficacy and ranking of bacterial antagonists of Fusarium dry rot. Biocontrol Sci. Technol. 10, 267–279.

Schisler, D.A., Slininger, P.J., Kleinkopf, G., Bothast, R.J., Ostrowski, R.C., (2000b). Biological control of *Fusarium* dry rot of potato tubers under commercial storage conditions. Am. J. Potato Res. 77, 29–40.

Secor, G. A., & Gudmestad, N. C. (1999). Managing fungal diseases of potato. Canadian Journal of Plant Pathology, 21(3), 213–221.

Seppänen, E., (1981). Studies on Fusariums of the potato in Finland I. On the *Fusarium* species causing dry rot in potatoes. Ann. Agr. Fenniae 20, 156–160.

Singh, B.P., Nagaich, B.B., Saxena, S.K., (1987). Fungi associated with dry-rot of potatoes, their frequency and distribution. Indian J. Plant Pathol. 5, 142–145.

Slininger, P. J., Burkhead, K. D., & Schisler, D. A. (2004). *Enterobacter cloacae* metabolites suppress *Fusarium sambucinum* dry rot and sprouting in stored potato. Biocontrol Science and Technology, 14(4), 385–395.

Slininger, P.J., Schisler, D.A., Shea-Andersh, M.A., Sloan, J.M., Woodell, L.K., Frazier, M.J., Olsen, N.L., (2010). Multi-strain co-cultures surpass blends for broad spectrum biological control of maladies of potatoes in storage. Biocontrol Sci. Technol. 20, 763–786.

Stefańczyk, E., Sobkowiak, S., Brylińska, M., & Śliwka, J. (2016). Diversity of Fusarium spp. associated with dry rot of potato tubers in Poland. European Journal of Plant Pathology, 145, 871–884.

Stevenson, W. R., Loria, R., Franc, G. D., & Weingartner, D. P. (2001). Compendium of Potato Diseases, 2nd Edition. St. Paul, MN: APS Press.

Thambugala, K.M.; Daranagama, D.A.; Phillips, A.J.L.; Kannangara, S.D.; (2020). Promputtha, I. Fungi vs. Fungi in Biocontrol: An Overview of Fungal Antagonists Applied Against Fungal Plant Pathogens. Front. Cell. Infect. Microbiol.10, 604923.

Theron, D.J., Holz, G., (1989). Fusarium species associated with dry rot and stem-end rot of potatoes in South Africa. Phytophylactica 21, 175–181.

Tivoli, B., Abdul Razzaq, K., Jouan, B., Lemarchand, E., (1986a). Étude comparée des capacités infectieuses des différentes espèces ou variétés de Fusarium responsables de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre. Potato Res. 29, 13–32.

Tronsmo, A., Collinge, D.B., Alabouvette, C. & Jensen, D.F. (2020) Biological control of plant diseases. In: A.M. Tronsmo, D.B. Collinge, A. Djurle, L. Munk, J. Yuen & A. Tronsmo (Eds.) Plant pathology and plant diseases. Wallingford: CABI, pp. 289–306.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). Bitkisel Üretim İstatistikleri – Patates Üretim Miktarı (2024). Erişim adresi: https://data.tuik.gov.tr

Vatankhah, M., Karimi, E., & Farrokhi, J. (2019). Talc-based formulation of Pseudomonas fluorescens for control of Fusarium dry rot of potato. Crop Protection, 122, 80–88.

Voisard C, Keel C, Haas D, Defago G. (1989). Cyanide production by Pseudomonas fluorescens helps suppress black root of tobacco under gnotobiotic conditions. EMBO J. 1989;8:351-358.

Weindling, R. (1932). *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology, 22, 837–845.

Weindling, R. (1934). Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. Phytopathology, 24, 1153–1179.

Weindling, R. (1941). Experimental consideration of the mold toxins of *Gliocladium and Trichoderma*. Phytopathology, 31, 991–1003.

Wharton, P. S., Kirk, W. W., & Burrows, M. (2007). Evaluation of storage techniques for the potato dry rot pathogen *Fusarium sambucinum*. Plant Disease, 91(9), 1117–1122.

Wharton, P., Hammerschmidt, R., Kirk, W., (2007). *Fusarium* dry rot. Michigan Potato Diseases Extension Bulletin, E-2992, May.

Yıkılmazsoy, G., & Tosun, N. (2021). Characterization of *Fusarium sambucinum* isolates associated with potato dry rot and evaluation of cultivar susceptibility and fungicides. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45(2), 222–233. https://doi.org/10.3906/tar-2006-100

Zimmermann, S.D.; Marqués-gálvez, J.E. (2021). Endophytic Fungi: From Symbiosis to Secondary Metabolite Communications or Vice Versa? Front. Plant Sci. 12, 791033.

Zubair, M.; Farzand, A.; Mumtaz, F.; Khan, A.R.; Sheikh, T.M.M.; Haider, M.S.; Yu, C.; Wang, Y.; Ayaz, M.; Gu, Q.; et al. (2021). Novel Genetic Dysregulations and Oxidative Damage in Fusarium graminearum Induced by Plant Defense Eliciting Psychrophilic Bacillus atrophaeus Ts1. Int. J. Mol. Sci., 22, 12094.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE FUNGAL KAYNAKLI PATOJENLERİN KONTROLÜNDE BİYOLOJİK YAKLAŞIMLAR

Ece AKALIN
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0009-0004-9810-6977

Prof. Dr. Nuh BOYRAZ
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
ORCID: 0000-0001-6822-9360

ÖZET
Çilek (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), üzümsü meyveler grubunda yer alan çok yıllık bir bitkidir. Hem taze tüketim hem de sanayi hammaddesi olarak dünya çapında ekonomik öneme sahip bir meyvedir. Ancak, fungal patojenlerin neden olduğu hastalıklar üretimde ciddi verim ve kalite kayıplarına yol açmaktadır. Özellikle *Botrytis cinerea* (gri küf), *Phytophthora fragariae*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* ve *Pythium* spp. gibi patojenler, çilek yetiştiriciliğinde önemli enfeksiyonlara dolaysıyla verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Bu hastalıkların kontrolünde yaygın olarak kimyasal fungisitler kullanılsa da, bu yöntemlerin çevre, ekosistem ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, ayrıca patojenlerde gelişen direnç sorunları, alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu kapsamda, biyolojik kontrol yaklaşımları entegre hastalık yönetiminin önemli bir bileşeni haline gelmiştir.
Biyolojik kontrol, *Bacillus, Trichoderma, Clonostachys, Streptomyces, Pseudomonas* vb. faydalı mikroorganizmaların kullanımını temel alır. Bu mikroorganizmalar, antibiyotik üretimi, besin ve alan rekabeti, mikoparazitizm, uçucu organik bileşik sentezi, lipopeptid üretimi ve indüklenmiş sistemik direnç (ISR) gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla patojenleri baskılamakta ve bitki savunma sistemlerini güçlendirmektedir. Yapılan araştırmalar, söz konusu biyolojik kontrol ajanlarının *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani* ve *Phytophthora cactorum* gibi önemli çilek patojenlerine karşı etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, hasat sonrası dönemde *Bacillus* ve antagonistik fungus içeren preparatların meyve çürümelerini azalttığı ve kimyasal kalıntı riskini önlediği bildirilmiştir.
Sonuç olarak, biyolojik kontrol ajanları çilek hastalıklarının yönetiminde yalnızca patojenleri baskılamakla kalmayıp bitki sağlığını da iyileştirmektedir. Biyolojik kontrol yöntemleri, sürdürülebilir ve kalıntısız üretim hedefleri doğrultusunda önemli bir potansiyel taşımakla birlikte, bu potansiyelin tam olarak değerlendirilebilmesi için mikrobiyal stabilite, sinerjik etkileşimler ve etki mekanizmaları üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.
Anahtar kelimeler: Biyokontrol ajanlar, Çilek, Fungal patojenler, Sürdürülebilir tarım, Antagonistik etki.

BIOLOGICAL APPROACHES TO THE CONTROL OF FUNGAL PATHOGENS IN STRAWBERRY CULTIVATION

ABSTRACT
Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) is a perennial plant belonging to the group of berry fruits. It is an economically important fruit worldwide, both for fresh consumption and as a raw material in the food industry. However, diseases caused by fungal pathogens lead to significant yield and quality losses in production.

In particular, pathogens such as *Botrytis cinerea* (gray mold), *Phytophthora fragariae*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, and *Pythium* spp. cause serious infections in strawberry cultivation, resulting in reduced yield and fruit quality. Although chemical fungicides are widely used for the control of these diseases, their negative effects on the environment, ecosystem, and human health, as well as the emergence of pathogen resistance, have necessitated the development of alternative control strategies. In this context, biological control approaches have become an important component of integrated disease management.
Biological control is based on the use of beneficial microorganisms such as *Bacillus*, *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Streptomyces*, and *Pseudomonas*. These microorganisms suppress pathogens and strengthen plant defense systems through various mechanisms, including antibiotic production, competition for nutrients and space, mycoparasitism, synthesis of volatile organic compounds, lipopeptide production, and induced systemic resistance (ISR). Studies have shown that these biological control agents are effective against major strawberry pathogens such as *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, and *Phytophthora fragariae*. Furthermore, postharvest applications of preparations containing *Bacillus* and antagonistic fungi have been reported to reduce fruit decay and eliminate the risk of chemical residues.
In conclusion, biological control agents not only suppress pathogens but also improve overall plant health in the management of strawberry diseases. While biological control methods hold great potential for achieving sustainable and residue-free production, further research is needed on microbial stability, synergistic interactions, and molecular mechanisms of action to fully realize this potential.
Keywords: Biocontrol agents, Strawberry, Fungal pathogens, Sustainable agriculture, Antagonistic effect.

GİRİŞ

Üzümsü meyveler grubunda yer alan çilek (*Fragaria × ananassa Duch.*), Rosaceae familyasının *Fragaria* cinsine ait, çok yıllık bir bitki türüdür. Kültüre alınma geçmişi oldukça eski olan çilek, geniş ekolojik adaptasyon yeteneği, kendine özgü tat ve aroması, yüksek pazar değeri ve diğer birçok meyvenin üretilmediği dönemlerde üretilebilmesi sayesinde, üzümsü meyveler arasında yaygın olarak yetiştirilen tür konumuna gelmiştir. Anavatanı Kuzey ve Güney Amerika olan çilek, genellikle ılıman iklim koşullarında, iyi bir drenaja sahip ve organik maddece zengin topraklarda yetiştirilmektedir. İçerdiği besin değerleri açısından oldukça zengin bir yapıya sahip olan çilek; A, B ve C vitaminleri ile kalsiyum, demir ve fosfor gibi mineraller bakımından önemli bir kaynaktır. Bununla birlikte, karotenoidler, fenolik bileşikler, flavonoidler ve antosiyaninler gibi ikincil metabolitleri içermesi, çileği güçlü bir doğal antioksidan haline getirmektedir.
Çilek, yalnızca taze tüketim amacıyla değil, aynı zamanda gıda endüstrisinin farklı kollarında da kullanılmaktadır. Dondurulmuş gıdalar, reçel ve marmelatlar, meşrubatlar, süt ve süt ürünleri, kurutulmuş meyve olarak, şekerleme ve pastacılık ürünleri, çileğin değerlendirildiği başlıca sanayi alanlarını oluşturmaktadır. FAO (2023) verilerine göre, Çin 3.389.620 tonluk üretimle dünya çilek üretiminde ilk sırada yer alırken, ABD 1.250.100 ton, Mısır 731.145 ton ve Türkiye 676.818 ton üretim ile önde gelen üretici ülkeler arasında bulunmaktadır. Türkiye'de çilek üretimi, 2024 yılı itibarıyla 19.651 hektar alanda 606.254 ton olarak gerçekleşmiştir. Son 15 yılda üretim miktarının yaklaşık iki kat artış göstermesi, çileğin ülkemiz tarımı açısından ekonomik önemini giderek artırmıştır. En yüksek üretim düzeyi 2022 yılında 728 bin ton olarak kaydedilmiştir. Türkiye'de çilek yetiştiriciliği ağırlıklı olarak Antalya, Aydın, Mersin, Bursa, Karaman ve Konya illerinde yoğun olarak yapılmaktadır.

Her tarımsal üretim sisteminde olduğu gibi çilek yetiştiriciliğinde de üretimi sınırlandıran ve olumsuz etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler bitkide hem kalite hem de verim üzerinde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Toprak kökenli hastalıklar, yaprak ve meyve hastalıkları, zararlılar, yabancı otlar üretimi olumsuz etkileyen bitki hastalıkları verim ve kalite üzerinde önemli sorunlara yol açmaktadır. Yabancı otlar, zararlılar ve özellikle fungal patojenler, Yapılan araştırmalar, çilek bitkisinde yaprak, meyve, kök ve kök boğazı enfeksiyonlarının ekonomik ölçüde zarara yol açtığını göstermektedir.
Yeşil aksam hastalıklarının başlıcaları arasında Kurşuni Küf (*Botrytis cinerea*), Külleme (*Podosphaera aphanis*), Yaprak Leke Hastalığı (*Mycosphaerella fragariae*) ve Antraknoz (*Colletotrichum* spp.) bulunmaktadır. Toprak kökenli fungal etmenler ise kök ve kök boğazı çürüklüklerine neden olan *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora fragariae*, *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp. ve *Fusarium* spp. olarak bildirilmektedir. Bu patojenler, üretimde önemli verim düşüşlerine yol açarak, sürdürülebilir çilek yetiştiriciliğinin önündeki en önemli engellerden birini oluşturmaktadır.

ETMENLERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Botrytis cinerea (Gri Küf)

Botrytis cinerea (Pers.: Fr.) çilek meyvelerinde yaygın olarak "gri küf" hastalığına neden olur. *B. cinerea*'nın morfolojik yapısı gri renkli, pamuksu miselyumlarla karakterizedir; konidiler oval ya da elipsoidal şekilli olup 8–12 µm boyutlarındadır (Coy et al., 2025). Taksonomik olarak Ascomycota şubesinde, Leotiomycetes sınıfı ve Helotiales takımı Sclerotiniaceae familyası içerisinde yer alır. Fungusun enfeksiyon süreci, genellikle çiçek ve meyve yüzeyinde başlar ve yüksek nem koşullarında hızla ilerler. Mikroskobik analizler, patojenin özellikle stoma bölgelerinden dokuya penetrasyon sağladığını göstermektedir (Coy et al., 2025). Özellikle nemli ve serin hava koşullarında aktif hale gelir. Hastalık, meyve yüzeyinde kahverengi lekelerle başlar ve kısa sürede tüm meyveyi kaplayan gri spor kütleleriyle sonuçlanır. Etkili hava sirkülasyonu ve uygun dikim mesafeleri, hastalığın önlenmesinde önemli rol oynar.

Fusarium oxysporum

Fusarium oxysporum Schltdl. kök ve taç çürüklüğüne neden olan toprak kökenli bir patojendir. Ascomycota şubesi Hypocreales takımı Nectriaceae familyasına ait olan bu patojen, toprakta uzun süre canlı kalabilir. Mikroskobik olarak, hifleri septalıdır ve makrokonidileri orak şeklinde, mikrokonidileri ise oval yapıdadır (Isaza et al., 2019). Bu fungus, ksilem dokularını kolonize ederek su iletimi bozar ve bitkide solgunluk, gelişme geriliği, köklerde kahverengileşme, yapraklarda sararma ve bitki gelişiminde durgunluk ile karakterizedir ve erken ölüm belirtilerine yol açar. *F. oxysporum*'un taksonomik çeşitliliği oldukça fazladır ve farklı konukçu bitkilere uyum sağlamış özel formlar (*forma specialis*) bulunur. Özellikle sürekli çilek yetiştirilen alanlarda görülme riski yüksektir.

Rhizoctonia solani

Rhizoctonia solani Kühn özellikle genç fidelerde kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan bir patojendir. Taksonomik olarak Basidiomycota şubesinde, Cantharellales takımı Ceratobasidiaceae familyası içerisinde yer alır. Morfolojik olarak, miselyumları kahverengimsi renkte ve septalıdır (Aysan, 2019). Fungus, toprakta sklerotial yapılar oluşturarak uzun süre canlılığını sürdürebilmektedir. Çilek üretim alanlarında yüksek nem ve sıcaklık koşullarında hızlı gelişim gösterir ve fidelerin kök sistemlerinde belirgin çürüklükler oluşturur (Van de Weg et al., 1996).

***Colletotrichum* spp.**

Colletotrichum türleri, çileklerde antraknoz hastalıklarının başlıca nedenidir. En yaygın türler *C. acutatum*, *C. gloeosporioides* ve *C. fragariae*'dir. Bu etmenler *Ascomycota* şubesinde, Glomerellales takımı Glomerellaceae familyasında yer alır. Morfolojik olarak, konidiler eliptik ve renksizdir, kısa konidioforlar üzerinde gelişir; çilek meyvelerinde koyu renkli nekrotik lekeler oluştururlar. *Colletotrichum* spp. hem nekrotrofik hem de hemibiyotrofik yaşam tarzına sahip olup, bitki yüzeyine yapışarak appressorium adı verilen özel yapılarla penetrasyon gerçekleştirirler. Bu özellikleri, onları diğer yüzey patojenlerinden ayırmaktadır (Isaza et al., 2019).

Phytophthora cactorum

Phytophthora cactorum, çilek bitkilerinde kök ve taç bölgesinde ciddi çürüklüklere yol açan bir oomycete türüdür. Bu organizma taksonomik olarak, Oomycota şubesi Peronosporales takımı ve Peronosporaceae familyasında sınıflandırılır. Moleküler analizler, bu türün yüksek düzeyde genetik varyasyon sergilediğini ve konukçuya özgü ırk farklılıkları geliştirdiğini ortaya koymuştur (Adams et al., 2020). Suyla taşınan çift kamçılı zoosporları sayesinde nemli ortamlarda hızla yayılabilir. Hastalık, bitkinin kök bölgesinde kahverengileşme ve taç kısmında yumuşama ile başlar; ilerleyen aşamalarda bitki tamamen solar. Özellikle drenajı zayıf topraklarda görülme sıklığı artar. Biyolojik mücadelede kullanılan bazı kök bakterileri, hastalığın yayılımını önemli ölçüde azaltabilmektedir (Özyılmaz ve ark, 2019).

***Verticillium* spp.**

Verticillium albo-atrum ve V. dahliae türleri, çilek bitkilerinde solgunluk hastalığına neden olan toprak kökenli mantarlardır. Ascomycota şubesine ve Plectosphaerellaceae familyasına ait olan bu patojenler, bitkinin iletim demetlerine yerleşerek su ve besin taşınmasını engeller. Hastalık, yapraklarda solma, kenarlarda kahverengileşme ve genel gelişim geriliği ile kendini gösterir. Solarizasyon gibi kültürel yöntemler, hastalığın kontrolünde etkili olabilir (Anonim, 2019).

Macrophomina phaseolina

Macrophomina phaseolina, sıcak ve kurak koşullarda çilek bitkilerinde kömür çürüklüğüne neden olur. Ascomycota şubesine ve Botryosphaeriaceae familyasına ait olan bu fungus, mikrosklerot adı verilen koyu renkli yapılarla tanımlanır. Hastalık, kök ve taç bölgesinde siyahlaşma ve kabuk dokusunun bozulması ile kendini gösterir. Özellikle yaz aylarında stres altındaki bitkilerde yayılımı artar.

***Pythium* spp.**

Pythium türleri, çilekte saçak köklerin çürümesine neden olan oomycete grubundandır. Oomycota şubesine ve Pythiaceae familyasına ait olan bu patojenler, yuvarlak sporangiumlar ve hareketli zoosporlar ile tanımlanır. Hastalık, köklerin siyahlaşması ve bitkinin su alımının engellenmesiyle gelişir. Özellikle oksijen seviyesi düşük, suya doygun topraklarda yaygındır.

Mycosphaerella fragariae

Bu fungus toprakta sklerotlar şeklinde kışlar. *M. fragariae* , ince ostiole sahip küresel (100-150 µm) ve siyah renkli peritesyumlar oluşturarak çoğalır. Peritesyumlar içinde, 8 adet spor içeren silindirik askuslar (30-40 x 10-15 µm) bulunur. Askosporları (12-14 x 3-4 µm) hiyalindir ve iki adet hücreye sahiptir (Maas, 1998). Etmen üst yapraklarda yuvarlak koyu erguvani lekeler olarak görülür. Bu lekeler meyvelerde, meyve salkımlarında, yaprak saplarında ve sürgünlerde de gelişebilir.

Yaşlı yapraklarda, lekelerin merkezi açık kahverengi veya griden beyaza, kenarları kırmızımsı mordan paslı kahverengiye döner, genç yapraklarda lezyonlar açık kahverengi kalır.

Podosphaera aphanis

Podosphaera aphanis (Wallr.) Braun & Takamatsu, Ascomycota şubesine bağlı, Leotiomycetes sınıfında yer alan, Erysiphales takımı ve *Erysiphaceae* familyasına ait bir fungus türüdür. *Podosphaera* cinsine ait bu etmenin karakteristik belirtisi, bitki yüzeyinde beyazımsı-gri renkli, toz şeklinde bir miselyum tabakasının oluşmasıdır. Fungus, konukçu epidermisine haustorium adı verilen emici yapılar aracılığıyla nüfuz ederek bitki özsuyunu kullanır. Dik ve renksiz konidioforları ve tek hücreli konidiler bulunur. Fungusun eşeyli çoğalma yapısı olan cleistotesyumlar genellikle birkaç askus içerir ve her askusta 6–8 adet askospor bulunur. *P. aphanis*'in gelişimi ılıman sıcaklık ve yüksek nem koşullarında hızla artar; bu nedenle özellikle örtü altı yetiştiriciliğinde hastalık daha yoğun görülür. Etmenin tanılanmasında konidilerin şekli, boyutları ve kleistotesyum yapılarının mikroskobik incelemeleri temel kriterler arasında yer almaktadır (Çetinel ve Onoğur, 2013; Pırlak, Gündoğdu ve Aydın, 2021).

BİYOLOJİK MÜCADELE VE ETKİ MEKANİZMALARI

Bitki hastalıklarıyla biyolojik mücadele çalışmaları 1920'li yıllarda araştırılmaya başlanmıştır. *Streptomyces scabies* patates uyuzu hastalığının yeşil gübre kullanımıyla baskılanması önemli bir başlangıç olarak bilinmektedir (Stanford, 1926). Biyolojik mücadele, tarımsal üretimde zararlı organizmaların kontrol altına alınmasında çevre dostu ve sürdürülebilir bir yöntem olarak büyük öneme sahiptir. Çilek tarımında, kimyasal pestisitlerin uzun süre kullanımı ve neden olduğu kalıntı sorunları, çevresel kirliliğe ve patojenlerde direnç gelişimine yol açması, çevresel riskler ve direnç gelişimi gibi olumsuzluklar nedeniyle biyolojik kontrol yaklaşımları sürdürülebilir hastalık yönetiminde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu yöntemde, bitki patojenlerine karşı doğal düşman olarak görev yapan mikroorganizmalar (funguslar, bakteriler, mikorizal organizmalar) kullanılarak hastalık baskılanması hedeflenmektedir. Biyolojik kontrol, patojenlerin gelişimini baskılamak ile birlikte bitki savunma sistemlerini güçlendiren faydalı mikroorganizmaların (örneğin *Bacillus*, *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* ve antagonistik maya türleri) kullanılması esasına dayanır (Yao et al., 2023). Biyolojik ajanlar hem doğrudan patojenleri etkileyerek hem de bitki savunma sistemlerini aktive ederek hastalıkların yayılımını azaltmaktadır. Patojen ve antagonist mikroorganizma arasındaki etkileşimin bilinmesi biyolojik mücadelenin başarısı için en önemli parametrelerden biridir. Bu mikroorganizmalar, çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalar aracılığıyla çilek bitkisini koruma altına alır (Turhan ve Demir, 2013).

1. Besin ve Alan Rekabeti

Rekabet iki veya daha fazla organizmanın aynı besin, oksijen ya da ortam için savaşması olarak tanımlanabilir. Biyo-kontrol ajanları, patojenlerle aynı ekolojik niş içinde yaşayarak besin ve yaşam alanı açısından rekabet oluşturur. Bir biyolojik kontrol ajanı ortamdaki besini kullanmak için daha etkili bir beslenme mekanizmasına sahip ise ortamdaki besinleri alır ve patojenin ihtiyacı olan besinleri almasını engellemiş olur. Sonuçta patojen yetersiz besin yüzünden ölür (Bora ve Özaktan, 1998). Örneğin, *Pseudomonas*'ların üretmiş olduğu sideroforlar ile *Fusarium* türlerinin klamidosporlarının çimlenmesini ve gelişmesini engellemektedir (Elad ve Baker, 1985; Scher ve Baker, 1982) Özellikle rizosferde aktif olarak kolonize olan *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi bakteriler, bitki kök yüzeyini kaplayarak patojenlerin kök dokularına tutunmasını engeller.

Bu rekabet, özellikle *Phytophthora fragariae* ve *Fusarium oxysporum* gibi toprak kökenli etmenlerin enfeksiyonunu sınırlamada etkilidir (Xie et al., 2022). Bazı türler ayrıca demir gibi sınırlı besin elementlerini bağlayan sideroforlar üretir; bu da patojenin büyümesini dolaylı olarak baskılar (Zeriouh et al., 2022).

2. Antibiosis

Patojen bir mikroorganizmanın gelişiminin başka bir mikroorganizma tarafından ürettiği çeşitli enzim ve metabolitlerle baskılanıp yıkıma uğratması olayıdır (Bora ve Özaktan, 1998). *Bacillus*, *Streptomyces* ve *Pseudomonas* türleri tarafından üretilen lipopeptidler (iturin, surfaktin, fengisin) ve uçucu organik bileşikler, çilek patojenlerinin hücre duvar yapısını bozarak gelişimlerini durdurur. *Bacillus amyloliquefaciens*'in ürettiği surfaktin bileşiğinin, *Botrytis cinerea*'ya karşı misel büyümesini %80 oranında baskıladığı bildirilmiştir (Zeriouh et al., 2022). Benzer şekilde, *Trichoderma harzianum* tarafından salgılanan kitinaz ve glukanaz enzimleri, *Rhizoctonia solani* ve *Colletotrichum acutatum* gibi etmenlerin hücre duvarlarını parçalayarak enfeksiyonu önlemektedir. *Trichoderma* spp. tarafından üretilen gliotoksin ve viridin gibi bileşikler patojenlerin hücre duvarlarını parçalamaktadır.

3. Mikoparazitizm

Bazı biyokontrol fungusları, patojenlerin hiflerine doğrudan saldırarak mikoparazit davranışı sergilemektedir diğer bir ifadeyle biyokontrol ajanının patojenin hifleriyle beslenmesi olarak tanımlanmaktadır. *Trichoderma* spp. miselleri, patojen hiflerine temas ettiğinde spiralleşme gösterir, ardından kitinaz ve proteaz gibi enzimler salgılayarak hücre duvarını parçalar ve patojeni öldürür (Yao et al., 2023). Çilek yetiştiriciliğinde bu mekanizma özellikle *Rhizoctonia solani* ve *Phytophthora* spp. kaynaklı kök çürüklüklerinin baskılanmasında etkin bir rol oynamaktadır. Mikoparazitizm, aynı zamanda bitki rizosferinde uzun süreli bir biyolojik denge oluşturarak yeniden enfeksiyon riskini azaltır.

4. Hiperparazitizm

Biyolojik mücadele etmeninin patojen fungus üzerinde beslenmesi olarak tanımlanmaktadır. Antagonist mikroorganizma hiflerini patojen mikroorganizma hiflerine sararak üretmiş olduğu enzim ile zayıflatıp yıkıma uğratmaktadır (Bora ve Özaktan, 1998). Örneğin, tipik olarak *Coniothyrium minitans* adlı fungus, *Sclerotinia sclerotiorum*'un sklerotlarını enfekte ederek patojenin spor biçimlenmesini engeller ve böylece hastalığın yayılımını sınırlandırmaktadır (Pal & McSpadden Gardener, 2006; Parratt & Laine, 2016).

5. İndüklenmiş Sistemik Direnç (ISR)

Bazı biyokontrol ajanları doğrudan patojeni hedef almak yerine bitkinin savunma sistemlerini çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerle harekete geçirmektedir. İndüklenmiş sistemik direnç (ISR), bitkilerin bazı faydalı rizosfer mikroorganizmalarıyla özellikle *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Trichoderma* türleriyle etkileşime girmesi sonucunda aktive olan, savunma temelli bir fizyolojik durumdur. Bu mekanizma, bitkinin doğrudan bir patojen saldırısına uğramadan önce savunma yanıtlarını "hazır konuma" getirmesini sağlar. ISR, bitki bünyesinde salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA) ve etilen (ET) sinyal yollarının karmaşık etkileşimiyle düzenlenir ve bu sayede patojenin girişini engelleyen fiziksel ve kimyasal bariyerlerin güçlenmesini tetikler. *Pseudomonas fluorescens* ve *Trichoderma asperellum*, kök bölgesinde kolonize olduktan sonra bitkide jasmonik asit (JA) ve etilen (ET) sinyal yollarını aktive ederek "indüklenmiş sistemik direnç" (ISR) oluşturur (Yao et al., 2023). Bu durumda çilek bitkisi, patojenle temas etmeden önce bile savunma genlerini aktive eder.

ISR mekanizmasının etkinliği, özellikle *Botrytis cinerea*'nın neden olduğu gri küf hastalığına karşı direnç kazandırmada önemli bir koruma stratejisidir. ISR'nin en belirgin özelliği, doğrudan patojen öldürücü etki göstermemesi, bunun yerine bitkinin kendi savunma genlerini uyararak kalıcı bir direnç yanıtı oluşturmasıdır. Örneğin *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi rizobakterilerin, çilek bitkisinde *Botrytis cinerea* kaynaklı gri küf enfeksiyonlarına karşı ISR yoluyla koruma sağladığı çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Jetiyanon & Kloepper, 2002). Bu durum, biyolojik mücadele stratejilerinde ISR'nin yalnızca patojen baskılama aracı değil, aynı zamanda bitki bağışıklığını uyararak bütüncül bir koruma sağlayan önemli bir biyolojik süreç olduğunu göstermektedir.

6. Çapraz Koruma (Cross-Protection)

Çapraz koruma, bir bitkinin aynı türün daha virulent (hastalık yapıcı) suşlarına karşı korunmasını sağlayan, önceden zayıf veya avirulent bir patojen suşu ile enfekte edilmesi sonucu gelişen biyolojik bir savunma mekanizmasıdır. Bu olay, bitki bağışıklık sisteminin bir tür "hafıza tepkisi" gösterdiğini ortaya koyar. Mekanizma, bitkinin daha önce tanıdığı patojene karşı savunma yollarını yeniden aktive etmesiyle çalışır ve böylece sonraki enfeksiyonlara karşı sistemik bir direnç gelişir (Zhou & Teraoka, 2008). Çapraz koruma, özellikle fungal ve viral patojenlere karşı etkili bir biyolojik koruma yöntemi olarak dikkat çekmektedir. *Colletotrichum* türleriyle yapılan çalışmalarda, zayıf suşlarla yapılan ön inokülasyonun, çilek bitkilerinde *Colletotrichum acutatum*'un neden olduğu antraknoz hastalığına karşı belirgin koruma sağladığı bildirilmiştir (Horinouchi et al., 2008). Bu bulgular, çapraz korumanın, kimyasal fungisitlerin yerini alabilecek çevre dostu bir alternatif olarak, entegre hastalık yönetimi stratejilerinde değerlendirilebileceğini göstermektedir.

ÇİLEK HASTALIKLARINA KARŞI YAPILMIŞ BİYOLOJİK MÜCADELE ÇALIŞMALARI

Çilek tarımı, Türkiye'de hem iç tüketim hem de ihracat açısından önemli bir yere sahiptir. Ancak çilek yetiştiriciliğinde karşılaşılan fungal kaynaklı hastalıklar, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cactorum*, *Rhizoctonia solani, Macrophomina phaseolina* ve *Pythium* spp. gibi etmenler nedeniyle üretimde ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu patojenler ile mücadelede kullanılan biyolojik mücadele etmenleri; kimyasal pestisitlerin kalıntı problemleri, çevre, insan sağlığı ve ekosisteme olan etkileri ayrıca patojenlerin kimyasallara karşı geliştirdiği direnç problemleri nedeniyle, biyolojik mücadelede alternatif bir çözüm olarak görülmektedir. Bu hastalıklar arasında *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora cactorum*, *Macrophomina phaseolina* ve *Botrytis cinerea* gibi patojenler öne çıkmaktadır.

Biyolojik kontrol uygulamalarında farklı mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Bu mikroorganizmalar arasında *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Pseudomonas* spp., *Clonostachys rosea, Streptomyces* spp. ve çeşitli biyolojik mücadele etmenleri başı çekmektedir. Korkom ve Yıldız, (2020), yaptıkları bir çalışmada *Trichoderma* izolatlarının ikili kültür ve uçucu bileşiklerin etkisinin *Macrophomina phaseolina*'nın koloni gelişimini azalttığını, bütün Trichoderma izolatlarının hiperparizit olduğu bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada *Bacillus subtilis* ve *Bacillus amyloliquefaciens* suşlarının, çilek bitkilerinde *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı etkili olduğu; bu suşların ürettikleri iturin, surfaktin ve fengisin gibi lipopeptidlerin patojenlerin hif gelişimini engellediği bildirilmiştir (Yang et al., 2024). Yapılan bir çalışmada *Rhizoctonia solani* ve *Phytophthora cactorum*'a karşı *Pseudomonas fluorescens* biyotip F izolatları tanımlamıştır. Bu izolatlar, proteaz, fosfataz, HCN, siderofor, yüzey aktif madde ve 2,4-DAPG üretme yetenekleriyle dikkat çekmiş ayrıca verim artışı yönünde de olumlu etkiler gözlenmiştir (Özyılmaz, 2007).

Botrytis cinerea kaynaklı kurşuni küf hastalığına karşı fluorescent *Pseudomonas* izolatları ticari biyo fungisitlerden daha etkili bulunmuş ve biyolojik mücadelede yerel mikrofloranın önemini ortaya koymuştur (Çelik, 2011: Çelik ve Yıldız, 2021).

Benzer şekilde, *Trichoderma harzianum* ve *T. viride* türlerinin *Botrytis cinerea*'ya karşı %70'in üzerinde koruma sağladığı, ayrıca meyve yüzeyinde kolonizasyon oluşturarak patojenin girişini engellediği tespit edilmiştir (Cota et al., 2008). *Trichoderma* türleri, mikoparazitizm, antibiyoz, rekabet ve bitkide indüklenmiş sistemik direnç oluşturma gibi çok yönlü mekanizmalarla etki göstermektedir (Howell, 2003). *Trichoderma asperellum*'un çilek kök bölgesinde kolonizasyon sağlayarak patojenlerin penetrasyonunu engellediği, ayrıca bitkide savunma genlerinin ekspresyonunu artırdığı moleküler düzeyde kanıtlanmıştır (Vinale et al., 2020).

Yapılan diğer çalışmalar, biyokontrol ajanlarının yalnızca patojen baskılamasında değil, aynı zamanda bitki büyüme parametrelerinin artırılmasında da etkili olduğunu ortaya koymaktadır. *Pseudomonas fluorescens* suşlarının çileklerde hem *Phytophthora fragariae* enfeksiyonunu azalttığı hem de kök gelişimini teşvik ettiği bildirilmiştir (Van Loon et al., 1998: Agusti et. Al., 2011). Ayrıca bu bakterilerin bitkilerde indüklenmiş sistemik direnç (ISR) mekanizmasını aktive ederek, savunma ilişkili enzimlerin (peroksidaz, polifenol oksidaz, fenilalanin amonyum liyaz) aktivitesini artırdığı belirlenmiştir (Jetiyanon & Kloepper, 2002). Bu durum, biyolojik ajanların patojen baskılamasının ötesinde bitki savunma sistemlerini güçlendirdiğini göstermektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, *Clonostachys rosea*'nın *Botrytis cinerea* ve *Colletotrichum acutatum*'a karşı etkili bir antagonist olduğunu ortaya koymuştur. Bu fungus, konidiaların çimlenmesini engelleyerek ve hif yüzeyinde lizis oluşturarak hiperparazitizm göstermektedir (Chen et al., 2018). Benzer biçimde, *Metschnikowia pulcherrima* ve *Candida sake* gibi antagonist mayalar, çilek meyvelerinde hasat sonrası çürüklükleri önemli oranda azaltmıştır (Liu et al., 2022). Bu mikroorganizmaların meyve yüzeyinde besin rekabeti ve siderofor üretimi yoluyla patojenleri baskıladığı bildirilmiştir. *Macrophomina phaseolina* kaynaklı kömür çürüklüğü hastalığına karşı *Trichoderma afroharzianum*, *T. guizhouense* ve *T. harzianum* türlerinin selülaz, kitinaz ve siderofor üretimiyle hem patojen baskılamış hem de bitki gelişimini teşvik etmiştir (Korkom, 2022). Yapılan bir çalışmada *Rhizoctonia* spp. ve *Trichoderma* spp. izolatları elde edilmiştir. *Trichoderma harzianum*, *T. spirale*, *T. gamsii* ve *T. atroviride* türleri %82.35'e varan hastalık baskılaması sağlamıştır (Erdurmuş, 2023).

Türkiye'de yürütülen bazı araştırmalarda ise, arbusküler mikorizal mantarların (AMF) da biyolojik kontrol sürecine katkı sağladığı belirlenmiştir. *Glomus intraradices* ve *Rhizophagus irregularis* gibi türlerin çilek bitkilerinde *Fusarium oxysporum* kaynaklı kök çürüklüğüne karşı koruyucu etki gösterdiği, aynı zamanda bitki beslenmesini ve su alımını artırdığı rapor edilmiştir (Demir et al., 2023). *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Glomus mosseae* ve *Trichoderma harzianum*'un AMF türleri %31-66 oranında kök kolonizasyonu sağlamış, hastalık baskılama oranları ise %9.09-91 arasında değişmiştir. Ayrıca bitki gelişim parametrelerinde ve besin element içeriklerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Bu çalışmalar, biyokontrol ajanlarının tek başına değil, simbiyotik etkileşimler yoluyla da çilek sağlığını desteklediğini ortaya koymaktadır.

Ancak biyolojik mücadele uygulamalarının etkinliği çevresel koşullara, ajanların formülasyonuna ve uygulama yöntemlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, son dönem araştırmalar çoklu biyokontrol ajanlarının kombinasyonu, nano formülasyon teknolojileri ve mikrobiyal kapsülleme yöntemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Örneğin, *Bacillus subtilis* ve *Trichoderma harzianum*'un birlikte uygulanmasının, tek başına kullanımına göre daha yüksek antifungal etki sağladığı belirlenmiştir. Bu sinerjistik uygulamalar, hem hastalık kontrolünü artırmakta hem de bitki büyümesini teşvik etmektedir.

Sonuç olarak, çilek hastalıklarına karşı biyolojik mücadele yöntemleri, sürdürülebilir tarım uygulamalarının merkezinde yer almaya başlamıştır. Bu yöntemlerin etkinliğini artırmak için yerel mikroflora ile uyumlu suşların seçimi, çevre koşullarına dayanıklı formülasyonların geliştirilmesi ve biyokontrol ajanlarının genetik karakterizasyonunun yapılması büyük önem taşımaktadır. Biyoteknolojik yaklaşımların entegrasyonu ile gelecekte çilek üretiminde kimyasal bağımlılığın azaltılması ve ekosistem dostu üretim sistemlerinin yaygınlaştırılması mümkün olacaktır.

SONUÇ

Çilek üretiminde fungal kaynaklı hastalıklar hem verim hem de ürün kalitesi açısından ciddi ekonomik kayıplara neden olarak üretimin sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Kimyasal fungisitlerin uzun süreli ve yoğun kullanımı; çevresel kirlilik, toprak biyotasının dengesinin bozulması ve patojen popülasyonlarında direnç gelişimi gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu durum, çevre dostu ve sürdürülebilir alternatiflerin gerekliliğini ortaya koymuş, biyolojik mücadele yöntemlerini tarımsal üretimde önemli bir konuma taşımıştır.

Çilek hastalıklarıyla mücadelede biyolojik kontrol uygulamaları, sadece patojen baskılanmasını değil, aynı zamanda bitki fizyolojisinin güçlendirilmesini de sağlamaktadır. Özellikle *Trichoderma* ve *Bacillus* türlerinin bir arada kullanıldığı kombinasyon stratejileri, sinerjik etki oluşturarak patojen gelişimini azaltmakta ve kimyasal bağımlılığı düşürmektedir. Bu yaklaşımların daha geniş alanlarda tarla koşullarında uygulanabilirliği, sürdürülebilir tarım için önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

Biyolojik kontrol uygulamaları, *Bacillus*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* ve *Streptomyces* gibi biyokontrol ajanları; antibiyotik üretimi, besin ve alan rekabeti, mikoparazitizm, uçucu organik bileşiklerin salınımı ve indüklenmiş sistemik direnç (ISR) oluşturma gibi mekanizmalar aracılığıyla patojenleri etkili biçimde kontrol etmektedir. Uygun uygulama zamanı, doz ve çevresel koşulların sağlanması durumunda bu mikroorganizmaların etkinliği belirgin biçimde artmakta, kimyasal pestisit kullanımına olan bağımlılık azalmaktadır.

Ancak biyolojik mücadele uygulamalarının bazı teknik ve biyolojik sınırlamaları bulunmaktadır. Mikroorganizmaların çevresel faktörlere duyarlılığı, hedef patojenlerde direnç gelişimi ve biyo preparatların üretim ve depolama süreçlerindeki zorluklar bu yöntemlerin yaygınlaşmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle, farklı biyokontrol etmenlerinin sinerjik etkileşimlerinden yararlanılan entegre mücadele stratejileri, daha kalıcı ve etkili çözümler için önemli bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Geleceğe yönelik çalışmalarda; biyokontrol ajanlarının genetik çeşitliliğinin artırılması, yerel agro ekosistemlere uygun türlerin belirlenmesi, mikrobiyal formülasyonların raf ömrünün uzatılması ve uygulama teknolojilerinin geliştirilmesi öncelikli hedefler arasında yer almalıdır. Ayrıca biyolojik mücadele yöntemlerinin yaygınlaştırılabilmesi için üretici eğitimi, saha temelli uzun dönemli araştırmalar ve yasal düzenlemelerin desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, biyolojik mücadele yaklaşımları çilek yetiştiriciliğinde yalnızca hastalık kontrolü sağlamamakta, aynı zamanda çevre dostu, sürdürülebilir ve kalıntısız üretim hedeflerinin gerçekleşmesine de katkı sunmaktadır. Dolayısıyla, geleceğin tarım sistemlerinde biyolojik kontrol yöntemleri ekolojik dengeyi koruyan, ekonomik ve sürdürülebilir üretim modellerinin temel bileşeni olmalıdır.

KAYNAKÇA

Adams, T. M., et al. (2020). Genomic investigation of the strawberry pathogen *Phytophthora fragariae*. *Plant Disease, 104*(7), 1965–1976. https://doi.org/10.1094/PDIS-20-0452

Agustí, M., Hernández, M., & Ortiz, M. (2011). Synergistic effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* against *Phytophthora fragariae* in strawberry plants. *Journal of Plant Pathology, 93*(2), 247–254.

Anonim. (2019). *Çilek yetiştiriciliğinde hastalık ve zararlılar, toprak dezenfeksiyonu uygulamaları*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yayını.

Aysan, M., Özdemir, S. K., & Erkılıç, A. (2019). Çilekte *Rhizoctonia* kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani*)'ne karşı bazı bitki aktivatörlerinin etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 16*(2), 1–10.

Bora, T., & Özaktan, H. (1998). *Bitki hastalıklarıyla biyolojik savaş*. Prizma Matbaası.

Chen, X., Zhang, Y., Fu, X., & Li, H. (2018). Biological control of postharvest gray mold of strawberry by antagonistic yeasts. *Biological Control, 119*, 59–65.

Cota, L. V., Maffia, L. A., Mizubuti, E. S. G., & Macedo, P. E. F. (2008). Biological control of *Botrytis cinerea* on strawberry leaves. *Biological Control, 45*(3), 330–340.

Coy, L. R., Garcia-Ceron, D., Mattner, S. W., Gardiner, D. M., & Gendall, A. R. (2025). Integrated assays and microscopy to study the *Botrytis cinerea–strawberry* interaction reveal tissue-specific stomatal penetration. *Horticulturae, 11*(8), 954. https://doi.org/10.3390/horticulturae11080954

Çelik, A. (2011). Çilekte kurşuni küf hastalığına karşı fluorescent Pseudomonas izolatlarının biyolojik etkinliğinin belirlenmesi [Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Çelik, B. G., & Yıldız, F. (2021). Biological control studies of gray mold disease on strawberry. *The Journal of Turkish Phytopathology, 50*(2–3), 35–44.

Çetinel, B., & Onoğur, E. (2013). Çilek küllemesi hastalığı etmeni ve mücadele olanakları üzerine son gelişmeler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 23*(1), 53–65.

Demir, S., & Turhan, G. (2013). Çilekte siyah kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani Kühn.*) hastalığına karşı bazı biyolojik mücadele elemanlarının etkileri. *Türk Biyolojik Mücadele Dergisi, 4*(2), 125–140.

Demir, S., Durak, E. D., Güneş, H., Boyno, G., Mulet, J. M., Rezaee Danesh, Y., & Porcel, R. (2023). Biological control of three fungal diseases in strawberry (*Fragaria × ananassa*) with arbuscular mycorrhizal fungi. *Agronomy, 13*(9), 2439. https://doi.org/10.3390/agronomy13092439

Elad, Y., & Baker, R. (1985). The role of competition for iron and carbon in suppression of chlamydospore germination of *Fusarium spp.* by *Pseudomonas spp.* *Phytopathology, 75*(9), 1053–1059.

Erdurmuş, D. (2023). *Çilek üretim alanlarındaki Rhizoctonia spp. izolatlarının karakterizasyonu ve hastalığa karşı Trichoderma spp. ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması* [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Horinouchi, H., Shiraishi, A., & Arie, T. (2008). Induced resistance and cross protection in strawberry against *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease, 92*(9), 1273–1278.

Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Plant Disease, 87*(1), 4–10.

Isaza, L., et al. (2019). Morphological, pathogenic and genetic diversity of *Botrytis cinerea* isolates from achenes of Andean blackberry. *Revista Brasileira de Fruticultura, 41*, e2019.

Jetiyanon, K., & Kloepper, J. W. (2002). Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. *Biological Control, 24*(3), 285–291.

Korkom, S., & Yıldız, F. (2020). Çilek üretim alanlarından izole edilen *Trichoderma* izolatlarının çilekte (*cv. Rubygem*) *Macrophomina phaseolina*'ya karşı etkinliğinin değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17*(1), 21–28. https://doi.org/10.25308/aduziraat.619308

Korkom, S. (2022). *Aydın ili tarım alanlarından elde edilen Trichoderma spp.'nin tanılanması ile çilekte kömür çürüklüğü hastalığına ve bitki gelişimine etkilerinin belirlenmesi* [Doktora tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi].

Liu, Q., Xu, Y., & Zhang, X. (2022). Postharvest biological control of gray mold on strawberries by *Metschnikowia pulcherrima*. *Food Microbiology, 101*, 103870.

Maas, J. L. (1998). *Compendium of strawberry diseases* (2nd ed.). APS Press.

Özaktan, H., Aysan, Y., Yıldız, F., & Kınay, P. (2010). Fitopatolojide biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 1*(1), 61–78.

Özyılmaz, Ü. (2007). *Aydın ilinde çilek kök hastalıklarına karşı antagonist bakterilerle biyolojik savaş* [Doktora tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Özyılmaz, Ü., & Benlioğlu, K. (2019). Çilekte kök ve taç çürüklüğü hastalığı (*Phytophthora cactorum*)'na karşı kök bakterileri ile biyolojik mücadele. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16*(1), 63–71.

Pal, K. K., & McSpadden Gardener, B. B. (2006). Biological control of plant pathogens. *The Plant Health Instructor*, 1–25.

Parratt, S. R., & Laine, A.-L. (2016). The role of hyperparasitism in microbial pathogen ecology and evolution. *The ISME Journal, 10*(8), 1815–1822.

Pırlak, L., Gündoğdu, M., & Aydın, M. (2021). Çilek yetiştiriciliğinde karşılaşılan fungal hastalıklar ve mücadele yöntemleri. *Tarım Bilimleri Dergisi, 27*(2), 55–66.

Scher, F. M., & Baker, R. (1982). Effect of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens. *Phytopathology, 72*(2), 171–176.

Turhan, G., & Demir, S. (2013). Çilekte siyah kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani Kühn.*) hastalığına karşı bazı biyolojik mücadele elemanlarının etkileri. *Türk Biyolojik Mücadele Dergisi, 4*(2), 125–140.

Van de Weg, W. E., Giezen, S., Henken, B., & den Nijs, A. P. M. (1996). A quantitative classification method for assessing resistance to *Phytophthora fragariae* var. *fragariae* in strawberry. *Euphytica, 91*, 119–125. https://doi.org/10.1007/BF00035282

Van Loon, L. C., Bakker, P. A. H. M., & Pieterse, C. M. J. (1998). Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology, 36*(1), 453–483.

Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., & Woo, S. L. (2020). *Trichoderma–plant–pathogen* interactions and their molecular basis. *Molecular Plant Pathology, 21*(3), 413–425.

Xie, R., Li, J., Zhang, Q., & Zhou, W. (2022). Biocontrol mechanisms of *Bacillus*: Improving the efficiency of green agriculture. *Microbiome Research Reviews, 1*(1), 1–20.

Yang, J., Zhang, H., & Liu, X. (2024). Biocontrol efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens* against *Fusarium solani* causing root rot in strawberry. *Microorganisms, 12*(1), 117–129.

Yang, R., Liu, P., Ye, W., Chen, Y., Wei, D., Qiao, C., Zhou, B., & Xiao, J. (2024). Biological control of root rot of strawberry by *Bacillus amyloliquefaciens* strains CMS5 and CMR12. *Journal of Fungi, 10*(6), 410. https://doi.org/10.3390/jof10060410

Yao, X., Guo, H., Zhang, K., Zhao, M., Ruan, J., & Chen, J. (2023). *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology, 14*, 1160551. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551

Zeriouh, H., Romero, D., García-Gutiérrez, L., Cazorla, F. M., & de Vicente, A. (2022). Biocontrol of fungal phytopathogens by *Bacillus pumilus*: Mechanisms and applications. *Frontiers in Microbiology, 13*, 1194606. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1194606

Zhou, Y., & Teraoka, T. (2008). Mechanisms of cross protection in plants: A review. *Journal of General Plant Pathology, 74*(4), 267–277.

ÇEŞİTLİ GERİ BESLEME YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN EKŞİ MAYALARDA LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN İZLENMESİ

Ayşe İPLİKÇİ
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
ORCID: 0009-0001-1131-7092

Doç. Dr. Talha DEMİRCİ
Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
ORCID: 0000-0003-3664-3502

ÖZET
Ekşi maya, un ve su karışımının laktik asit bakterileri (LAB) ve mayaların oluşturduğu mikrobiyal bir konsorsiyum tarafından spontan fermantasyon veya uygun starterlerin ilavesi ile fermante edilmesi sonucu meydana gelen hamurdur. Oluşan bu hamur starter olarak çeşitli fırıncılık ürünlerinin üretiminde kullanılır. Bu çalışmada, farklı geri besleme yöntemleriyle üretilen ekşi mayalarda laktik LAB gelişimi araştırılmıştır. Çalışmanın amacı, geri besleme sıklığı ve yöntemi gibi üretim parametrelerinin ekşi maya mikrobiyotasının bileşimi üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla üç farklı geri besleme yöntemi kullanarak ekşi maya örnekleri laboratuvar şartlarında hazırlanmıştır ve 9 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon süreci içerisinde her gün pH ve titrasyon asitliği (TA) değerleri ölçülmüştür ve mikrobiyolojik analizlerle LAB ve maya değişimlerinin takibi yapılmıştır. Fermantasyonun sonunda üç farklı yönteminden ikisinin başarılı olduğu görülmüştür. Başarılı görülen yani seri geri beslemeler sonunda pH'sı ilerleyen ve kabarma özelliği kazanan ekşi mayalarda metagenomik analizler ile mikrobiyota belirlenmiştir. Bu analizlerin sonucunda baskın LAB türleri *Lactiplantibacillus* ve *Levilactobacillus* türleri olarak tespit edişmiştir. Kabarmayan ekşi mayada ise baskın olan LAB türü *Pediococcus* türü olarak belirlenmiştir. Literatürde pH değerlerinin genellikle 3.4–4.9 aralığında değiştiği bildirilmiş olup, bu çalışmada elde edilen pH değerlerinin ise 3.62-3.70 arasında değiştiği görülmüştür. pH değerleri azaldıkça TA değerleri paralel olarak yükselmiştir. TA değerlerinin 9.68-11.26 arasında değiştiği görülmüştür. Bu bulgular ile geri besleme yönteminin, fermantasyon sürecindeki mikrobiyal yüke ve asitlik dinamikleri üzerine önemli bir etkisi olduğunu görülmüştür. Özellikle *Lactiplantibacillus* türünün baskın olması ekşi maya fermantasyonda olumlu bir sonuç göstergesidir. Ekşi mayalarda dominant olarak sık rastlanan *Fructilactobacillus sanfranciscensis* türü yerine bizim çalışmamızda *Lactiplantibacillus plantarum* türü baskın görülmüştür. *L. plantarum* çok sayıda küf türü dahil olmak üzere özellikle *Penicillium* türlerine karşı güçlü antifungal aktivitesi ile bilindiği için bu ekşi mayaların ekmek yapımında kullanılması avantajlı olacaktır.
Anahtar Kelime: *ekşi maya, laktik asit bakteri, geri besleme, fermantasyon*

MONITORING OF LACTIC ACID BACTERIA IN SOURDOUGHS PRODUCED BY DIFFERENT BACKSLOPPING METHODS

ABSTRACT
Sourdough is a type of dough produced through the spontaneous fermentation of a flour–water mixture by a microbial consortium composed of lactic acid bacteria (LAB) and yeasts, or by the addition of appropriate starter cultures. This fermented dough is used as a natural starter in the production of various bakery products. In this study, the development of lactic acid bacteria in sourdoughs produced using different backslopping methods was investigated.

The aim of the study was to evaluate the effect of production parameters, such as backslopping frequency and method, on the composition of the sourdough microbiota. For this purpose, sourdough samples were prepared under laboratory conditions using three different backslopping methods and subjected to fermentation for nine days. Throughout the fermentation period, daily measurements of pH and titratable acidity (TA) were performed, and microbiological analyses were conducted to monitor changes in LAB and yeast populations. At the end of the fermentation period, two of the three backslopping methods were found to be successful. In the successful sourdoughs, characterized by a progressive decrease in pH and the development of leavening ability, the microbiota was determined through metagenomic analyses. The dominant LAB genera in these sourdoughs were identified as *Lactiplantibacillus* and *Levilactobacillus*. In contrast, *Pediococcus* was found to be the dominant LAB genus in the sourdough that failed to develop leavening ability. According to the literature, pH values of sourdoughs typically range between 3.4 and 4.9, which is consistent with the pH values obtained in this study (3.62–3.70). As the pH decreased, TA values increased correspondingly, ranging from 9.68 to 11.26. These findings indicate that the backslopping method has a significant impact on microbial load and acidification dynamics during fermentation. Another notable result of this study is that, unlike many previous studies reporting *Fructilactobacillus sanfranciscensis* as the dominant LAB species in sourdough ecosystems, *Lactiplantibacillus plantarum* was identified as the predominant species. *L. plantarum* is known for its strong antifungal activity against a wide range of molds, particularly *Penicillium* species. Therefore, the use of these sourdoughs in bread production may offer technological advantages by contributing to extended shelf life and improved product safety.

Keywords: sourdough, lactic acid bacteria, backslopping, fermentation, *Lactiplantibacillus plantarum*

YURT İÇİ ASGARİ KURUMLAR VERGİSİ VE VERGİLEMENİN FİSKAL FONSİYONU

Dr. Yiğit YILDIZ
Vergi Müfettişi, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Risk Analizi Genel Müdürlüğü
ORCID: 0000-0001-7797-8240

Doç. Dr. Mustafa Göktuğ KAYA
Vergi Başmüfettişi, Hazine ve Maliye Bakanlığı Vergi Denetim Kurulu Başkanlığı
İKSAD İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Enstitüsü) Yüksek Komisyon Üyesi
ORCID: 0000-0003-4124-4733

Doç. Dr. Perihan Hazel KAYA
Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü
ORCID: 0000-0002-9878-4194

Özet
02.08.2024 tarihli 32620 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak 01.01.2025 tarihinden itibaren yürürlüğe giren ve 7524 sayılı Kanun ile pek çok vergisel düzenlemeye hayat verilmektedir. Bu vergisel düzenlemelerden en dikkat çekicilerinden birisi ise 5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanununa (KVK), 32/C maddesi eklemek suretiyle ile hüküm ifade edecek olan "yurt içi asgari kurumlar vergisi" müessesesidir. Söz konusu uygulama ile mali idare, vergi indirimi ve vergi istisnası gibi vergi harcamalarından yararlandığı için fiili vergi yükü görece düşük kalan mükellefleri vergilemek suretiyle vergi tabanını genişletmeyi amaçlamaktadır. Söz konusu uygulamanın kanuni gerekçesinde yer verildiği üzere "*beyan edilen kazançlar üzerinden uygulanan vergi avantajları nedeniyle bazı mükelleflerin %25 olan genel kurumlar vergisi oranının çok altında vergi ödemesi sistemin sürdürülebilirliği ve adaleti açısından ciddi bir sorun* olduğu vurgulanmıştır. Bu bağlamda mali idare, mükelleflerin bir hesap dönemi boyunca elde ettiği kazancı ile vergi hesabına esas teşkil eden matrah arasında direkt bir ilişki kuran vergisel bir yükümlülük tesis ederek vergilemede adaleti sağlamayı hedeflemektedir. Mali idarenin bu amaçla başvurduğu yurt içi asgari kurumlar vergisi uygulaması ise diğer yandan, devletin kamu hizmetlerini finanse etmek için gerekli olan geliri toplamak amacıyla vergi koyması, tahsil etmesi olarak da ifade edebileceğimiz, vergilemenin fiskal fonksiyonunu çağrıştırmaktadır. Bu çalışmada yurt içi asgari kurumlar vergisi uygulaması, vergilemenin amaçları perspektifinden irdelenecektir.
Anahtar Sözcükler: Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergisi, Kurumlar Vergisi, Vergilemenin Fonksiyonları, Vergi Harcaması

DOMESTIC MINIMUM CORPORATE TAX AND THE FISCAL FUNCTION OF TAXATION

Abstract
Law No. 7524, published in the Official Gazette No. 32620 on 02.08.2024 and effective as of 01.01.2025, introduces numerous tax regulations. One of the most notable of these is the institution of the 'domestic minimum corporate tax', which will be implemented by adding Article 32/C to Corporate Tax Law No. 5520. Through this measure, the tax administration intends to expand the tax base by taxing individuals and entities whose actual tax burden remains relatively low due to their benefit from tax expenditures, such as deductions and exemptions.

As stated in the legal justification for the application in question, 'it has been emphasised that the fact some taxpayers pay tax at a rate well below the general corporate tax rate of 25 per cent, due to tax advantages applied to declared profits, poses a serious problem in terms of the system's sustainability and fairness. In this context, the tax administration aims to ensure fairness in taxation by establishing a tax obligation that creates a direct link between taxpayers' income earned during an accounting period and the tax base on which the tax calculation is based. The domestic minimum corporation tax, which the tax authority has introduced for this purpose, also fulfils the fiscal function of taxation: the state imposing and collecting taxes to raise revenue for public services. This study will examine the domestic minimum corporation tax application from the perspective of taxation objectives.
Keywords: Domestic Minimum Corporation Tax, Corporation Tax, Functions of Taxation, Tax Expenditure

Giriş

Küresel iktisadi bütünleşmenin ve hükümetlerin kamu giderlerini karşılamak için istikrarlı ve verimli gelir kaynaklarına olan gereksinimin giderek arttığı günümüzde, vergi sistemlerinin etkinliği, ekonomikliği ve sürdürülebilirliği hiç olmadığı kadar hayati bir öneme sahip olmaktadır. Bu doğrultuda, Türk Vergi Sistemi, 7524 sayılı kanuni düzenleme ile 01.01.2025 tarihi itibarıyla hüküm ifade edecek olan köklü bir iyileştirmeye şahitlik etmektedir. Bahse konu yasal düzenlemelerin belki de en dikkat çekicilerinden birisi, 5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu'na 32/C maddesi ile ilave edilen "*yurt içi asgari kurumlar vergisi*" müessesesidir. Bahse konu düzenleme, hem kuramsal hem de uygulama bakımından tartışılmaktadır.

Ulusal asgari kurumlar vergisinin ana hareket noktası, Türk Vergi Sisteminde yer alan muhtelif vergisel istisnalar, muafiyetler ve indirimler gibi vergi harcamalarından faydalanıp da temel oran olan %25'in çok altında gerçekleşen vergi yüküne tabi olan mükelleflerin sağladığı avantajı bertaraf etmektir. İlgili kanunun gerekçesinde de yer verildiği üzere, söz konusu durum, aynı ekonomik durumda olan mükellefler arasında vergi yükünün farklı şekilde dağılmasına ortam hazırlamaktadır. Bu ise döngünün sürdürülebilirliği hususunda kritik bir tehlike oluşturmaktadır. Vergi idaresi, bu durumu gidermek ve vergi yükünü tabana yaymak maksadıyla, mükelleflerin bir hesap dönemi içinde reel manada iktisap ettiği kazanç ve iratlar ile vergiye tabi kazanç arasında direkt bir bağlantı kuran vergisel yükümlülük getirmiştir.

Sözü edilen yeni uygulama, hükümetlerin en temel vazifesi olan kamu hizmetlerinin görülmesi için ihtiyaç duyulan finansmanı sağlama olarak da ifade edilebilecek vergilemenin fiskal fonksiyonunu (Turhan, 1998:32) ön plana çıkarmaktadır. Vergi harcamaları uygulaması ile amaçlanan sosyal ve ekonomik hedefler, birer vergi planlaması aracına dönüşebilmekte ve giderek kamu gelirlerinde erozyona sebep olabilmektedir. Hiç şüphe yok ki bu ise devlet bütçesi üzerinde bir yük yaratabilmektedir. Vergi idaresi, Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergisi uygulaması ile bu erozyonu bertaraf etmeyi, bütçe dengesini iyileştirmeyi ve kamu hizmetlerinin aksamadan sürmesini temin edecek asgari bir gelir elde etmeyi hedeflemektedir.

Bu çalışma, 01.01.2025 tarihi itibariyle yürürlüğe giren yurt içi asgari kurumlar vergisi kurumunu, vergilemenin fonksiyonlarından olan fiskal fonksiyon bağlamında irdelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, ilk olarak bahis konusu düzenleme hakkında olması gerektiği kadar bilgiler verilecektir. Sonrasında, vergilemenin temel fonksiyonlarına değinilecek ve yurt içi asgari kurumlar vergisinin bu fonksiyonlardan fiskal fonksiyon üzerindeki olası etkileri değerlendirilecektir.

1. Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergisi Uygulaması

02/08/2024 tarih, 32620 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 7524 Sayılı Kanun'un 36. maddesi ile Türk Vergi Sisteminde yeni bir uygulamaya işlerlik kazandırılmıştır. Bahse konu yasal düzenleme ile 5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu'na 32/C maddesi eklenmiş ve "Yurt içi asgari kurumlar vergisi" müessesesine işlerlik kazandırılmıştır. Bu yeni vergisel uygulamanın yükümlülüleri, sermaye şirketleri, kooperatifler, kamu iktisadi teşebbüsleri, dernek ve vakıfların iktisadi işletmeleri ve son olarak iş ortaklıklarıdır.Yurt içi asgari kurumlar vergisine tabi olan ve olmayan mükellefler aşağıdaki tabloda özetlenmeye çalışılmıştır.

Mükellef Türü	**Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergisine Tabi Olup Olmadığı**	**Açıklama**
Tam Mükellef Kurumlar	✓	5520 sayılı KVK'nın 1. Maddesinde yer almaktadır.
Beyanname Veren Dar Mükellefler	✓	Türkiye'de elde ettikleri kazançları için beyanname vermeleri durumunda yurt içi asgari kurumlar vergisine tabiolacaklardır.
Yalnızca Tevkifatlı Geliri Olan Dar Mükellefler	**X**	Beyanname vermedikleri müddetçe tabi olmayacaklardır.
KV'den Muaf Kurumlar	**X**	Muafiyetleri kanun maddesi ile hüküm altına alındığı için yurt içi asgari kurumlar vergisinden muaftırlar.
Yeni Kurulan Şirketler (İlk 3 Dönem)	**X**	İlk faaliyet döneminden itibaren 3 hesap dönemi boyunca yurt içi asgari kurumlar vergisinden muaftırlar.

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

1.1. Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergisinin Hesaplanması

5520 sayılı KVK'nın 32 ve 32/A madde hükümleri mucibince hesap edilen kurumlar vergisi tutarı, matrahtan indirim ve istisnalar tenzil edilmeden evvelki kurum kazancının yüzde onundan az olamayacaktır. Mezkûr maddenin altıncı fıkrasında yer verilen "*indirim ve istisnalar tenzil edilmeden evvelki kurum kazancı*" ifadesi, ilgili hesap dönemi neticesinde hasıl olan ticari bilanço kârı bakiyesine, kanunen kabul edilmeyen giderlerin ilave edilmesiyle ulaşılan tutar olarak ifade edilmiştir. Kurumlar vergisi mükellefleri, bir hesap dönemi içinde iktisap ettikleri kazançlarına dönük olarak verdikleri kurum geçici ve kurumlar vergisi beyannamelerinde KVK'nın 32. ve 32/A maddeleri hükümlerini göz önüne alarak kurumlar vergilerini hesap edecklerdir. Bu beyanlarında ticari bilanço karı veya zararına kanunen kabul edilmeyen giderlerini de ilave edeceklerdir.

Senaryo	Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergi Hesaplanacak mı?	Açıklama
Ticari Kar + KKEG > 0	✓	Çünkü asgari vergi matrahı pozitif
Ticari Zarar + KKEG > 0	✓	Çünkü KKEG ilave edilince matrah pozitife dönüyor.
Ticari Zarar + KKEG ≤ 0	**X**	Matrah negatif bakiye verdiği için vergi hesaplanmaz

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

2. Vergilemenin Fiskal (Mali) Amacı

Devlet anlayışında zaman içerisinde meydana gelen değişiklikler vergilemenin amaçlarında da değişime yol açmıştır. Bu bağlamda mali veya fiskal amaç (fonksiyon), vergilemenin en temel amacı olarak karşımıza çıkar. Vergilemenin fiscal (mali) amacı kısaca devletin, kamusal mal ve hizmet üretimini gerçekleştirmek adına ihtiyaç duyduğu finansmanın temin edilmesidir (Tekir,1990:23). Farklı bir şekilde ifade edecek olursak, vergilemenin fiscal (mali) amacı devlet kamu hizmetlerinin yerine getirilmesi için gereksinim duyduğu fonu, vergi tahsil etmek suretiyle sağlamasıdır.

Optimal bir vergi sisteminin mali amacı gerçekleştirebilmesi için belli bazı şartları temin etmesi icap etmesi gerekir. Bu şartlara aşağıda özet bir biçimde yer verilmiştir:

- Vergi yükümlülerinin, ödedikleri vergiler nedeniyle tahammül ettikleri subjektif vergi yükü en az seviyede olmalıdır. (Turhan,1998:34).
- Vergileme, gayrısafi yurt içi hasıladaki artışlar oranında olmalıdır. Böylece vergi sistemi ekonomik konjonktüre göre esnek bir yapıya kavuşabilecektir (Şen ve Sağbaş 2015: 19).
- Sabit, belli bir vergi hasılatının elde edilmesi için, vergi yükü (objektif), en alt düzeyde olmalıdır. Bu amaca ulaşmak içinse vergilemede iktisadilik ilkesinin gerekleri yerine getirilmelidir (Turhan 1998: 46-47).
- Vergileme, iktisadi karar birimlerinin ekonomik kararlarını en az etkileyecek biçimde kurgulanmalıdır (Çelikkaya 2013: 14; Oktar 2014: 15).

3. Değerlendirme ve Sonuç

Çalışmanın önceki bölümlerinde yer verilen açıklamalar doğrultusunda, vergilemenin fiskal amacı ile yurt içi asgari kurumlar vergisi uygulaması belirli kıstaslar perspektifinden aşağıdaki tabloda mukayese edilmiştir.

Kıstas	Vergilemenin Fiskal Amacı	Yurt İçi Asgari Kurumlar Vergisi Uygulaması
Kamu Harcamalarının Finansman Aracı Olması	Gelir sağlamak temel amaçtır.	Vergi harcaması nedeniyle düşük vergi yüküne sahip olan veya vergi ödemeyen mükelleflerin kazançlarından asgari bir vergi alınmasını temin eder.
Vergilemenin ödeme Gücüne Göre Yapılması	Mükellefin vergi ödeme gücü esastır.	Kanunen kabul edilmeyen giderler nedeniyle düşük kâr eden veya zarar eden mükellefler vergi ödeyebilir. Bu ise vergi ödeme gücüne vergilemeye aykırı olabilir.
Piyasa İşleyişine Müdahale	Vergileme piyasa mekanizmasını bozmamalıdır.	Yurt içi asgari kurumlar vergisi nihai olarak mükelleflere ilave bir vergisel yük getirmektedir. Bu ise firmaların maliyet yapılarını etkiyebilmekte ve piyasa mekanizmasının işleyişine zara verebilmektedir.
GSYİH ile Eşgüdüm	GSYİH arttığında (azaldığında) vergi geliri de artsın (azalsın).	Ekonomik konjonktürün durgunluk periyodunda, zarar yazan işletmeler bu vergisel yükümlülüğü yerine getirmek zorunda kalabilir. Bu ise vergi sisteminin esnekliğine zara verebilir.

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Vergi idaresi, yurt içi asgari kurumlar vergisi uygulaması ile vergisel istisna, muafiyet ve indirimlerin yol açtığı "vergi erozyonu" telafi etmeyi amaçlamaktadır. Vergi idaresi zarar da etse bir işletmeden devlet hazinesine katkı yapmasını hedefliyor. Bu özelliği ile yurt içi asgari kurumlar vergisi uygulaması vergilemenin fiskal fonksiyonunu çağrıştırmaktadır.

Sonuç olarak vergi idaresi, yurt içi asgari kurumlar vergisi uygulamasında, vergi harcamaları nedeniyle yoksun kaldığı vergi gelirlerini kısa vadeli ve gelir garantili bir şekilde telafi etmeyi hedeflemektedir. Ancak bu durum uzun dönemde piyasa dinamiklerine zarar verebilecek ve vergi sisteminin esnekliğini bozabilecektir. Otomatik stabilizatör etkisine sahip vergi gelirlerinin söz konusu özelliği asgari yurt içi kurumlar vergisi uygulaması nedeniyle kaybolabilecektir.

Kaynakça

Çelikkaya, Ali (2013). "Verginin Tanımı, Amaçları, Tarihsel ve Teorik Gelişlimi". Vergi Teorisi. Ed. İsa Sağbaş. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 2960/1915. 2–19.

Oktar, S. A. (2014). Vergi Hukuku. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

Şen, H. ve Sağbaş, İ. (2015). Vergi Teorisi ve Politikası. Ankara: Kalkan Ofset.

Tekir, S. (1990). Vergi Teorisi. İzmir: Aklıselim Ofset Matbaacılık.

Turhan, S.(1998). Vergi Teorisi ve Politikası. İstanbul: Filiz Kitabevi.

5520 sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu

7524 sayılı Vergi Kanunları İle Bazı Kanunlarda Ve 375 Sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun

KIRSAL PEYZAJLARIN YENİDEN KURGULANMASI: DOĞA İLE DENGELİ BİR İYİ YAŞAM MODELİ ÜZERİNE

İrem Naz ACAR
Izmir Demokrasi University, Institute of Science, Department of Landscape Architecture
ORCID: 0009-0006-1306-5921

Prof. Dr. Hakan DOYGUN
Izmir Demokrasi University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture
ORCID: 0000-0003-2920-1984

ÖZET
Kırsal peyzajlar, yalnızca üretim ve yerleşim alanları değil, aynı zamanda insan ile doğa arasındaki karşılıklı varoluşun mekânlarıdır. Bu çalışma, peyzaj mimarlığının kırsal kalkınma süreçlerindeki rolünü, "iyi yaşam" kavramı çerçevesinde yeniden değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın temel yaklaşımı, kırsal alanlarda gerçekleştirilecek mekânsal planlama ve tasarımların, ekolojik sürdürülebilirliğin ötesine geçerek yaşamın niteliksel zenginliğini de destekleyecek biçimde kurgulanması gerekliliğine dayanmaktadır. Bu doğrultuda önerilen doğa ile dengeli iyi yaşam modeli; ekolojik olarak yerel flora, su döngüsü ve toprak yapısına saygılı; estetik olarak doğal biçimlerin ve renklerin yalın uyumunu öne çıkaran; etik olarak ise kaynak kullanımında ölçülülüğü ve toplumsal faydayı gözeten ilkeleri temel almaktadır. Model, terk edilmiş tarım arazilerinin ekolojik işlev kazanması, kırsal yaşam biçimlerinin doğayla bütünleşik hâle gelmesi ve doğanın bir "kaynak"tan ziyade "ortak yaşam alanı" olarak değerlendirilmesi gibi uygulama örnekleri üzerinden tartışılmaktadır. Bu doğrultuda çalışma, peyzaj mimarlığını kırsal kalkınma bağlamında yalnızca mekânsal bir düzenleme disiplini olarak değil, etik, estetik ve ekolojik değerlerin bütüncül bir biçimde birleştiği bir yaşam kültürü üreticisi olarak konumlandırmaktadır.
Anahtar Kelimeler: Kırsal peyzaj, Sürdürülebilir Kalkınma, İyi Yaşam, Peyzaj Mimarlığı, Ekolojik Estetik.

RECOUNSTRUCTING RURAL LANDSCAPES: TOWARDS A NATURE-BALANCED MODEL OF GOOD LIVING

ABSTRACT
Rural landscapes should be understood not merely as areas of production and habitation, but as dynamic environments where the reciprocal existence between humans and nature is continuously negotiated. This study aims to re-evaluate the role of landscape architecture in rural development processes within the conceptual framework of good living. The main approach emphasizes the necessity of designing spatial planning strategies in rural areas that move beyond ecological sustainability to also enhance the qualitative richness of life. In this context, the proposed nature-balanced model of good living is structured around three interrelated dimensions: ecological, which respects local flora, water cycles, and soil integrity; aesthetic, which highlights the harmonious simplicity of natural forms and colors; and ethical, which values moderation in resource use and prioritizes collective well-being. The model is discussed through practical examples such as restoring the ecological functions of abandoned agricultural lands, integrating rural lifestyles with natural systems, and redefining nature not as a "resource" but as a "shared sphere of life."

Accordingly, this study positions landscape architecture not merely as a spatial design discipline, but as a cultural practice that synthesizes ethical, aesthetic, and ecological values into a holistic framework of rural development and sustainable living.
Keywords: Rural Landscapes, Sustainable Development, Good Living, Landscape Architecture, Ecological Aesthetics.

1. GİRİŞ

Kırsal alanlar, çok uzun bir dönem boyunca planlama ve politika belgelerinde daha çok "üretim sahası" ve "yerleşim birimi" olarak ele alınmıştır (Selman, 2006, 2010; Sigura et al., 2010). Tarımsal verimlilik, altyapı yatırımları, ulaşım bağlantıları ve nüfus hareketleri gibi göstergeler; kırsal kalkınmanın neredeyse tek referans seti hâline gelmiş, böylece kırsal peyzajın gündelik yaşamı, mekânsal deneyimi ve ekolojik bütünlüğü arka planda kalmıştır (Pedroli et al., 2007). Bu durum, doğanın büyük ölçüde ekonomik bir kaynak olarak kodlanmasına; toprak, su ve bitki örtüsü gibi öğelerin ise "işletilmesi gereken stoklar" gibi değerlendirilmesine yol açmıştır. Bununla birlikte, son yıllarda artan iklim krizi, biyolojik çeşitlilik kaybı, su rejimlerinin bozulması ve kırsal alanlardan kentlere yönelen göç; söz konusu kaynak odaklı yaklaşımın sınırlarını görünür kılmaktadır (de Groot et al., 2002; European Environment Agency, 2014; International Union for Conservation of Nature, 2016). Kırsal peyzajların yalnızca gıda üretimi, hammadde temini ya da konut alanı işlevleriyle tanımlanması; ekolojik süreçlerin zayıflamasına, habitat parçalanmasına ve peyzaj karakterinin sıradanlaşmasına neden olmakta, aynı zamanda kırsal toplulukların yaşam kalitesini de doğrudan etkilemektedir (de Groot et al., 2010; Fisher et al., 2009) . Bu bağlamda kırsal alanların, sadece "ne kadar üretiyoruz?" sorusuyla değil, aynı zamanda "nasıl bir yaşam örgüsü kuruyoruz?" sorusuyla da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kırsal peyzaj, gerçekte yalnızca ekonomik faaliyetlerin zemini değil; insanların gündelik pratiklerini gerçekleştirdiği, komşuluk ilişkilerini sürdürdüğü, kültürel hafızanın biriktiği ve doğayla temasın somutlaştığı yaşam ortamıdır (Pedroli et al., 2007; Tuan, 1977; Relph, 1976). Sabah başlayan üretim döngüleri, mevsimsel ritimler, yerel törenler, ortak kullanılan yollar, çeşmeler ve gölgelikler; kırsal mekânın hem fiziksel hem de simgesel dokusunu oluşturmaktadır. Bu nedenle kırsal peyzajın yeniden kurgulanması tartışması, kaçınılmaz olarak iyi yaşam, mekânsal adalet, ekolojik dayanıklılık ve ortak alan yönetimi gibi kavramlarla birlikte ele alınmak zorundadır (Selman, 2010; Ostrom, 1990).

Bu çalışma, kırsal alanlara ilişkin geleneksel "kaynak alanı" söylemini sorgulayarak, kırsal peyzajı doğa ile dengeli bir iyi yaşam mekânı olarak yeniden düşünmeyi hedeflemektedir. Burada iyi yaşam, yalnızca gelir artışı ya da temel ihtiyaçların karşılanması olarak değil; insanların değer verdikleri yaşam biçimlerini sürdürebilmeleri, gündelik pratiklerini anlamlı bulmaları ve doğayla kurdukları ilişkiyi koruyup zenginleştirebilmeleri şeklinde ele alınmaktadır (Aristotle, 2000; Sen, 1999; Nussbaum, 2011). Dolayısıyla çalışma, kırsal peyzajı; ekolojik süreçlerin işlediği, nitelikli kamusal mekânların bulunduğu ve adil paylaşım ilkeleriyle yönetilen bir ortak yaşam zemini olarak çerçevelemektedir. Bu bakış açısı, bir yandan Aristotelesçi iyi yaşam yaklaşımı ve çağdaş kapasiteler literatürü, iyi yaşamın yalnızca maddi imkânlarla değil, insanların yapabilirlikleri ve seçim alanlarıyla bağlantılı olduğunu vurgular (Sen, 1999; Nussbaum, 2011) . Diğer yandan yer fenomenolojisi, kırsal mekânın soyut bir coğrafya değil, bedenlenmiş deneyimlerin ve hafızanın taşıyıcısı olduğunu ortaya koyar (Relph, 1976; Tuan, 1977; Ingold, 2000). Müşterekler kuramı ve ölçülülük temelli etik yaklaşımlar ise kırsal peyzajın, "herkesin ama kimsenin sorumluluğunda olmayan" sahipsiz alanlar yerine, kolektif sorumluluk ve katılımcı yönetişimle yönetilen ortak alanlar olarak kurgulanabileceğini göstermektedir (Ostrom, 1990; Selman, 2006).

Bu kuramsal arka plan doğrultusunda çalışma, kırsal peyzajların yeniden kurgulanması için Ekoloji–Estetik–Etik başlıkları altında üç sütunlu bir çerçeve önermekte ve bu çerçeveyi "İlke–Karar–Gösterge" ilişkisi üzerinden tasarım ve planlama diline çevirmektedir. Ekolojik boyut, habitat sürekliliği, yerel türlerin desteklenmesi ve suya duyarlı mekânsal kurgular gibi bileşenlere odaklanırken (de Groot et al., 2002; European Commission, 2013; International Union for Conservation of Nature, 2016); estetik/deneyimsel boyut, gündelik yaşamı taşıyan okunabilir, benimsenebilir ve yer duygusunu güçlendiren mekânsal dizilimleri ön plana çıkarmaktadır (Relph, 1976; Tuan, 1977; Nassauer, 1995) . Etik ve yönetişim boyutu ise adil erişim, kuşaklararası sorumluluk ve müşterek kullanım ilkeleriyle, kırsal peyzajın nasıl yönetilmesi gerektiği sorusuna yanıt aramaktadır (Ostrom, 1990; Selman, 2010).
Bu bildiri, söz konusu çerçeveyi kavramsal bir model hâlinde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda bir sonraki bölümde iyi yaşam, kapasiteler, yer fenomenolojisi ve müşterekler odaklı kuramsal tartışma özetlenecek; ardından Ekoloji–Estetik–Etik eksenlerinde önerilen modelin bileşenleri ve fazlandırılmış uygulama yaklaşımı sunulacaktır. Son bölümde ise modelin kırsal planlama ve peyzaj tasarımı açısından olası katkıları ile sınırlılıkları tartışılacaktır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, belirli bir örnek alan üzerinde nicel veri toplayan ampirik bir araştırma olarak değil, kırsal peyzajların yeniden kurgulanmasına yönelik normatif ve kuramsal bir model geliştirme denemesi olarak tasarlanmıştır. Dolayısıyla izlenen yöntem, saha ölçümlerinden veya istatistiksel analizlerden ziyade, farklı disiplinlerden gelen kavramları bir araya getiren kavramsal sentez ve modelleme adımlarına dayanmaktadır (Selman, 2006; de Groot et al., 2010).
Yöntemsel çerçeve üç ana aşamada özetlenebilir. İlk aşamada, iyi yaşam ve kapasiteler yaklaşımı, yer fenomenolojisi, müşterekler kuramı, kırsal peyzaj planlaması ve doğa temelli çözümler odaklı literatür taranmış; bu literatür içinde kırsal mekânı yalnızca üretim alanı olarak görmeyen, yaşam kalitesi, ekolojik bütünlük ve ortak alan kavramlarını öne çıkaran çalışmalar önceliklendirilmiştir (Sen, 1999; Nussbaum, 2011; Relph, 1976; Tuan, 1977; Ostrom, 1990; International Union for Conservation of Nature, 2016). Bu süreçte farklı disiplinlere ait kavramlar, kırsal peyzaj bağlamında nasıl yeniden okunabileceği sorusu etrafında değerlendirilmiştir. İkinci aşamada, literatürden elde edilen kavram ve ilkeler, içerik çözümlemesine benzer bir yaklaşımla tematik olarak gruplanmıştır. İyi yaşam ve kapasiteler yaklaşımının "yapabilirlik" ve "seçim alanı" vurgusu; yer fenomenolojisinin "yer duygusu" ve "yaşantı" kavramları; müşterekler ve etik literatürünün "ortak kullanım", "ölçülülük" ve "adil paylaşım" boyutları, kırsal peyzaj tartışmasıyla ilişkilenebilecek ortak temalar etrafında birleştirilmiştir (Aristotle, 2000; Sen, 1999; Nussbaum, 2011; Ostrom, 1990 . Bu tematik eşleştirme sonucunda, çalışmanın gövdesini oluşturan Ekoloji–Estetik–Etik eksenleri ortaya çıkarılmış ve her eksen için ön ilkeler taslak hâlinde tanımlanmıştır. Üçüncü aşamada ise bu ilkeler, yalnızca soyut bir değerler listesi olarak kalmaması için "İlke–Karar–Gösterge" ilişkisi üzerinden somutlaştırılmıştır. Başka bir ifadeyle, her eksen için önce normatif ilke tanımı yapılmış; ardından bu ilkenin kırsal peyzaj tasarımına nasıl çevrilebileceğine ilişkin karar türleri tarif edilmiş; son olarak da bu kararların izlenmesini mümkün kılacak basit ama kullanılabilir göstergeler önerilmiştir (de Groot et al., 2002; Fisher et al., 2009) . Böylece kuramsal tartışma ile uygulama dili arasında köprü kuran, katmanlı bir model yapısı oluşturulmuştur.

Model önerisinin tasarım ve planlama pratiği açısından anlaşılabilir olması için ayrıca fazlandırılmış bir uygulama kurgusu geliştirilmiştir. Bu kapsamda, ekolojik omurganın kurulması, kamusal ceplerin tanımlanması ve yavaş erişim–tarım peyzaj sentezi olmak üzere üç aşamalı bir çerçeve oluşturulmuş; her fazın hangi ilke setiyle ilişkili olduğu ve hangi tür müdahalelere öncelik verdiği açıklığa kavuşturulmuştur (McHarg, 1969; European Commission, 2013; Selman, 2010). Bu fazlar, farklı kırsal bağlamlara uyarlanabilecek esneklikte tasarlanmış; ölçek, bütçe ve kurumsal kapasiteye göre modüler olarak uygulanabilir bir yapıda kurgulanmıştır (Sigura et al., 2010).

Son olarak, geliştirilen modelin iç tutarlılığı ve uygulanabilirlik potansiyeli nitel bir değerlendirmeyle gözden geçirilmiştir. Ekoloji, estetik/deneyim ve etik/yönetişim sütunlarının birbirini dışlayan değil, tamamlayan boyutlar olması; göstergelerin hem yerel yönetimler hem de araştırmacılar tarafından takip edilebilecek yalınlıkta kalması; fazlandırmanın farklı kırsal tipolojilere uyarlanabilir olması temel ölçütler olarak alınmıştır (Pedroli et al., 2007; Selman, 2006) . Bu yönüyle çalışma, veri toplama odaklı bir araştırmadan çok, ileride yapılacak alan çalışmalarına ve karşılaştırmalı değerlendirmelere kuramsal ve kavramsal bir zemin sunmayı hedeflemektedir.

3. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu çalışmanın kuramsal zemini, kırsal peyzajı yalnızca arazi kullanımı ve üretim organizasyonu üzerinden değil, iyi yaşam, kapasiteler, yer deneyimi ve müşterek alan yönetimi kavramlarının kesişiminde ele alan çok katmanlı bir bakışa dayanmaktadır. Bu bölümde önce iyi yaşam ve kapasiteler yaklaşımı tartışılmakta; ardından yer fenomenolojisi ve müşterekler literatürü üzerinden kırsal mekânın toplumsal ve etik boyutları açılmaktadır. Son aşamada ise bu kuramsal damarlar, çalışmada öne sürülen Ekoloji–Estetik–Etik eksenleriyle ilişkilendirilmektedir.

3.1. İyi Yaşam ve Kapasiteler Yaklaşımı

İyi yaşam tartışmaları, klasik felsefeden günümüze kadar uzanan geniş bir literatüre sahiptir. Aristoteles'in eudaimonia kavrayışı, insan yaşamını yalnızca haz ya da fayda toplamı üzerinden değil, erdemli etkinlikler içinde anlam kazanan bir süreç olarak ele alır (Aristotle, 2000) . Bu perspektifte iyi yaşam, kişinin kendi potansiyelini gerçekleştirebildiği, yaşamını "iyi işleyen" bir bütünlük hâlinde deneyimlediği durumlara işaret etmektedir.

Çağdaş literatürde Amartya Sen ve Martha Nussbaum'un geliştirdiği kapasiteler yaklaşımı, bu tartışmayı pratik politika alanına taşımaktadır (Sen, 1999; Nussbaum, 2011) . Kapasiteler yaklaşımı, bireylerin refahını yalnızca gelir düzeyi ya da tüketim imkânlarıyla değil, "ne yapabildikleri" ve "hangi yaşam biçimlerini gerçekçi olarak seçebildikleri" ile değerlendirmeyi önerir. Eğitim, sağlık, güvenlik, beden bütünlüğü, toplumsal katılım ve çevreyle kurulan ilişki gibi alanlar, insanların kapasitelerini belirleyen temel boyutlar olarak ele alınır (Nussbaum, 2011) .

Kırsal peyzaj bağlamında bu çerçeve, alanın sadece üretim hacmi veya ekonomik getirisi üzerinden değil, kırsal toplulukların yapabilirliklerini destekleyen bir uzamsal altyapı olarak değerlendirilmesini mümkün kılar (Pedroli et al., 2007; Selman, 2010). Örneğin güvenli ve yürünebilir yollar, gölgelik ve dinlenme alanları, temiz suya erişim, çocukların ve yaşlıların kullanabildiği kamusal mekânlar, üretim alanlarıyla gündelik yaşam alanlarının kopmaması; doğrudan doğruya kapasiteler yaklaşımının mekânsal karşılıklarıdır. Bu nedenle kırsal peyzaj tasarımı, bu çalışmada yalnızca "güzel" mekânlar üretme uğraşı değil, iyi yaşamı mümkün kılan kapasiteleri güçlendirme aracı olarak ele alınmaktadır.

3.2. Yer Fenomenolojisi ve Yaşantısal Boyut

Yer fenomenolojisi, mekânı soyut bir koordinatlar dizisi veya nötr bir zemin olarak değil, bedenlenmiş deneyim, hafıza ve duygulanımın taşıyıcısı olarak kavrayan bir yaklaşım sunar (Relph, 1976; Tuan, 1977; Ingold, 2000). Relph, Tuan, Ingold gibi yazarlar, insanların mekânla kurduğu ilişkiyi; yürüyüş, bakış, dokunma, koku, ses, mevsimsel döngüler ve gündelik ritüeller üzerinden tartışır. Bu bakış açısında "yer duygusu", yalnızca fiziksel biçimden değil, mekânla kurulan uzun süreli etkileşimlerden ve paylaşılan hikâyelerden doğar.

Kırsal peyzajlar, bu anlamda güçlü bir yer deneyimi potansiyeli taşırlar (Pedroli et al., 2007). Tarla sınırları, patika yollar, su kenarları, köy meydanları, gölgelik ağaç altları, harman yerleri ve ibadet/ritüel mekânları; kırsal yerleşimlerde hem yön bulmaya yardımcı olan işaretler, hem de toplumsal hafızayı taşıyan odaklar olarak işlev görür. Mekânsal düzenlemeler bu örüntüyü görmezden geldiğinde, kırsal alan "her yerde görülebilecek bir fon"a dönüşmekte; kimlik kaybı ve aidiyetsizlik duygusu ortaya çıkmaktadır (Relph, 1976) .

Bu çalışma, yer fenomenolojisinden hareketle kırsal peyzajın estetik boyutunu, yalnızca görsel kompozisyonla sınırlamamakta; gündelik yaşantıyı taşıyan, okunabilir ve hatırlanabilir mekânsal dizilimler üretmeyi hedefleyen bir çizgide konumlandırmaktadır (Nassauer, 1995). Bir başka deyişle, estetik boyut; biçimsel beğeniyi aşarak, kullanıcıların mekânla kurduğu deneyimsel ilişkileri güçlendirmeyi amaçlayan bir sütun hâline gelmektedir.

3.3. Müşterekler, Ölçülülük Etiği ve Kırsal Yönetişim

Kırsal peyzajların önemli bir bölümü, su kaynakları, meralar, orman alanları veya ortak yollar gibi farklı düzeylerde "ortak kullanılan" alanları içermektedir. Bu alanlar uzun süre "herkesin ama kimsenin de tam olarak sorumluluğunda olmayan" sahipsiz mekânlar gibi algılanmış; bu durum hem aşırı kullanım hem de ihmal gibi sorunları beraberinde getirmiştir. Elinor Ostrom'un geliştirdiği müşterekler kuramı, bu tür alanların ne tamamen piyasaya ne de tek merkezli bir devlet yönetimine bırakılmadan, topluluk temelli kurumsal düzenlemelerle sürdürülebilir biçimde yönetilebileceğini göstermektedir (Ostrom, 1990) .

Müşterekler yaklaşımı, kırsal peyzajın yönetiminde yerel bilgi, karşılıklı güven, kural-işleyişliliği ve ortak denetim mekanizmalarını öne çıkarır (Ostrom, 1990). Böyle bir çerçevede kırsal peyzaj, "boş kamusal" değil, üzerinde hak ve sorumlulukların paylaşıldığı bir ortak alan olarak yeniden tanımlanır. Bu tanım, tasarım ve planlama kararlarının da yalnızca teknik uzmanlıkla değil, yerel toplulukların katılımıyla şekillenmesini gerektirir (Selman, 2006, 2010) .

Etik düzlemde ise, Aristotelesçi ölçülülük (sophrosyne) kavrayışı bu çalışmanın referanslarından biridir (Aristotle, 2000) . Ölçülülük; kaynak kullanımında aşırılıktan kaçınma, denge arayışı, bedensel ve mekânsal sınırların farkında o lma gibi ilkeleri içerir. Kırsal peyzaj bağlamında bu, su ve toprak gibi kaynakların kısa vadeli çıkarlar için aşırı tüketilmemesini; gelecek kuşakların ihtiyaçlarının da gözetilmesini; erişim ve fayda paylaşımında adalet ilkesinin gözetilmesini gerektirir. Böylece etik boyut, modelde yalnızca soyut bir "değerler listesi" olmaktan çıkarak, karar alma süreçlerini yönlendiren bir çerçeve hâline gelmektedir.

3.4. Kuramsal Çerçevenin Ekoloji–Estetik–Etik Eksenleriyle Bütünleştirilmesi

Yukarıda özetlenen kuramsal damarlar, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde önerilecek olan Ekoloji–Estetik–Etik temelli modelin dayandığı arka planı oluşturmaktadır. İyi yaşam ve kapasiteler yaklaşımı, kırsal peyzajın hangi yaşam biçimlerini mümkün kıldığı sorusuna odaklanırken (Sen, 1999; Nussbaum, 2011) ; yer fenomenolojisi, bu yaşamın nasıl deneyimlendiğini tartışma imkânı verir (Relph, 1976; Tuan, 1977; Ingold, 2000).

Müşterekler kuramı ve ölçülülük etiği ise, kırsal peyzajın nasıl yönetilmesi ve hangi ilkelerle paylaşılması gerektiği sorusuna yanıt arar Ostrom, 1990; Aristotle, 2000) .
Bu nedenle çalışmada geliştirilen modelde:
Ekolojik sütun, ekosistem işleyişi ve doğa temelli çözümlerle bağlantılıdır (de Groot et al., 2002; International Union for Conservation of Nature, 2016);
Estetik/deneyimsel sütun, yer duygusu ve gündelik yaşam deneyimi literatürüyle ilişkilendirilir (Relph, 1976; Tuan, 1977; Nassauer, 1995);
Etik/yönetişim sütunu ise müşterekler ve ölçülülük etiği tartışmalarından beslenir (Ostrom, 1990; Selman, 2010).
Bir sonraki bölümde, bu üç sütunun nasıl somut bir "İlke–Karar–Gösterge" yapısı hâline getirildiği, fazlandırılmış uygulama mantığıyla birlikte ayrıntılı biçimde ortaya konulacaktır.

4. MODEL ÖNERİSİ: EKOLOJİ-ESTETİK-ETİK TEMELLİ ÇERÇEVE

Bu çalışma, giriş ve yöntem bölümlerinde ortaya konan tartışmalara dayanarak kırsal peyzajların yeniden kurgulanması için Ekoloji–Estetik–Etik başlıkları altında üç sütunlu bir model önermektedir (Selman, 2006, 2010; Pedroli et al., 2007). Modelin amacı, kuramsal düzeyde tartışılan iyi yaşam, kapasiteler, yer deneyimi ve müşterekler kavramlarını; tasarım ve planlama dilinde karşılığı olan somut ilkelere, kararlara ve izleme göstergelerine dönüştürmektir (Sen, 1999; Nussbaum, 2011; Relph, 1976; Ostrom, 1990). Böylece kırsal peyzaj, yalnızca üretim alanı olarak değil, doğa ile dengeli bir ortak yaşam zemini olarak ele alınabilmektedir (European Environment Agency, 2014; International Union for Conservation of Nature, 2016) .

4.1. Modelin Genel Yapısı

Önerilen model, üç temel bileşenden oluşur:
-Normatif eksenler (Ekoloji–Estetik–Etik),
-İlke–Karar–Gösterge zinciri,
-Fazlandırılmış uygulama yaklaşımı.
Normatif eksenler, kırsal peyzajın hangi boyutlar üzerinden değerlendirilmesi gerektiğini belirlerken; ilke–karar–gösterge zinciri, bu eksenlerin tasarım ve yönetişim pratiklerine nasıl çevrileceğini tarif etmektedir (de Groot et al., 2002; Fisher et al., 2009) . Fazlandırma ise, modelin sahaya hangi sıralama ve önceliklerle uygulanabileceğini açıklığa kavuşturur (McHarg, 1969; Selman, 2006) . Bu yapı sayesinde model, bir yandan değer temelli bir çerçeve sunarken, diğer yandan da "nerede, ne yapılmalı ve nasıl izlenmeli?" sorularına yanıt veren uygulanabilir bir araç hâline gelmektedir (Selman, 2010; Pedroli et al., 2007) .

4.2. Ekolojik Sütun

Ekolojik sütun, kırsal peyzajın canlı sistemlerini, ekosistem hizmetlerini ve doğa temelli çözümler potansiyelini merkeze almaktadır (de Groot et al., 2002; International Union for Conservation of Nature, 2016). Bu sütunun omurgası, habitat sürekliliğinin güçlendirilmesi, su döngüsünün desteklenmesi ve yerel tür kompozisyonunun korunup geliştirilmesi ilkelerinden oluşmaktadır (European Commission, 2013; European Environment Agency, 2014).

4.2.1. İlkeler:

- Habitatların parçalanmasını azaltmak ve ekolojik bağlantısallığı artırmak, özellikle tarımsal parseller, doğal alanlar ve yerleşim dokusu arasında süreklilik sağlayan yeşil omurgalar geliştirmek (McHarg, 1969; Pedroli et al., 2007),

- Yüzey akışını yavaşlatan, suyu yerinde tutan ve toprak infiltrasyonunu destekleyen düzenlemeler yapmak; böylece hem taşkın riskini azaltmak hem de yerel su döngüsünü güçlendirmek (European Commission, 2013; European Environment Agency, 2014).
-Yerel iklim ve toprak koşullarına uyumlu, biyolojik çeşitliliği destekleyen türleri önceliklendirmek; monokültür yerine çok katmanlı ve işlevsel bitkisel kompozisyonlar kurmak (de Groot et al., 2010; International Union for Conservation of Nature, 2016).

4.2.2.Kararlar (tasarım/planning düzeyi):
-Tarımsal parseller, doğal alanlar ve yerleşim dokusu arasında ekolojik koridorlar ve tampon zonlar tanımlanması; bu alanların peyzaj ölçeğinde bir ağ mantığıyla kurgulanması (Selman, 2006; Pedroli et al., 2007).
-Yağmur bahçeleri, sızdırma hendekleri, geçirgen zeminler ve küçük su biriktirme alanları gibi suya duyarlı kentsel/kırsal tasarım (Suya Duyarlı Tasarım) çözümlerinin uygulanması (European Commission, 2013; European Environment Agency, 2014) ,
-Bitkilendirme kararlarında yerel ve dayanıklı türlerin tercih edilmesi, tek türlü şeritler yerine çok katmanlı bitkisel düzenlemelerin kullanılması (de Groot et al., 2010; Nassauer, 1995).

4.3.3. Göstergeler:
-Koridor uzunluğu ve koridorların birbirine bağladığı habitat yamalarının sayısı,
-Yerel türlerin toplam tür kompozisyonundaki oranı,
-Yağış sonrası yüzey suyu birikimi ve sızma kapasitesine ilişkin basit ölçümler veya gözlemsel değerlendirmeler (de Groot et al., 2010; Fisher et al., 2009).
Bu sütun, kırsal peyzajın "kendini yenileme" kapasitesini güçlendirmeyi ve iklim krizine karşı ekolojik dayanıklılığı artırmayı hedeflemektedir (European Environment Agency, 2014; International Union for Conservation of Nature, 2016).

4.3. Estetik ve Deneyimsel Sütun
Estetik/deneyimsel sütun, kırsal peyzajın kullanıcılar tarafından nasıl algılandığı ve yaşandığına odaklanır (Relph, 1976; Tuan, 1977; Ingold, 2000) . Buradaki temel varsayım, iyi yaşamın yalnızca ekolojik göstergelerle değil, insanların mekânla kurduğu duygusal ve deneyimsel bağ ile de yakından ilişkili olduğudur (Pedroli et al., 2007; Nassauer, 1995).

4.3.1. İlkeler:
-Mekânın okunabilir ve yönlendirici olması, bu alanların peyzaj ölçeğinde bir ağ mantığıyla kurgulanması (Selman, 2006; Pedroli et al., 2007).
-Gündelik pratikleri destekleyen, duraklama ve karşılaşma imkânı sunan kamusal odakların varlığı, yaşamın yalnızca özel mekânlarda değil, ortak alanlarda da görünür olabilmesi (Pedroli et al., 2007).
-Yerel kimliği yansıtan doku, malzeme ve bitkisel kompozisyonların korunması veya yeniden üretilmesi, "her yerde görülebilen" standart mekânsal çözümler yerine bağlama özgü bir peyzaj dili geliştirilmesi (Nassauer, 1995; Selman, 2010).

4.3.2. Kararlar:
-Yürüyüş rotaları boyunca gölge–açıklık, dar–geniş ve kapalı–açık mekânsal sekansların tasarlanması; böylece kullanıcıların ritmik bir mekân deneyimi yaşamasının sağlanması,
-Küçük meydancıklar, oturma alanları, seyir noktaları ve su öğeleri gibi mikro kamusal ceplerin tanımlanması,bu ceplerin gündelik karşılaşmaları besleyen "durdurucu" noktalar olarak değerlendirilmesi (Pedroli et al., 2007; Nassauer, 1995).

-Donatı, zemin kaplaması ve cephe düzenlemelerinde yerel malzeme ve renklerin önceliklendirilmesi; "her yerde görülebilen standart" elemanlar yerine bağlama özgü çözümlerin geliştirilmesi (Nassauer, 1995; Selman, 2006).

4.3.3. Göstergeler:
-Kamusal alanların gün içi ve hafta içi/sonu kullanım sıklığı,
-Kullanıcıların yer bağlılığı, memnuniyet ve güvenlik algısını ölçmeye yönelik basit anketler,
-Gönüllü bakım ve topluluk inisiyatiflerinin (ortak temizlik, dikim etkinlikleri vb.) sayısı ve görünürlüğü (Pedroli et al., 2007; Nassauer, 1995).
Bu sütun, kırsal peyzajın "sadece fon" olmaktan çıkarak, kullanıcılar için anlamlı, hatırlanabilir ve sahiplenilebilir bir yer hâline gelmesini amaçlamaktadır.

4.4. Etik ve Yönetişim Sütunu
Etik ve yönetişim sütunu, kırsal peyzajın kim tarafından, hangi ilkelerle ve nasıl yönetileceği sorularına odaklanır (Ostrom, 1990; Selman, 2010). Bu sütun, müşterekler kuramı ve ölçülülük etiğinden beslenerek, kırsal alanları adil erişim ve paylaşılan sorumluluk çerçevesinde ele alır (Aristotle, 2000; Ostrom, 1990).

4.4.1. İlkeler
-Kırsal kamusal alanlara erişimde ayrımcılığın ve dışlanmanın önlenmesi, farklı toplumsal grupların alanı güvenle kullanabilmesi (Selman, 2010).
-Su, toprak ve ortak kullanılan mekânlar gibi kaynakların kullanımında ölçülülük ve kuşaklararası sorumluluk, kısa vadeli çıkarlar ile uzun vadeli ekolojik ve toplumsal ihtiyaçlar arasındaki dengenin gözetilmesi (Aristotle, 2000; de Groot et al., 2002).
-Karar süreçlerine yerel toplulukların, özellikle de kırılgan grupların katılımının sağlanması, böylece müşterek alanların sadece "kullanılan" değil, aynı zamanda "sahiplenilen" mekânlar hâline gelmesi (Ostrom, 1990; Sigura et al., 2010).

4.4.2. Kararlar
-Köy dernekleri, kooperatifler ve belediye birimleri arasında yetki ve sorumluluk paylaşımını netleştiren yerel protokoller geliştirilmesi (Ostrom, 1990; Selman, 2006) ,
-Ortak alan kullanımı için basit, herkes tarafından anlaşılabilir ve birlikte belirlenmiş kurallar seti oluşturulması,
-Planlama ve tasarım süreçlerinde halk toplantıları, atölyeler veya odak grup görüşmeleri gibi katılımcı araçların kullanılması, katılımın sembolik düzeyde kalmaması için geri bildirim mekanizmalarının kurulması (Selman, 2010; Sigura et al., 2010)..

4.4.3. Göstergeler
-Karar alma süreçlerine katılan yerel aktör sayısı ve çeşitliliği,
-Ortak alanlara erişimde fiziksel ve sosyal engellerin (engel gruplar, kadınlar, çocuklar, yaşlılar vb.) azaltılma düzeyi,
-Ortak kullanım kurallarına uyum oranı ve bu kurallara ilişkin çatışma sayıları.
Bu sütun, ekolojik ve estetik kazanımların uzun vadede korunabilmesi için gerekli kurumsal ve toplumsal zemini güçlendirmeyi hedeflemektedir (Selman, 2006, 2010).

4.5. Fazlandırılmış Uygulama Yaklaşımı

Modelin sahaya uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla üç aşamalı bir fazlandırma önerilmektedir. Bu fazlar, bir kentsel dönüşüm projesi gibi keskin sınırlarla ayrılmaktan çok, birbirini besleyen ve gerektiğinde geri dönülebilen adımlar olarak düşünülmelidir (McHarg, 1969; Selman, 2006).

-Faz 1 – **Ekolojik Omurganın Kurulması**

Ekolojik sütun ağırlıklıdır.

Öncelik, habitat sürekliliğini sağlayacak koridorların ve suya duyarlı ana hatların belirlenmesine verilir.

Bu faz, sonraki tüm mekânsal kararlar için "taşıyıcı iskelet" işlevi görür (McHarg, 1969).

-Faz 2 – **Kamusal Cepler ve Yerel Doku**

Estetik/deneyimsel sütun ön plana çıkar.

Ekolojik omurganın kesişim ve kavşak noktalarında mikro kamusal alanlar tasarlanır; yerel malzeme ve doku bu fazda görünür hâle gelir (Pedroli et al., 2007; Nassauer, 1995) .

Kullanıcı ile mekân arasındaki duygusal bağın kurulmaya başladığı aşamadır.

-Faz 3 – **Yavaş Erişim ve Tarım–Peyzaj Sentezi**

Üç sütunun birlikte çalıştığı, bütünleştirici fazdır.

Yaya ve bisiklet odaklı dolaşım kurgusu; üretim alanları ile rekreatif kullanımları birbirine bağlayan rotalarla birleştirilir (European Commission, 2013; Sigura et al., 2010).

Topluluk bahçeleri, agro-turizm durakları ve eğitim amaçlı alanlar, hem ekolojik hem de sosyal öğrenme fırsatları sunar.

Bu fazlar, farklı yerleşim tiplerine ve bütçe koşullarına göre modüler biçimde uygulanabilir; böylece model, tek bir örnek alana değil, farklı kırsal bağlamlara uyarlanabilecek esneklikte kalır (Selman, 2010).

4.6. Gösterge Seti ve Değerlendirme Mantığı

Modelin kalıcı olabilmesi için, öngörülen ilkelerin ve kararların izlenebilir olması gerekmektedir. Bu nedenle her sütun için önerilen göstergeler, karmaşık ve yalnızca uzmanlar tarafından uygulanabilir tekniklerden ziyade, yerel yönetimlerin ve araştırmacıların birlikte takip edebileceği yalın ölçütler olarak tasarlanmıştır (de Groot et al., 2010; Fisher et al., 2009).

Değerlendirme mantığı şu adımlara dayanır:

-Ekolojik, estetik/deneyimsel ve etik/yönetişim göstergeleri için başlangıç durumu (mevcut durum analizi) belirlenir.

-Uygulama fazları ilerledikçe göstergeler yeniden ölçülür; böylece değişim eğilimleri izlenir.

-Göstergelerdeki iyileşme veya gerileme, gerekiyorsa tasarım ve yönetişim kararlarının tekrar gözden geçirilmesini sağlar.

-Bu yaklaşım, modelin tek seferlik bir "tasarım reçetesi" olmaktan çıkıp, uyarlanabilir ve öğrenen bir sistem olarak işlemesine imkân tanımaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada önerilen Ekoloji–Estetik–Etik temelli model, kırsal peyzajları yalnızca arazi kullanımı ve üretim organizasyonu üzerinden değil, iyi yaşam, kapasiteler, yer deneyimi ve müşterek alan yönetimi gibi kavramlar eşliğinde yeniden düşünmeyi hedeflemektedir (Sen, 1999; Nussbaum, 2011; Relph, 1976; Ostrom, 1990) . Tartışma bölümünde, modelin kırsal planlama ve peyzaj tasarımı açısından olası katkıları, açabileceği tartışma alanları ve sınırlılıkları ele alınmaktadır.

Öncelikle model, kırsal alanlara ilişkin yaygın "kaynak alanı" söylemini sorgulayarak, kırsal peyzajı doğa ile dengeli bir yaşam zemini olarak konumlandırmaktadır (Selman, 2006; Pedroli et al., 2007). Bu yaklaşım, kalkınma söylemini yalnızca üretim artışı ve ekonomik verimlilik ekseninden çıkartarak, ekolojik dayanıklılık, mekânsal adalet ve nitelikli yaşam deneyimi gibi bileşenleri de tartışmanın merkezine taşımaktadır (European Environment Agency, 2014; International Union for Conservation of Nature, 2016) . Böyle bir çerçeve, özellikle iklim krizi ve biyolojik çeşitlilik kaybının etkilerinin belirginleştiği günümüzde, kırsal alanları "yedek stok" veya "art alan" olarak gören politik yaklaşımlara eleştirel bir alternatif sunmaktadır (de Groot et al., 2002; Selman, 2010).

İkinci olarak model, iyi yaşam ve kapasiteler literatüründen hareketle kırsal peyzajın, insanların yapabilirlik alanlarını genişleten bir uzamsal altyapı olarak ele alınabileceğini göstermektedir (Sen, 1999; Nussbaum, 2011) . Güvenli erişim, temel hizmetlere yakınlık, kamusal mekân varlığı, gölgelik ve dinlenme noktaları gibi unsurlar, modelde yalnızca tasarım detayları değil, iyi yaşamın önkoşulları olarak kavramsallaştırılmaktadır (Aristotle, 2000; Pedroli et al., 2007). Bu yönüyle model, sosyal politika tartışmaları ile mekânsal planlama pratikleri arasında köprü kurma potansiyeli taşımaktadır.

Yer fenomenolojisinin katkısı, modelin estetik/deneyimsel sütununda açık biçimde görülmektedir. Kırsal peyzajın yalnızca "doğal güzellik" üzerinden değil, gündelik yaşantıyı taşıyan bir yer dokusu olarak ele alınması; yürüyüş rotaları, mikro kamusal cepler, gölge–açıklık ritimleri ve yerel doku/malzeme kullanımı gibi tasarım kararlarının, yer duygusunu güçlendiren araçlar olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Relph, 1976; Tuan, 1977; Ingold, 2000; Nassauer, 1995). Bu söz konusu bakış açısı, peyzaj mimarlığı disiplininin estetik tartışmasını "görünüşten deneyime" doğru genişletmesi açısından önemlidir.

Etik ve yönetişim boyutu ise, modelin en kritik ve aynı zamanda en kırılgan bileşeni olarak görülebilir. Müşterekler kuramı ve ölçülülük etiğinden beslenen bu sütun, kırsal peyzajı "herkesin kullandığı ama kimsenin sahiplenmediği" sahipsiz bir alan değil, hak ve sorumlulukların paylaşıldığı bir ortak alan olarak çerçevelemektedir (Ostrom, 1990; Aristotle, 2000). Bununla birlikte, yerel yönetimlerin kurumsal kapasitesi, hukuki çerçeve, mülkiyet yapıları ve yerel topluluklar arasındaki güç ilişkileri, modelin bu boyutunun hayata geçirilmesinde ciddi sınırlılıklar yaratabilir (Selman, 2010; Sigura et al., 2010) . Özellikle katılımcı süreçlerin sembolik düzeyde kalmaması, ortak kullanım kurallarının bağlayıcılık kazanması ve çatışma çözüm mekanizmalarının geliştirilmesi, modelin uygulanabilirliğinin temel koşulları arasında yer almaktadır.

Modelin bir diğer güçlü yönü, İlke–Karar–Gösterge ilişkisi üzerinden kurgulanmasıdır. Bu yapı, soyut görünen kuramsal tartışmaların tasarım ve planlama diliyle buluşmasını kolaylaştırmakta; aynı zamanda uygulama sonrasında elde edilen sonuçların belirli göstergeler aracılığıyla izlenmesini mümkün kılmaktadır (de Groot et al., 2010; Fisher et al., 2009). Ancak bu noktada, önerilen göstergelerin çoğunun nitel ya da yarı nicel ölçütlere dayanması, ölçüm ve izleme çalışmalarında yöntemsel tartışmaların gündeme gelmesine yol açabilir (Nassauer, 1995; Pedroli et al., 2007). Kullanıcı memnuniyeti, yer bağlılığı, gönüllü bakım gibi göstergelerin sahada nasıl ve hangi araçlarla ölçüleceği, ileride yapılacak uygulamalı araştırmaların önemli başlıklarından biri olacaktır. Öte yandan modelin, somut bir örnek alan üzerinden test edilmemiş olması, çalışmanın belirgin sınırlılıklarındandır. Farklı topoğrafya, iklim, üretim kültürü ve sosyo-ekonomik yapıya sahip kırsal yerleşimlerde modelin aynı şekilde işlemesi beklenmemelidir. Bu durum, modelin geçersiz olduğu anlamına gelmemekle birlikte, bağlama duyarlı uyarlamalar gerektirdiğine işaret etmektedir. Bu bağlamda model, "tek tip bir reçete" olmaktan çok, farklı kırsal bağlamlarda yeniden yorumlanabilecek bir çerçeve önerisi olarak görülmelidir (Pedroli et al., 2007; International Union for Conservation of Nature, 2016).

Sonuç olarak tartışma bölümü, Ekoloji–Estetik–Etik temelli modelin kırsal peyzajlara dair düşünme biçimimizi genişletme potansiyelini ortaya koyarken; aynı zamanda modelin uygulanmasının, güçlü bir kurumsal zemin, veri altyapısı ve katılımcı süreç tasarımı gerektirdiğini de vurgulamaktadır (European Commission, 2013; Selman, 2010). Bu durum, gelecekte yapılacak alan çalışmaları ve politika tartışmaları için hem bir fırsat hem de bir sorumluluk alanı oluşturmaktadır.

6. SONUÇ

Bu çalışma, kırsal peyzajların yeniden kurgulanmasına ilişkin tartışmayı, yalnızca arazi kullanımı ve üretim organizasyonu üzerinden değil, iyi yaşam, kapasiteler, yer deneyimi ve müşterek alan kavramlarını birlikte ele alan bir çerçeveye taşımıştır (Sen, 1999; Nussbaum, 2011; Relph, 1976; Ostrom, 1990) . Böylece kırsal alanların, yalnızca ekonomik çıktı üreten "kaynak alanları" olarak değil, doğa ile ilişkiyi, toplumsal yaşamı ve gündelik pratikleri taşıyan ortak yaşam zeminleri olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya konmuştur (Selman, 2006; Pedroli et al., 2007) .

Çalışmada geliştirilen Ekoloji–Estetik–Etik temelli model, bu bakış açısını somutlaştıran üç sütunlu bir yapı sunmaktadır. Ekolojik boyut, habitat sürekliliği, su döngüsü ve yerel tür kompozisyonu üzerinden kırsal peyzajın ekosistem işleyişine odaklanmakta (de Groot et al., 2002; International Union for Conservation of Nature, 2016) ; estetik/deneyimsel boyut, yer duygusu ve gündelik yaşam pratikleri üzerinden mekânın nasıl algılandığını ve yaşandığını merkeze almaktadır (Relph, 1976; Tuan, 1977; Nassauer, 1995) . Etik ve yönetişim boyutu ise, kırsal alanların adil erişim, ölçülülük ve müşterek kullanım ilkeleri çerçevesinde nasıl yönetilebileceğine ilişkin bir zemin sunmaktadır (Aristotle, 2000; Ostrom, 1990; Selman, 2010).

Modelin "İlke–Karar–Gösterge" mantığıyla kurulmuş olması, kuramsal tartışmalar ile tasarım ve planlama pratiği arasında bir bağlantı düzlemi oluşturmuştur (de Groot et al., 2010; Fisher et al., 2009). Bu sayede Ekoloji–Estetik–Etik eksenlerinde tanımlanan ilkeler, somut karar türlerine ve izlenebilir göstergelere bağlanmış; kırsal peyzajların yalnızca tasarım aşamasında değil, uygulama sonrasında da değerlendirilebileceği bir çerçeve geliştirilmiştir. Fazlandırılmış uygulama yaklaşımı ise, farklı ölçek ve bağlamlarda adım adım ilerleyebilen, esnek bir dönüşüm sürecinin tasavvur edilmesine imkân tanımıştır (McHarg, 1969; Selman, 2006). Bununla birlikte, modelin belirli bir örnek alan üzerinde ampirik olarak test edilmemiş oluşu, çalışmanın temel sınırlılıklarından biridir. Farklı topoğrafik, iklimsel ve sosyo-ekonomik özelliklere sahip kırsal yerleşimlerde modelin aynı biçimde işlemesi beklenemez; bu durum, ortaya konan çerçevenin bağlama duyarlı uyarlamalar gerektirdiğini göstermektedir. Gelecekte yapılacak alan çalışmaları ve karşılaştırmalı araştırmalar, modelin farklı kırsal bağlamlarda denenmesi, geliştirilmesi ve yeniden yorumlanması açısından önemli bir imkân sunacaktır (European Commission, 2013; International Union for Conservation of Nature, 2016).

Genel olarak bakıldığında, çalışma; kırsal peyzajlara ilişkin tartışmayı Ekoloji–Estetik–Etik eksenlerinde genişleterek, iyi yaşam odaklı ve doğa ile uyumlu kırsal mekânların düşünülmesi için normatif bir zemin ortaya koymaktadır. Bu zemin, hem kuramsal literatürün zenginleştirilmesine hem de kırsal planlama ve peyzaj tasarımı uygulamalarının daha bütüncül bir bakış açısıyla ele alınmasına katkı sağlayabilecek niteliktedir.

7. KAYNAKLAR

Aristotle. (2000). Nicomachean ethics (T. Irwin, Trans., 2nd ed.). Indianapolis, IN: Hackett Publishing.

de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity, 7(3), 260–272.

de Groot, R. S., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Haines-Young, R., … Ring, I. (2010). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. Ecological Complexity, 7(2), 114–128.

de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics, 41(3), 393–408.

European Commission. (2013). Green infrastructure (GI): Enhancing Europe's natural capital (COM(2013) 249 final). Brussels, Belgium: Author.

European Environment Agency. (2014). Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe's natural capital. Copenhagen, Denmark: Author.

Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. Ecological Economics, 68(3), 643–653.

Ingold, T. (2000). The perception of the environment: Essays on livelihood, dwelling and skill. London, England: Routledge.

International Union for Conservation of Nature. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN

McHarg, I. L. (1969). Design with nature. Garden City, NY: Natural History Press.

Nassauer, J. I. (1995). Messy ecosystems, orderly frames. Landscape Journal, 14(2), 161–170.

Nussbaum, M. C. (2011). Creating capabilities: The human development approach. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.

Ostrom, E. (1990). Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Pedroli, B., van Doorn, A., de Blust, G., Paracchini, M. L., Wascher, D., & Bunce, F. (Eds.). (2007). Europe's living landscapes: Essays exploring our identity in the countryside. Zeist, Netherlands: KNNV Publishing.

Pedroli, G. B. M., Wascher, D. M., de Blust, G., Paracchini, M. L., & van Doorn, A. M. (2007). Introduction: Europe's living landscapes at a turning point. In B. Pedroli, G. B. M. Pedroli, D. M. Wascher, G. de Blust, M. L. Paracchini, & A. M. van Doorn (Eds.), Europe's living landscapes: Essays exploring our identity in the countryside (pp. 11–18). Zeist, Netherlands: KNNV Publishing.

Relph, E. (1976). Place and placelessness. London, England: Pion.

Selman, P. (2006). Planning at the landscape scale. London, England: Routledge.

Selman, P. (2010). Centenary paper: Landscape planning—Preservation, conservation and sustainable development. Landscape Research, 35(1), 5–26.

Sen, A. (1999). Development as freedom. Oxford, England: Oxford University Press.

Sigura, M., & diğer yazarlar. (2010). Rural landscape multifunctionality: A GIS-based approach for sustainable planning. Journal of Agricultural Engineering, 4, 29–38.

Tuan, Y.-F. (1977). Space and place: The perspective of experience. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON PHENOLIC COMPOSITION OF EXTRA VIRGIN OLIVE OIL: MECHANISMS, KINETICS, AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS

Öğr. Gör. Dr. Sıddıka Yusra ÖZKILIÇ
Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0027-3274

Prof. Dr. Derya ARSLAN
Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department
ORCID: 0000-0002-6655-9312

ABSTRACT
Phenolic compounds are essential minor constituents of extra virgin olive oil (EVOO), strongly influencing its sensory properties, oxidative stability, and health-promoting effects. Fresh EVOO typically contains 100-800 mg/kg of total phenolics, predominantly secoiridoid derivatives such as oleuropein aglycone, oleocanthal, and oleacein. Hydroxytyrosol and tyrosol occur in smaller amounts (10-50 mg/kg) but play a crucial role as degradation products of complex secoiridoids. During storage, these phenolics progressively degrade through hydrolysis, oxidation, and polymerization reactions. Oleuropein aglycone and related compounds may decline by 40-60% within one year at room temperature, whereas hydroxytyrosol levels may temporarily increase before dropping below 50% of their initial content with extended storage.
Temperature, light, oxygen, and filtration status critically influence degradation kinetics. Storage at 12-15 °C substantially slows phenolic losses, preserving up to 70% of initial content after 18 months, while exposure to light or air accelerates degradation. Oils stored in transparent PET bottles or with air headspace exhibit rapid phenolic depletion, whereas dark-glass containers and inert-gas flushing significantly enhance stability. Unfiltered oils, though initially richer in phenolics, degrade faster due to residual moisture and suspended solids.
To maintain compliance with the EFSA health claim threshold (≥250 mg/kg), appropriate storage management is essential. Overall, low temperature, light protection, minimal oxygen exposure, and timely filtration are recommended to ensure the long-term preservation of EVOO phenolics and associated nutritional quality.
Keywords: Extra virgin olive oil, phenolic compounds, storage stability, degradation kinetics.

DEPOLAMA KOŞULLARININ NATÜREL SIZMA ZEYTİNYAĞININ FENOLİK BİLEŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ: MEKANİZMALAR, KİNETİKLER VE PRATİK ÖNERİLER

ÖZET
Fenolik bileşikler, natürel sızma zeytinyağının (EVOO) duyusal özellikleri, oksidatif kararlılığı ve sağlık yararları üzerinde belirleyici etkiye sahip değerli minör bileşenlerdir. Taze EVOO genellikle 100-800 mg/kg arasında toplam fenolik madde içerir ve bunun büyük kısmını oleuropein aglikon, oleokantal ve oleasinden oluşan sekoroidoid türevleri oluşturur. Hidroksitirosol ve tirosol genellikle daha düşük miktarlarda (10-50 mg/kg) bulunur, ancak kompleks sekoroidoidlerin bozunma ürünleri olarak önemli rol oynarlar. Depolama sürecinde bu bileşikler hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonları yoluyla kademeli olarak bozulur.

Özellikle oleuropein aglikon ve benzeri bileşikler oda sıcaklığında bir yıl içinde %40-60 oranında azalırken, hidroksitirosol düzeyi kısa sürede artış gösterip uzun vadede başlangıç değerinin %50'sinin altına düşebilir.
Sıcaklık, ışık, oksijen ve filtrasyon durumu bu bozunma kinetiklerini kritik biçimde etkiler. 12-15 °C'de depolama, 18 ay sonunda başlangıç fenolik içeriğinin yaklaşık %70'inin korunmasını sağlayabilirken, ışık ve hava teması bu kayıpları hızlandırır. Şeffaf pet şişelerde veya hava boşluğu bulunan kaplarda depolanan yağlar hızla fenolik kaybına uğrarken, koyu renkli cam ambalajlar ve inert gaz (azot/argon) kullanımı stabiliteyi belirgin biçimde artırır. Filtre edilmemiş yağlar başlangıçta daha yüksek fenolik içeriğe sahip olsa da, içerdiği artık su ve partiküller nedeniyle daha hızlı bozulma gösterir.
Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından belirlenen sağlık beyanı eşiği olan ≥250 mg/kg seviyesinin korunması için uygun depolama koşulları kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, düşük sıcaklık, ışık geçirmeyen ambalaj, minimum oksijen teması ve zamanında filtrasyon, EVOO'nun fenolik bileşenlerini ve buna bağlı besinsel kalitesini uzun süre korumak için önerilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Natürel sızma zeytinyağı, fenolik bileşikler, depolama kararlılığı, bozunma kinetiği.

INTRODUCTION

STRUCTURE AND IMPORTANCE OF PHENOLIC COMPOUNDS IN OLIVE OIL

Although olive oil is chemically composed largely of triglycerides containing monounsaturated oleic acid, the real difference in terms of health and quality comes from the phenolic compounds found in the 1-2% fraction, known as the "minor components." This fraction primarily contains simple phenols (hydroxytyrosol, tyrosol), phenolic acids, lignans (pinoresinol, 1-acetoxypinoresinol), and olive-specific secoiridoids (oleuropein derivatives, oleocanthal, oleacein) (Montedoro, 1992; Salis et al., 2021). These compounds, generally due to their ortho-dihydroxyl (catechol) structures and conjugated aromatic rings, can neutralize free radicals, chelate metal ions, and exhibit strong antioxidant effects by interrupting chain reactions (Servili et al., 2013). Recent reviews emphasize that hydroxytyrosol, oleuropein, and oleocanthal, in particular, play a key role in protecting cellular and mitochondrial functions by reducing oxidative stress and inflammation (Silva-Soto et al., 2025).
Phenolic compounds are decisive not only in terms of chemical structure but also in the sensory and technological properties of olive oil. It has been shown that there is a high correlation between the total amount of hydrophilic phenols and the oxidative stability of olive oil, while tocopherols contribute much more limitedly in this regard (Baldioli et al., 1996). Phenolics are also the primary source of the bitterness and throat-burning sensation characteristic of olive oil; oleuropein derivatives and oleocanthal, in particular, are associated with these sensory properties typical of high-phenolic virgin oils (Servili et al., 2002). Recent studies have shown that phenolic compounds gradually decrease over storage conditions and duration, and that both oxidative stability and functional properties are weakened in parallel (Blasi et al., 2025). Therefore, proper storage (light, temperature, and oxygen control) is as critical for maintaining the phenolic profile as the production of high-phenolic oil. From a human health perspective, the importance of olive oil phenolics has also been officially recognized by the European Food Safety Authority (EFSA). In its 2011 opinion, EFSA stated that olive oil polyphenols contribute to the protection of blood lipids from oxidative stress and that for this health claim to be used, at least 5 mg of hydroxytyrosol and its derivatives (oleuropein complex, tyrosol derivatives, etc.) must be present in 20 g of olive oil (EFSA, 2011; Mair et al., 2023; López-Huertas et al., 2021).

Clinical and experimental studies have demonstrated that hydroxytyrosol and related phenolics suppress LDL oxidation, improve endothelial function, and positively affect cardiovascular risk markers (Marković et al., 2019). More recent reviews report that these compounds may have a protective effect not only against cardiovascular diseases but also against chronic conditions such as cancer, neurodegenerative diseases, and metabolic syndrome (Anwar et al., 2025; Silva-Soto et al., 2025).

The phenolic profile varies significantly depending on many factors, including olive variety, growing conditions, harvest maturity, extraction technology, and even the inclusion of leaves or by-products in the oil through co-extraction. Recent studies have revealed that the amounts and composition of phenolic compounds vary significantly across olive oils of different varieties and ripening stages, directly impacting both antioxidant capacity and health effects (Schmidt et al., 2023). It has also been reported that technological approaches such as co-extraction or leaf addition can be used to enhance the functional capacity of olive oil (Marx et al., 2023). In this context, understanding the structure and behavior of phenolic compounds in olive oil has become a fundamental requirement at the core of modern olive oil technology to maximize both sensory quality and nutritional health benefits.

DEGRADATION MECHANISMS AND KINETICS OF PHENOLIC COMPOUNDS

The degradation mechanisms of phenolic compounds are primarily shaped by the combined effects of oxidation, hydrolysis, isomerization, polymerization, and enzymatic reactions. The hydroxyl groups on the aromatic ring, particularly the ortho-dihydroxyl (catechol) structures, make phenols both potent antioxidants and susceptible to oxidation. In the presence of free radical attack or dissolved oxygen in solution, phenols gradually oxidize to semiquinone and quinone forms, which can then transform into brown-colored polymeric products. In systems such as wine and fruit juice, oxidative enzymes such as laccase and peroxidase accelerate the enzymatic oxidation of phenolics, leading to the rapid loss of hydroxycinnamic acids and flavonoids (Bustamante et al., 2025). In olive oil and other lipid systems, light, temperature, metal catalysts (Fe, Cu), and dissolved oxygen trigger the oxidative depletion of phenolic compounds and phenolic-lipid radical interactions (Mousavi et al., 2021). These processes not only reduce phenolic concentrations but also cause sensory and functional changes such as color darkening, changes in bitterness profiles, and a decrease in antioxidant capacity.

In terms of degradation kinetics, many studies have successfully explained the decrease in phenolic compounds over time, often using pseudo-first-order or first-order kinetic models. It has been reported that total phenolic content in fruit and vegetable products obeys a first-order reaction model during heat treatment, and parameters such as rate constant (k), half-life ($t_{1/2}$), and activation energy (E_a) can be described by the Arrhenius equation (Zapata et al., 2021). Similarly, it has been reported that both peroxidase inactivation and phenolic content loss in broccoli and other vegetable products fit the first-order model, and the temperature effect is well explained by the Arrhenius approach. These findings demonstrate that the degradation rate of phenolic compounds is proportional to concentration in many food matrices, and that the classical chemical kinetics framework can be successfully applied to these systems. More complex scenarios exist in lipid-phase systems and complex foods, where zero-order, pseudo-zero-order, or mixed reaction orders can also occur. Some model studies controlling temperature and relative humidity have better explained the change in total phenolic compounds over time with zero-order kinetics and demonstrated that activation energies can be predicted with the Arrhenius model (de Vilela Silva et al., 2023).

Long-term studies on the degradation of olive oil phenolics during storage have revealed that secoiridoid phenols (e.g., oleuropein derivatives) exhibit pseudo-first-order kinetics, converting to hydroxytyrosol and tyrosol derivatives upon hydrolysis and oxidation, and these derivatives exhibit greater relative stability (Krichene et al., 2015). Similarly, oleuropein degradation in olive leaf extracts is reported to accelerate depending on pH and temperature, with reaction rate constants increasing steadily as temperature increases, while activation energy varies depending on solution composition (Gonzalez-Ortega et al., 2023). In such systems, the simultaneous hydrolysis and oxidation of phenolics can also alter the "effective" reaction order of the observed overall kinetics.

Recent studies have shown that phenolic degradation kinetics can be characterized not only by fundamental parameters such as k and E_a, but also by thermodynamic (ΔH, ΔS, ΔG) and multivariate models. Enthalpy and entropy changes in the thermal degradation of phenolics in some plant extracts have been calculated, assessing the spontaneous nature of the reactions and their sensitivity to temperature (Lago et al., 2017). Dynamic modeling approaches have begun to predict phenolic loss using multiparameter equations that include environmental variables such as temperature and humidity; these approaches have become an important tool for shelf-life modeling and process optimization (de Vilela Silva et al., 2023). Furthermore, in wine and similar systems where enzymatic and chemical degradation proceed simultaneously in the presence of oxygen, detailed kinetic analyses of selected phenolic compounds have been conducted to determine which compound classes (e.g., hydroxycinnamic acids, flavonols) are more vulnerable (Bustamante et al., 2025).

EFFECTS OF STORAGE PARAMETERS

The changes in phenolic compounds in olive oil during storage are highly sensitive to environmental parameters such as light, temperature, oxygen, and packaging material. Although phenolics, particularly secoiridoid derivatives (oleuropein aglycones, oleocanthal, and oleacein), are natural protectors of olive oil against oxidation, they can rapidly deteriorate under the influence of oxygen and temperature during storage. Salis et al. (2021) emphasized the direct relationship between these compounds and oxidative stability, noting that the decrease in phenolic levels during storage negatively impacts quality indicators.

Storage temperature is one of the most critical factors determining the stability of phenolic compounds. High-temperature storage accelerates the hydrolytic degradation of secoiridoids, leading to their conversion into smaller phenols such as hydroxytyrosol and tyrosol. Kalogianni et al. (2023) showed that storing olive oil at 25-40 °C resulted in a significant decrease in phenolic compounds, while stability was significantly maintained at around 15 °C. In a previous long-term study, Aparicio et al. (1999) similarly reported that low-temperature storage significantly slowed phenolic loss over an 18-month period.

Light exposure is another important parameter that accelerates the degradation of phenolic compounds. Chlorophyll derivatives in olive oil catalyze photo-oxidation in the presence of light, and this chain reaction leads to the rapid depletion of the radical-scavenging effect of phenolic compounds. Tsimidou and Boskou (2015) reported a much faster decrease in secoiridoids such as oleocanthal and oleacein in samples exposed to light compared to those stored in the dark. Oxygen availability and packaging material also significantly influence phenolic stability. Increasing the headspace volume within the bottle increases oxygen exposure, accelerating the oxidative degradation of phenolic compounds. Mancebo-Campos et al. (2014) reported that phenolic compounds are much better preserved in packaging using inert gas (argon/nitrogen). In recent years, Marx et al. (2023) demonstrated that oils containing phenolic supplements, such as olive leaf, are more resistant to oxygen and light, and that additional leaf-derived phenolics can buffer oxidative stress.

High temperatures accelerate both oxidative and hydrolytic degradation of phenolics, while light exposure triggers photo-oxidation, particularly via chlorophyll, leading to rapid depletion of secoiridoids (Tsimidou and Boskou, 2015). Increased oxygen exposure, coupled with a large headspace, leads to rapid depletion of phenolic compounds through radical reactions, and this loss has been shown to be significantly reduced in bottles filled with inert gas (Mancebo-Campos et al., 2014). Unfiltered oils may contain microemulsion structures due to plant particles that retain some of the polyphenols and higher water content; this structure allows enzymes such as lipase and peroxidase to remain active, leading to faster degradation of phenolics (Cayuela-Sánchez et al., 2019). Regarding packaging materials, materials with high light transmittance and poor oxygen barriers, such as PET and clear glass, accelerate phenolic loss, whereas dark glass, tinplate cans, and multilayer high-barrier packaging with low oxygen permeability significantly improve phenolic stability (Pristouri et al., 2010). Therefore, low temperature, dark environment, narrow headspace, appropriate filtration, and low-permeability packaging selection must be optimized to preserve phenolic compounds.

APPLICATION SUGGESTIONS FOR INDUSTRIAL AND CONSUMER USE

Practices aimed at preserving the stability of phenolic compounds in olive oil require a holistic approach at both the industrial and consumer levels. On an industrial scale, maintaining a constant temperature between 12-18 °C during storage and logistics processes, and reducing oxygen exposure by using inert gases such as nitrogen or argon in tanks, significantly slows the oxidative loss of phenolic compounds. Choosing dark glass, tin, or multi-layer barrier packaging over light-colored glass and PET, which are highly permeable to oxygen, is an effective strategy for enhancing phenolic stability. Furthermore, reducing headspace and filling the bottle with inert gas slows the rate of oxidation. Proper filtration is also crucial, as the higher water and particle content in unfiltered oils can increase enzymatic hydrolysis and microbial activity, leading to faster degradation of phenolic compounds. Therefore, reducing the water content of oil and proper filtration are critical for industrial applications aiming for extended shelf life. Additionally, technological enrichment methods such as co-extraction or leaf addition can be used in a controlled manner to preserve or increase the phenolic profile.

At the consumer level, storing olive oil in cool, dark environments, away from temperature fluctuations, is essential for preserving phenolic compounds. Storing olive oil in areas such as near a radiator, stovetop, or on a sunny counter accelerates oxidation and hydrolysis processes, leading to a loss of quality. Therefore, consumers are advised to choose products packaged in dark glass or tin cans, and instead of purchasing large volumes, choose smaller bottles that can be consumed more quickly. Because headspace increases after opening, decanting the oil into a smaller bottle or tightly sealing the lid reduces oxygen exposure. Consumers should also be aware that unfiltered oils have a shorter shelf life, and they should be consumed sooner. Finally, for marketing and quality management purposes, producers should provide scientifically based label guidance regarding storage conditions, regularly share phenolic content analyses, and indicate bottling and harvest dates, raising consumer awareness and contributing to the preservation of the product's true quality. Offering products with high phenolic content in the premium category allows producers to adopt a quality-promoting approach while also empowering consumers to make informed choices. This holistic approach is essential for maintaining the high biological value of olive oil and preserving its functional properties throughout its shelf life.

CONCLUSION

Parameters such as temperature, light, oxygen, water content, filtration, and packaging material all directly affect the rate of degradation of phenolic compounds, and controlling these factors significantly enhances the sensory quality, oxidative stability, and health benefits of olive oil. At the industrial scale, appropriate storage technologies, correct packaging selection, and process optimization, while at the consumer level, conscious storage and the right product selection, are complementary steps to reduce phenolic losses. Ultimately, preserving the unique quality and health value of olive oil, linked to its high phenolic profile, depends on managing all stages of the producer-consumer chain in accordance with these scientific principles. By adopting this approach, both the industry and the consumer will achieve a more stable, healthier, and higher value-added product. It is recommended that future studies focus on determining phenolic degradation kinetic parameters specific to different olive cultivars, developing packaging innovations that will increase phenolic stability (active barrier materials, antioxidant-added coatings, etc.), and establishing standard shelf-life models that reliably predict the aging behavior of olive oil.

REFERENCES

Aparicio, R., Roda, L., Albi, M. A., & Gutiérrez, F. (1999). Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4150–4155.

Anwar, M. J., Anwar, M. H., Imran, M., Noman, A. M., Hussain, M., Raza, H., ... & Selim, S. (2025). Olive Oil Polyphenols: A Promising Approach for Cancer Prevention and Therapy. Food Science & Nutrition, 13(9), e70976.

Baldioli, M., Servili, M., Perretti, G., & Montedoro, G. (1996). Antioxidant activity of virgin olive oil phenolic compounds. Journal of the American Oil Chemists' Society, 73, 1589–1593.

Blasi, F., Ceccarini, M. R., Bistarelli, S., Galli, F., Cossignani, L., Bartolini, D., & Ianni, F. (2025). Impact of Extra-Virgin Olive Oil Storage Conditions on Phenolic Content and Wound-Healing Properties. Foods, 14(12), 2104.

Bustamante, M., Gil-Cortiella, M., Peña-Neira, Á., Gombau, J., García-Roldán, A., Cisterna, M., ... & Zamora, F. (2025). Oxygen-induced enzymatic and chemical degradation kinetics in wine model solution of selected phenolic compounds involved in browning. Food Chemistry, 144421.

Cayuela-Sánchez, J. A., & Caballero-Guerrero, B. (2019). Fresh extra virgin olive oil, with or without veil. Trends in Food Science & Technology, 83, 78-85.

de Vilela Silva, E. T., de Queiroz, A. J. M., de Figueiredo, R. M. F., Moura, H. V., dos Santos, F. S., de França Silva, A. P., ... & Gomes, J. P. (2023). Dynamic modelling of degradation kinetics of phenolic compounds, phenolic profiles, mineral content, and overall antioxidant capacity of germinated peanut flours. LWT, 183, 114927.

EFSA Panel on Dietetic Products (2011). Nutrition and Allergies (NDA) Scientific opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive oil and protection of LDL particles from oxidative damage. EFSA Journal, 9(4), 2033.

Gonzalez-Ortega, R., Di Mattia, C. D., Pittia, P., & Natasa, P. U. (2023). Effect of heat treatment on phenolic composition and radical scavenging activity of olive leaf extract at different pH conditions: a spectroscopic and kinetic study. Journal of the Science of Food and Agriculture, *103*(4), 2047-2056.

Krichene, D., Salvador, M. D., & Fregapane, G. (2015). Stability of virgin olive oil phenolic compounds during long-term storage (18 months) at temperatures of 5-50 °C. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63(30), 6779-6786.

Lago, C. C., & Noreña, C. P. Z. (2017). Thermodynamic and kinetics study of phenolics degradation and color of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) microparticles under accelerated storage conditions. Journal of food science and technology, 54(13), 4197-4204.

López-Huertas, E., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2021). Olive oil varieties and ripening stages containing the antioxidants hydroxytyrosol and derivatives in compliance with EFSA health claim. Food Chemistry, 342, 128291.

Mair, A., Fischnaller, M., Lutz, O. M., Corradini, D., Skaltsounis, A. L., Stathopoulos, P., ... & Bonn, G. K. (2023). Quantification of health claim-relevant tyrosol and hydroxytyrosol after direct hydrolysis improves customer understanding and mitigates market distortion. Separations, 10(4), 268.

Mancebo-Campos, V., Salvador, M. D., & Fregapane, G. (2014). Antioxidant capacity of individual and combined virgin olive oil minor compounds evaluated at mild temperature (25 and 40 °C) as compared to accelerated and antiradical assays. Food chemistry, 150, 374-381.

Marx, Í. M. (2023). Co-extraction technique improves functional capacity and health-related benefits of olive oils: a mini review. Foods, 12(8), 1667.

Karković Marković, A., Torić, J., Barbarić, M., & Jakobušić Brala, C. (2019). Hydroxytyrosol, tyrosol and derivatives and their potential effects on human health. Molecules, 24(10), 2001.

Montedoro, G.F., Servili, M., Baldioli, M., Miniati, E. (1992). Simple and Hydrolyzable Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil. 1. Their Extraction, Separation, and Quantitative and Semiquantitative Evaluation by HPLC. J. Agric. Food. Chem. 40, 1571–1576.

Mousavi, S., Mariotti, R., Stanzione, V., Pandolfi, S., Mastio, V., Baldoni, L., & Cultrera, N. G. (2021). Evolution of extra virgin olive oil quality under different storage conditions. Foods, 10(8), 1945.

Pristouri, G., Badeka, A., & Kontominas, M. G. (2010). Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. Food control, 21(4), 412-418.

Salis, C., Papadakis, I. E., & Hagidimitriou, M. (2021). Identification and quantification of phenolic compounds in fresh and processed table olives of cv.'Kalamata'. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 49(2), 12394-12394.

Schmidt, L., Prestes, O. D., Augusti, P. R., & Moreira, J. C. F. (2023). Phenolic compounds and contaminants in olive oil and pomace–A narrative review of their biological and toxic effects. Food Bioscience, 53, 102626.

Servili, M., & Montedoro, G. (2002). Contribution of phenolic compounds to virgin olive oil quality. European Journal of Lipid Science and Technology, 104(9-10), 602-613.

Servili, M., Sordini, B., Esposto, S., Urbani, S., Veneziani, G., Maio, I. D., ... & Taticchi, A. (2013). Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil. Antioxidants, *3*(1), 1-23.

Silva-Soto, M. Á., Carrillo-Fernández, P., Saez Lancellotti, E. T., Medina-Jiménez, E., Mogaburo Alba, J. F., Catena-Granados, N., ... & Bernal-López, M. R. (2025). Extra Virgin Olive Oil Phenolic Compounds: Modulating Mitochondrial Function and Protecting Against Chronic Diseases-A Narrative Review. Nutrients, 17(9), 1443.

Tsimidou, M. Z., & Boskou, D. (2015). The health claim on'olive oil polyphenols' and the need for meaningful terminology and effective analytical protocols. European Journal of Lipid Science & Technology, 117(8).

Zapata, J. E., Sepúlveda, C. T., & Álvarez, A. C. (2021). Kinetics of the thermal degradation of phenolic compounds from achiote leaves (*Bixa orellana* L.) and its effect on the antioxidant activity. Food Science and Technology, 42, e3092

HIGH-PHENOLIC OLIVE OIL: TOWARDS CLEAR STANDARDS AND RELIABLE LABELING

Öğr. Gör. Dr. Sıddıka Yusra ÖZKILIÇ
Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department
ORCID: 0000-0002-0027-3274

Prof. Dr. Derya ARSLAN
Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department
ORCID: 0000-0002-6655-9312

ABSTRACT
Polyphenols, particularly hydroxytyrosol, tyrosol, and their derivatives, are crucial minor constituents responsible for the health-promoting and sensory properties of extra virgin olive oil (EVOO). In recent years, the term “high-phenolic” olive oil has gained significant attention in both scientific and commercial fields. However, its use remains inconsistent, as producers and researchers adopt varying thresholds and analytical methods. This inconsistency leads to consumer confusion and raises critical scientific and regulatory questions.
The only legally recognized reference point is established by European Commission Regulation (EU) 432/2012, which authorizes a health claim stating that “olive oil polyphenols contribute to the protection of blood lipids from oxidative stress” when the oil provides at least 5 mg of hydroxytyrosol and its derivatives per 20 g of oil equivalent to roughly 250 mg/kg. Although this limit is often cited, it was never intended as a formal definition of “high-phenolic” olive oil.
Several researchers have proposed higher thresholds, typically between 300 and 500 mg/kg, to ensure beneficial levels persist throughout storage. Variations in analytical approaches (from Folin–Ciocalteu assays to HPLC and NMR) further complicate comparisons, as each method quantifies different phenolic fractions.
Achieving consensus requires international harmonization and transparent reporting. Standardized analytical procedures, clear disclosure of quantified compounds, and consistent labeling terminology are essential for scientific comparability and consumer trust. Overall, while the EFSA-approved threshold (~250 mg/kg) defines the minimum for health claims, oils initially exceeding 500 mg/kg may justifiably be termed “high-phenolic”, ensuring stability and genuine health benefits during shelf life.
Keywords: Extra virgin olive oil, phenolic compounds, health claim, labeling standards.

YÜKSEK FENOLİK ZEYTİNYAĞI: AÇIK STANDARTLAR VE GÜVENİLİR ETİKETLEMEYE DOĞRU

ÖZET
Polifenoller, özellikle hidroksitirosol, tirosol ve türevleri, natürel sızma zeytinyağının (EVOO) hem sağlık hem de duyusal özelliklerinden sorumlu başlıca minör bileşenlerdir. Son yıllarda “yüksek fenolik” zeytinyağı kavramı bilimsel ve ticari çevrelerde giderek daha fazla ilgi görmüştür. Ancak bu terimin kullanımı oldukça tutarsızdır; üreticiler ve araştırmacılar farklı eşik değerleri ve analiz yöntemlerini benimsemektedir. Bu durum tüketicilerde kafa karışıklığı yaratmakta ve önemli bilimsel ile yasal belirsizlikleri gündeme getirmektedir.

Yasal olarak tanınan tek referans noktası, Avrupa Komisyonu Yönetmeliği (AB) 432/2012'dir. Bu yönetmelik, "zeytinyağı polifenolleri kan lipidlerini oksidatif stresten korur" ifadesinin, 20 g yağda en az 5 mg hidroksitirosol ve türevleri bulunması halinde kullanılabileceğini belirtir; bu da yaklaşık 250 mg/kg fenolik içeriğe karşılık gelir. Ancak bu değer, "yüksek fenolik" tanımını belirlemek için değil, sağlık beyanını desteklemek amacıyla oluşturulmuştur.

Bazı araştırmacılar, depolama süresince fenolik kayıpları dikkate alarak 300–500 mg/kg aralığında daha yüksek sınırlar önermektedir. Kullanılan analiz yöntemlerindeki farklılıklar (Folin–Ciocalteu, HPLC, NMR vb.) ise sonuçlar arasında önemli değişkenlik yaratmaktadır.

Uluslararası düzeyde ortak bir yaklaşımın benimsenmesi için yöntem standardizasyonu, analiz edilen bileşiklerin açık şekilde raporlanması ve etiketlemede tutarlı terminoloji kullanılmalıdır. EFSA tarafından onaylanan ~250 mg/kg alt sınır sağlık beyanı için geçerli olsa da, başlangıçta 500 mg/kg üzeri fenolik içeriğe sahip yağların "yüksek fenolik" olarak sınıflandırılması, depolama boyunca sağlık etkilerinin korunması açısından daha uygun bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Natürel sızma zeytinyağı, fenolik bileşikler, sağlık beyanı, etiketleme standartları.

INTRODUCTION

Extra virgin olive oil (EVOO), the highest grade of olive oil obtained solely by mechanical means, represents one of the most distinctive components of the Mediterranean diet. Its health-promoting properties are primarily attributed to its unique composition of minor bioactive constituents, particularly phenolic compounds such as hydroxytyrosol, tyrosol, oleuropein aglycone, oleocanthal, and oleacein. These compounds are potent antioxidants and anti-inflammatory agents that contribute not only to the nutritional value of the oil but also to its sensory profile, including bitterness, pungency, and characteristic aroma. Although phenolics constitute less than 2% of the total mass of EVOO, their impact on both health and stability is disproportionally high (Caporaso et al., 2015).

The phenolic content of EVOO can vary widely depending on factors such as olive cultivar, fruit ripeness, agronomic conditions, extraction technology, and storage parameters. Concentrations typically range from 100 to 800 mg/kg, though exceptional oils can exceed 1500 mg/kg (Anonymous, 2011; Anonymous, 2024a). This variability has led to increasing interest in so-called *high-phenolic* or *high-polyphenol* olive oils, a category promoted for its superior antioxidant capacity, extended shelf life, and potential medicinal value. Producers often highlight such oils as "functional foods" or "nutraceuticals," reflecting both consumer demand and growing scientific recognition of olive oil phenolics as protective dietary components (Serra et al., 2021).

Despite the widespread use of the term "high-phenolic olive oil," its definition remains ambiguous and inconsistent. Some producers label oils exceeding 250 mg/kg of total phenolics as "high," aligning with the European Commission's health claim regulation (EU 432/2012), which permits the statement that "olive oil polyphenols contribute to the protection of blood lipids from oxidative stress" if the oil provides at least 5 mg of hydroxytyrosol and derivatives per 20 g of oil. However, this threshold was intended for health claim validation, not as a quality classification (Caporaso et al., 2015). Many researchers argue that higher levels (typically above 500 mg/kg) are necessary to ensure sustained phenolic benefits throughout storage and distribution (Anonymous, 2022).

Given the increasing use of "high-polyphenol" terminology in both scientific literature and commercial marketing, there is an urgent need for a clearer, standardized framework. This review aims to synthesize the available evidence regarding phenolic thresholds, analytical variability, and labeling practices, while also examining how storage conditions influence phenolic degradation and consequently the reliability of health-related labeling. By integrating regulatory, analytical, and practical perspectives, the review seeks to contribute to a harmonized understanding of what truly constitutes high-phenolic olive oil in both scientific and consumer contexts.

REGULATORY CONTEXT AND HEALTH CLAIMS

The regulatory framework governing the labeling of olive oil phenolics is primarily defined by the European Commission Regulation (EU) No. 432/2012, which establishes authorized health claims under the European Food Safety Authority (EFSA). Within this framework, olive oils that provide at least 5 mg of hydroxytyrosol and its derivatives per 20 g of oil are permitted to bear the claim: "Olive oil polyphenols contribute to the protection of blood lipids from oxidative stress." This threshold corresponds to approximately 250 mg/kg of total phenolic content in the oil and represents the only legally recognized quantitative reference for the relationship between phenolic concentration and health benefits (Caporaso et al., 2015). The EFSA opinion was based on clinical evidence showing that regular consumption of olive oil rich in hydroxytyrosol derivatives can reduce oxidative damage to low-density lipoproteins (LDL), thereby contributing to cardiovascular protection. However, this regulatory limit was intended as a minimum requirement for substantiating a specific health claim, not as a definition of what qualifies an oil as "high in polyphenols."

Despite its scientific rigor, the regulation has led to confusion among producers and consumers alike. Many producers interpret the EFSA threshold as a marketing benchmark, labeling oils above 250 mg/kg as "high-phenolic" or "premium," even though such levels may only marginally meet the minimum physiological efficacy. In contrast, numerous researchers and industry initiatives advocate for higher cut-offs, typically ≥500 mg/kg, arguing that the natural degradation of phenolics during storage means oils should start with higher concentrations to maintain functional benefits until consumption (Anonymous, 2022).

One of the most prominent initiatives in this regard is the Aristoil Plus project, a European Union–funded program that promotes the production and recognition of high-phenolic *EVOOs* across Mediterranean countries. Under this framework, EVOOs with phenolic levels exceeding 500 mg/kg are eligible to carry the "Aristoil Collar" label, signaling their nutraceutical quality and alignment with EFSA's health claim requirements (Roselli et al, 2017). This voluntary labeling system aims to harmonize production standards and consumer communication, while raising awareness about the nutritional and therapeutic value of polyphenols in olive oil.

Beyond Europe, similar movements are emerging globally. In North America and Australia, producers increasingly include polyphenol concentration (e.g., "550 mg/kg total phenols") directly on labels as a transparency measure. However, there is no international consensus on analytical standards, reference compounds, or equivalency units (e.g., caffeic acid vs. tyrosol equivalents), creating interpretative ambiguity for consumers and regulators alike (Anonymous, 2011).

In summary, while Regulation 432/2012 provides a valuable legal foundation linking phenolic content to health benefits, its interpretation as a categorical quality label remains scientifically and practically debatable. Bridging the gap between legal compliance, analytical consistency, and consumer understanding is essential to establish a globally coherent definition of "high-phenolic" olive oil.

ANALYTICAL AND METHODOLOGICAL CHALLENGES

Accurate quantification of phenolic compounds in EVOO represents one of the most complex and debated analytical challenges in food chemistry. Although polyphenols are central to both health claims and sensory properties, their measurement lacks a universally accepted methodology, leading to inconsistent results among laboratories and confusion in both regulatory and commercial contexts. Reported total phenolic contents for the same oil sample can differ by more than 50% depending on the analytical method, extraction solvent, or expression unit used (Anonymous, 2011).

Historically, the Folin–Ciocalteu spectrophotometric assay has been the most widely used technique to estimate "total phenolics." It is simple and inexpensive, but it lacks specificity because the reagent reacts not only with phenols but also with other reducing compounds such as ascorbic acid and sugars. Results are typically expressed as "gallic acid equivalents," "tyrosol equivalents," or "caffeic acid equivalents," each yielding different numerical values for the same sample. Consequently, comparing studies or labeling data becomes scientifically unreliable unless the exact method and reference compound are reported (Del Caro et al., 2006; Anonymous, 2011).

To improve specificity, HPLC and LC-MS are now the preferred analytical techniques for determining individual phenolic compounds such as hydroxytyrosol, tyrosol, oleuropein aglycone, oleocanthal, and oleacein. These methods enable precise quantification and identification of specific secoiridoid derivatives but require advanced instrumentation, standardized calibration, and rigorous sample preparation to ensure reproducibility. Even within HPLC-based methods, differences in extraction media (methanol-water vs. ethanol-water), hydrolysis steps, and detection wavelengths lead to significant discrepancies in total phenolic values (Gomez-Alonso et al., 2005; Stefanoudaki et al., 2010).

More recently, NMR spectroscopy has been introduced as a promising quantitative tool. It offers direct measurement of phenolic aldehydes such as oleacein and oleocanthal with high accuracy and reproducibility, making it suitable for certification purposes and international competitions (Anonymous, 2024a). However, NMR's high operational cost and limited accessibility restrict its use mainly to research institutions and specialized laboratories.

The lack of standardized units and reference compounds remains a fundamental obstacle. As noted by the International Olive Council (IOC), even when laboratories apply similar extraction and detection methods, discrepancies persist because there is no officially adopted reference molecule or expression system. This absence of harmonization complicates any attempt to define a universal threshold for "high-phenolic" classification.

To address this issue, several experts and organizations have called for method harmonization and transparent reporting, including detailed disclosure of the analytical method used, calibration standards, and the date of analysis relative to the harvest. Such transparency would enable meaningful comparisons across studies and provide a scientifically sound foundation for labeling claims. Until this goal is achieved, "high-phenolic" designations will remain partially subjective, constrained by analytical inconsistency rather than biological or nutritional validity.

PHENOLIC CONTENT THRESHOLDS FOR LABELING

Defining the appropriate phenolic threshold for labeling olive oils as "high-phenolic" or "high-polyphenol" remains one of the most contentious issues in both academia and industry. The European Commission Regulation (EU) No. 432/2012 set the only legally recognized benchmark (approximately 250 mg/kg) corresponding to 5 mg of hydroxytyrosol and its derivatives per 20 g of oil. This level was derived from clinical studies demonstrating measurable antioxidant protection of blood lipids.

However, while scientifically valid as a minimum efficacy threshold, it was never intended to serve as a commercial classification of "high" phenolic content (Caporaso et al., 2015).

In practice, the phenolic content of commercial extra virgin olive oils (EVOOs) varies widely-from as low as 50 mg/kg in refined or late-harvest oils to over 3000 mg/kg in early-harvest, high-quality cultivars (Anonymous, 2024a). The majority of retail EVOOs contain less than 200 mg/kg, and studies show that fewer than 10% of oils on the market exceed the EFSA threshold (Caporaso et al., 2015). In a multicountry survey, more than 90% of tested EVOOs failed to reach 250 mg/kg, highlighting the rarity of truly high-phenolic oils in consumer markets (Anonymous, 2024b).

Given these observations, several researchers and industry initiatives have proposed higher classification cut-offs. A concentration of ≥500 mg/kg is increasingly advocated as a realistic criterion for the "high-phenolic" designation, ensuring that oils maintain at least 250 mg/kg by the time they reach consumers after months of transport and storage (Anonymous, 2022). The EU-funded Aristoil Plus project has formally adopted this limit, granting the "Aristoil Collar" label to EVOOs exceeding 500 mg/kg as a recognition of superior nutraceutical quality (Roselli et al., 2017). Some producers and researchers even suggest tiered classifications, such as "medium" (250–500 mg/kg), "high" (500–1000 mg/kg), and "very high" (>1000 mg/kg), to better reflect compositional diversity and sensory strength (Anonymous, 2023).

From a scientific standpoint, phenolic content above 400–500 mg/kg is considered optimal for balancing health functionality, oxidative stability, and palatability. Extremely high levels (>2000 mg/kg) may enhance antioxidant potential but also yield excessive bitterness and pungency, limiting consumer acceptance (Serra et al., 2021). Therefore, labeling should not only communicate phenolic concentration but also help consumers understand its sensory implications and storage stability.

Ultimately, defining "high-phenolic" EVOO requires integrating analytical precision, biological efficacy, and practical shelf-life considerations. An oil labeled as high-phenolic should guarantee that phenolic concentrations remain above the health-claim threshold until the end of its declared shelf life. Without accounting for storage-induced degradation, labeling based solely on initial measurements risks misleading consumers and undermining the credibility of health-related marketing.

CONSUMER COMMUNICATION AND LABELING PRACTICES

Consumer interest in high-phenolic extra virgin olive oil (EVOO) has surged in recent years, fueled by scientific reports linking olive oil phenolics to disease prevention and longevity. However, the communication of these benefits through labeling and marketing remains fragmented and inconsistent. The absence of a standardized global definition for "high-phenolic" oil allows producers to adopt varying thresholds and analytical references, often resulting in consumer confusion and regulatory ambiguity.

In the European Union, the EFSA-approved health claim offers a legal framework, yet its interpretation varies widely among producers. Some display only the general claim (contributes to the protection of blood lipids from oxidative stress), while others include precise phenolic values such as "550 mg/kg total phenols." Although the latter approach promotes transparency, it also risks misleading consumers if the stated value corresponds to the oil at bottling rather than at the time of purchase, as phenolics degrade substantially during storage (Del Caro et al., 2006; Gomez-Alonso et al., 2005). For this reason, experts recommend that any declared phenolic value should be accompanied by the date of analysis and method of determination, allowing consumers to interpret the claim accurately.

Outside Europe, labeling practices are even more heterogeneous. In the United States, Australia, and Canada, "high-polyphenol" is often used as a marketing descriptor rather than a scientifically standardized term. Some producers voluntarily adopt EFSA's 250 mg/kg benchmark, while others rely on their own laboratory certifications or sensory cues, emphasizing the oil's bitterness and peppery taste as indicators of phenolic richness (Anonymous, 2023). While sensory traits such as pungency correlate positively with phenolic content-especially oleocanthal and oleacein-taste based labeling is subjective and cannot replace analytical confirmation.

A major communication challenge is balancing scientific accuracy with consumer comprehension. While informed consumers may appreciate phenolic concentration values expressed in mg/kg, the average buyer may not understand their significance or health implications. Consequently, educational labeling that contextualizes these numbers, such as "this oil provides the amount of polyphenols shown to protect blood lipids" is likely to be more effective. The Aristoil Plus project exemplifies this approach by integrating analytical validation with consumer-friendly labeling, promoting awareness of nutraceutical-quality EVOOs (Anonymous, 2020).

Transparency also extends to acknowledging variability. Since phenolic concentration depends on cultivar, harvest date, and storage conditions, standardized terminology could include both an initial value (at bottling) and an estimated value at the end of shelf life. This dual disclosure would reflect realistic product evolution and reinforce consumer trust.

Ultimately, truthful communication requires that high-phenolic claims be grounded in validated laboratory data and expressed in clear, standardized language. Without such harmonization, the term "high-phenolic olive oil" risks losing its scientific integrity and devolving into a marketing slogan. Building consumer literacy around phenolics, through certification systems, educational campaigns, and transparent labeling, will be essential for the credibility and sustainability of this emerging category.

FUTURE PERSPECTIVES AND CONCLUSIONS

The growing scientific and commercial interest in high-phenolic EVOO highlights both the opportunities and challenges in defining, measuring, and communicating its unique value. While the EFSA-approved threshold of 250 mg/kg serves as a scientifically supported minimum for health claims, it is insufficient to capture the diversity of phenolic profiles and stability behaviors observed across cultivars and production methods. A more nuanced, tiered classification encompassing medium, high, and very high phenolic categories could better align regulatory clarity with consumer expectations and market differentiation.

Future research must focus on standardizing analytical methodologies to ensure comparability across laboratories and certification bodies. Harmonization of reference compounds (e.g., hydroxytyrosol equivalents) and the adoption of validated HPLC or NMR protocols are essential steps toward achieving global consistency. Furthermore, kinetic modeling of phenolic degradation during storage should be expanded to predict shelf-life stability under various temperature, light, and packaging conditions. Such models would allow producers to label oils based on predicted phenolic retention, ensuring the validity of "high-phenolic" claims throughout the product's lifecycle.

On the consumer and regulatory front, efforts should prioritize transparent and educational labeling. Communicating phenolic content alongside the analytical method, harvest date, and expected stability would foster trust and scientific integrity. Initiatives like the Aristoil Plus project demonstrate how collaboration among producers, researchers, and policymakers can enhance consumer understanding and product authenticity.

In conclusion, defining "high-phenolic" olive oil requires an integrated approach that merges scientific precision, regulatory coherence, and effective communication. Only through international consensus on analytical standards, realistic labeling, and public education can the olive oil sector ensure that health claims reflect genuine bioactive potential rather than marketing rhetoric. By advancing these goals, the industry will preserve both the nutritional legacy and commercial credibility of EVOO as a true functional food.

REFERENCES

Anonymous, (2011). Aroma Dictionary. *Polyphenol levels in EVOO: To label or not to label.* Retrieved from https://www.aromadictionary.com/EVOO_blog/?p=868

Anonymous, (2020). *Aristoil Project.* Retrieved from https://aristoil.eu/

Anonymous, (2022). New European label recognizes health benefits of high-polyphenol extra virgin olive oils. Retrieved from https://www.oliveoiltimes.com/briefs/new-european-label-recognizes-health-benefits-of-high-polyphenol-evoos/110450

Anonymous, (2023). *The definitive guide to high-phenolic olive oil.* HighPhenolic.com. Retrieved from https://www.highphenolic.com/the-definitive-guide-to-high-phenolic-olive-oil

Anonymous, (2024a). *9 high-phenolic olive oils for health.* Retrieved from https://oliveoilprofessor.com/blog/9-high-phenolic-olive-oils-for-health

Anonymous, (2024b). *How to identify high-polyphenol olive oil: Taste and lab testing explained.* Retrieved from https://www.olvlimits.com/blog/how-to-identify-high-polyphenol-olive-oil-taste-and-lab-testing-explained

Caporaso, N., Savarese, M., Paduano, A., Guidone, G., De Marco, E., & Sacchi, R. (2015). Nutritional quality assessment of extra virgin olive oil from the Italian retail market: Do natural antioxidants satisfy EFSA health claims? *Journal of Food Composition and Analysis, 40*, 154-162.

Del Caro, A., Vacca, V., Poiana, M., Fenu, P., & Piga, A. (2006). Influence of technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and de-stoned fruits. *Food Chemistry, 98*(2), 311-316.

Frangipane, M. T., Guerrini, L., & Parlati, M. (2023). Effects of filtration processes on the quality and phenolic composition of extra virgin olive oil. *Foods, 12*(3), 431.

Gomez-Alonso, S., Salvador, M. D., & Fregapane, G. (2005). Evolution of major and minor components and oxidation indices of virgin olive oil during 21 months storage at room temperature. *Food Chemistry, 100*(1), 36-42.

Roselli, L., Clodoveo, M. L., Corbo, F., & De Gennaro, B. (2017). Are health claims a useful tool to segment the category of extra-virgin olive oil? Threats and opportunities for the Italian olive oil supply chain. *Trends in Food Science & Technology, 68*, 176–181.

Serra, V., Salvatori, G., & Pastorelli, G. (2021). Dietary polyphenol supplementation in food producing animals: Effects on the quality of derived products. *Animals, 11*(2), 401.

Stefanoudaki, E., Kotsifaki, F., & Koutsaftakis, A. (2010). Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology, 112*(8), 906–914.

MORPHOLOGICAL TRAITS AND GENETIC RESOURCE ASSESSMENT OF WHITE MULBERRY (MORUS ALBA L.) IN MOROCCO

Sadik DANI
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University

Hassane ABD-DADA
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University

Aziz EZZINE
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University

Ahmed El Annaoui
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University

Atman ADIBA
Agro-food Technology and Quality Laboratory Regional Center of Agricultural Research of Tadla National Institute of Agricultural Research Ennasr Avenue

Abdelmajid HADDIOUI
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University

Said BOUDA
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University

Abstract
The White mulberry (Morus alba L.), also known as "Toot" in Arabic, is a member of the Moraceae family. The leaves of the white mulberry, which is widely grown all over the world, are the main food source for silkworms. It is cultivated for its fruit in North African nations, and it is also eaten as a vegetable in some European countries. The leaves are used to make tea and powdered juice in Japan. The plant's fruits, leaves, roots, branches, and bark are all used in traditional medical systems, for their potential to promote health and provide antioxidants.
White mulberry is abundant in bioactive compounds, including phenolic acids, flavonoids, flavanols, anthocyanins, as well as essential macronutrients, vitamins, minerals, and aromatic volatile compounds. These naturally occurring substances exhibit potent biological activity and provide notable pharmacological benefits in the prevention and treatment of various diseases.
This work characterised and assessed phenotypic variation within this species. Forty-Two qualitative and quantitative morphological characters pertaining to the tree, flowers, and fruit were evaluated across thirteen natural accessions sampled throughout its native Moroccan range. Significant intraspecific phenotypic variability was indicated by the analysis of variance, which showed significant variations between accessions for most characteristics.

Moreover, the principal component analysis allowed for the classification of M. alba accessions into three distinct morphological categories. These observations reveal a great phenotypic diversity among the natural specimens of this species in Morocco. The study highlighted the phenotypic diversity that could serve as an attractive approach to consider the valorisation of this species in Morocco.

Keywords: Morus alba; Morocco; Phenotypic diversity; Variability; Pomology

ISOLATION OF SAHARAN ACTINOBACTERIA FOR BIOLOGICAL CONTROL AGAINST PHYTOPATHOGENS: TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE

Fedwa BEGHDADI
Laboratory of Molecular Biology, Genomics and Bioinformatics (LBMGB), Faculty of Natural Sciences and Life (SNV), Hassiba Benbouali University of Chlef

El-Hadj DRICHE
Laboratory of Molecular Biology, Genomics and Bioinformatics (LBMGB), Faculty of Natural Sciences and Life (SNV), Hassiba Benbouali University of Chlef

Abstract
Throughout their lives, plants interact with various organisms, which can negatively or positively impact their health, leading to significant agricultural losses. Biological control, particularly through the use of antagonistic actinomycetes, represents a promising method to combat these phytopathogens. Therefore, this study aims to screen new strains of actinomycetes isolated from Saharan soil, which produce bioactive molecules that inhibit some phytopathogenic agents.
For the isolation of Saharan actinomycetes, several soil samples were collected from various oases in Algeria. These samples were treated using the CaCO3 method and subjected to a series of decimal dilutions, and subsequently inoculated onto the CHV medium with or without selective agents, with incubation carried out at 30°C for 21 days. The antimicrobial activity of actinomycetes against these pathogens was assessed using the cross streaking method on ISP2 and YGB mediums. Incubation was done at 30°C for 24 hours for bacteria and up to 3 days for fungi (Aouiche et al 2013).
This method of isolation among us has resulted in obtaining a significant number of actinomycete isolates with the potential to inhibit phytopathogenic bacteria and fungi, with the inhibition diameter reaching up to 40mm for some strains on the solid YGB medium.
The intensity of the variable activity largely depends on the type or group to which the strains belong. These variations in the number of activities are due to the fact that a strain of actinobacteria can produce several antimicrobial molecules with different modes of action depending on the composition of the culture medium (Berdy, 2005 and 2012).
In view of the results obtained, we can consider that our actinomycete isolates have the ability to inhibit certain phytopathogenic agents. The production, extraction, and characterization of these bioactive molecules is the subject of our current research.
Keywords: Actinomycetes, Bioactive molecules, Phytopathogenic agents, Biological control.

THE PHENOLIC PROFILES CATECHIN *Camellia sinensis* EXTRACTS AND OXIDATIVE STABILITY PROPERTIES OF COLZA OIL

AMROUCHE Zoheir
Biological Department, Faculty of Science of the nature and the life, University of Khemis Miliana
General and organic chemistry laboratory Agro-biotech Gembloux, University of Liege

FAUCONNIER Marie-Laure
General and organic chemistry laboratory Agro-biotech Gembloux, University of Liege

Laribi Habchi Hassiba
Functionnal analysis of chemical process laboratory. chemistry department, University of Blida 1

ABSTRACT
Ultrasonic extraction (UE) was used to optimize the extraction yield of phenolic compounds (PC) from green tea *Camellia sinensis* L. Comparaison with mechanical extraction (ME) was on the basis of the polyphenol and flavonoid contents, antioxidant property and the ability to protect colza oil from lipid oxidation. The maximum yield of epigallocatechin 3-gallate (EGCG) extracted by UE was significantly ($P < 0.05$) higher than that obtained using ME reaching 136 mg/g and 100 mg/g, respectively.
Four catechins from extracted PC were identified using HPLC-DAD and LC-MS spectrometry: epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC), epigallocatechingallate (EGCG), and epicatechin-gallate (ECG). EGCG was the major compound in polyphenol extracts representing ~60 %. From the antioxidant property, DPPH scavenging activity was higher for UE than ME (~90% vs ~85%). Moreover, the PC obtained by UE added to colza oil had higher oxidative stability, determined by rancimat, than those extracted by ME method (~30.62h vs ~21.26h).
Keywords: UE; ME; *Camellia sinensis*; Phenolic compound; Antioxidant activity; Oxidative stability.

ECO-FRIENDLY VALORIZATION OF ROSEMARY WASTE: A NOVEL APPROACH TO ENHANCING VEGETABLE OIL ANTIOXIDANT PROPERTIES

Fathalah ELWAHAB
University Ibn Toufail, Faculty of Sciences, Laboratory of Plant, Animal, and Agro- Industry Productions

Sana EL MOTAOUAKİL
Laboratory of Natural Resources and Sustainable Development, University Ibn Toufail, Faculty of Sciences

Abdelkhalik SADİKİ
Faculty of human and social Sciences, laboratory: Environment, Society Territories

Soukaina HAMMOUMI
University Ibn Toufail, Faculty of Sciences, Laboratory of Plant, Animal, and Agro- Industry Productions

Prof. Najiba BRHADDA
University Ibn Toufail, Faculty of Sciences, Laboratory of Plant, Animal, and Agro- Industry Productions

Prof. Rabea ZIRI
University Ibn Toufail, Faculty of Sciences, Laboratory of Plant, Animal, and Agro- Industry Productions

ABSTRACT
The hydro-distillation of rosemary (Rosmarinus officinalis L.) for essential oil production generates a significant amount of waste, which remains rich in bioactive compounds, particularly polyphenols and flavonoids with strong antioxidant properties. This study explores an eco-friendly approach to valorizing these residues by directly enriching vegetable oil with natural antioxidants through ultrasound-assisted extraction. Ultrasound technology facilitates the release and transfer of bioactive compounds from the plant waste into the oil matrix, enhancing its oxidative stability and functional properties.
To evaluate the effectiveness of this enrichment process, several analytical techniques were employed. The antioxidant capacity of the enriched oil was assessed using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, which confirmed a notable increase in free radical inhibition compared to the control oil. Additionally, oxidative stability was determined using the thiobarbituric acid (TBA) test, which measures lipid peroxidation, and the rancimat method, which evaluates the induction period of oxidation. The results demonstrated a significant reduction in lipid oxidation and a prolonged shelf life for the enriched oil, indicating its improved resistance to rancidity.
This novel valorization strategy offers a sustainable and cost-effective method for repurposing rosemary distillation byproducts, contributing to waste reduction and circular economy principles. By enhancing the antioxidant profile and stability of vegetable oils, this approach holds great potential for applications in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Furthermore, the utilization of ultrasound-assisted extraction represents an environmentally friendly alternative to conventional extraction methods, reducing the need for synthetic antioxidants while preserving the natural bioactive compounds.

This study highlights the potential of rosemary waste as a valuable source of natural antioxidants and supports the development of functional oils with improved health benefits and extended shelf life.

Keywords: Helminthosporiosis, Bipolaris oryzae, Fungicide application, Rice, Morocco.

KNOWLEDGE, ATTITUDES, AND PRACTICE OF FARMERS TOWARDS TICKS AND TBD IN SELECTED DISTRICTS OF WEST GOJAM ZONE, ANRS , ETHIOPIA

Gedam, Tola
Biology Department, College of science, Bahir Dar University
Department of Biology, College of Natural and Computational Science, Debark University
ORCID: 0000-0002-9179-6408

Abaineh, Munshea
Biology Department, College of science, Bahir Dar University

Sissay, Menkir
Biology Department, College of science, Bahir Dar University

Abstract
Tick-borne diseases (TBD) significantly impact livestock health in Ethiopia, affecting livelihoods and food security. This study aimed to assess the knowledge, attitudes, and practices (KAP) of farmers regarding ticks and Application of Accaricide in selected districts of West Gojam Zone, Amhara National Regional State (ANRS) Ethiopia. A cross-sectional household survey was conducted from January to June 2023, involving 384 farmers by simple random sampling technique. A structured questionnaire was utilized to collect socio-demographic and KAP data. Data were analyzed using SPSS version 26, employing binary logistic regression and chi-square tests. Results indicated that 65.1% of respondents possessed inadequate knowledge about ticks and TBD. Acaricide usage was inconsistent, with 71.4% applying it irregularly. Manual tick removal and home remedies were commonly practiced. Educational status was significantly associated with knowledge (OR = 2.50, 95% CI = 1.18–6.15, $p < 0.05$), and attitude significantly influenced acaricide usage practice. These findings reveal that there are a knowledge gaps and inconsistent practices, targeted interventions. This study provides context-specific data essential for developing effective livestock management strategies in resource-limited settings. The identified knowledge gaps necessitate targeted educational programs, while inconsistent acaricide use emphasizes the importance of improved training and guidance. The link between attitude and practice underscores the need to address farmer beliefs to promote effective control measures. This research offers insights into the unique challenges of tick control in the region, informing evidence-based interventions and emphasizing the connection between animal and public health. Community-based awareness programs focusing on tick biology, TBD transmission, and proper acaricide application are crucial to improve livestock health and reduce disease prevalence.
Keywords: Accaricide, Awareness, Tick and Tick-borne disease.

NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF CURCUMIN IN SCOPOLAMINE-INDUCED ANIMAL MODEL OF DEMENTIA

Huma Ikram
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi

Rumaisa Zakir
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi

Shehla Perveen
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi

Darakhshan Jabeen Haleem
Neurochemistry and Biochemical Neuropharmacology Research Unit, Department of Biochemistry, University of Karachi

ABSTRACT
The primary objective of this study was to investigate the neuroprotective effects of curcumin in animal models of scopolamine-induced dementia. Given that cognitive decline in dementia is often linked to oxidative stress, the study aimed to explore whether curcumin, a natural polyphenol known for its antioxidant and anti-inflammatory properties, could mitigate memory impairment and improve cognitive function in these models. To induce dementia, scopolamine was administered to rats, leading to memory impairment. Rats treated with scopolamine exhibited significant memory impairment, as shown by poor performance in the Morris water maze and novel object recognition test. However, following curcumin treatment, a marked improvement in cognitive abilities was observed, indicating a positive effect on memory. Biochemical analyses revealed that curcumin treatment significantly reduced oxidative stress markers and improved cholinergic function in the treated animals. The findings from this study suggest that curcumin effectively improves cognitive function and reduces oxidative stress in scopolamine-induced dementia models. These results highlight the potential of curcumin as a neuroprotective agent and propose it as a promising candidate for preventing or treating cognitive decline associated with dementia. Further research is warranted to explore its clinical applications and establish its therapeutic efficacy.
Keywords: Curcumin, Scopolamine-Induced Dementia, Oxidative Stress, Morris Water Maze

ADDRESSING FOOD ADULTERATION IN BANGLADESH: CHALLENGES ANALYSIS FROM THE SHARIAH VIEWPOINT

Amirul Islam
Institute of Bangladesh Studies (IBS), University of Rajshahi, Bangladesh, and Assistant Professor (Islamic Studies), Officer on Special Duty, Directorate of Secondary and Higher
Behavioral Islamic economics, with a focus on nutrition and food security
ORCID: 0009-0003-2152-5404

Abstract
Food is indispensable in life and nutrition. However, food adulteration is one of the major obstacles to nutrition and the root cause of many complex and fatal diseases. It creates physical, financial and psychological suffering. This study aims to explore the challenges to preventing food adulteration in Bangladesh through a Shariah (Islamic) perspective. It is exploratory research with a qualitative approach. Primary data was collected from 120 participants (50 buyers and 70 sellers) across seven markets through a survey using a semi-structured questionnaire. The five markets in the Rajshahi city corporation are 'Naodapara Bazar, Railway Station-Railgate Bazar, Court Bazar, Saheb Bazar and Binodpur Bazar'. The two markets in Puthia Upazila are 'Puthia Bazar and Baneshwar Bazar'. Data triangulation has been conducted based on the insights from seven key informant interviews (KII). The findings reveal that the challenge of addressing food adulteration is multi-dimensional. Such as customers' unawareness, unethical demands, unprotest mentality, irregularities and corruption among the supervisory team and extortion of local influential have complicated the environment. At this opportunity, the unscrupulous sellers adulterate food for higher profit. The study argues that conventional approaches with Islamic ethical guidelines will enhance transparency, accountability, and moral integrity in ensuring food safety. The paper recommends a hybrid framework combining modern strategies with Shariah principles to achieve sustainable food safety in Bangladesh.
Keywords: Food adulteration, Challenges, Bangladesh, Islamic Shariah, Food safety.

PREDICTIVE MODELING OF MALNUTRITION RISKS IN RURAL POPULATIONS USING DEMOGRAPHIC AND HEALTH DATA

Andino Maseleno
Institut Bakti Nusantara
ORCID: 0000-0001-7922-9622

ABSTRACT

Malnutrition remains one of the most critical public health challenges affecting rural populations, particularly in developing regions where poverty, limited healthcare access, and environmental factors intersect. Early identification of individuals and communities at high risk of malnutrition is essential for targeted interventions and resource allocation. This study proposes a predictive modeling framework using machine learning (ML) techniques to estimate malnutrition risks among rural populations by analyzing demographic and health data. The research utilizes secondary datasets from national health and nutrition surveys that include variables such as age, gender, household income, education level, food consumption, sanitation, and access to healthcare services. Data preprocessing involves feature selection, handling missing values, and normalization to ensure data quality and model consistency. Several ML algorithms—Logistic Regression, Random Forest, Gradient Boosting, and Support Vector Machine (SVM)—are trained and compared to identify the most accurate predictive model. Model evaluation metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, and ROC-AUC are applied to assess performance. The study further employs feature importance analysis to identify key socioeconomic and environmental determinants that contribute most significantly to malnutrition risks. The resulting model provides a risk prediction index that can guide local governments, NGOs, and health agencies in prioritizing vulnerable groups and designing data-driven nutrition programs.

Keywords: Machine learning, malnutrition risk prediction, rural health, demographic and health data, public health analytics, predictive modeling

INTEGRATING WEATHER DATA AND MACHINE LEARNING MODELS TO SUPPORT CLIMATE-RESILIENT FARMING PRACTICES IN RURAL AREAS

Andino Maseleno
Institut Bakti Nusantara
ORCID: 0000-0001-7922-9622

ABSTRACT

Climate change poses significant challenges to agricultural productivity, especially in rural areas where farming systems are highly dependent on weather conditions and limited access to predictive technologies. This research aims to develop a machine learning (ML)-based decision support framework that integrates real-time weather data with agricultural information to promote climate-resilient farming practices. The proposed framework leverages historical meteorological datasets, including temperature, rainfall, humidity, and soil moisture, combined with farm-level data on crop type, growth stage, and yield performance. The study employs supervised learning algorithms—such as Random Forest, Gradient Boosting, and Long Short-Term Memory (LSTM) networks—to predict short-term and seasonal weather patterns relevant to crop management. These predictions are further integrated into a recommendation system that provides actionable insights for farmers, such as optimal planting and irrigation schedules, pest risk warnings, and adaptive crop rotation strategies. This research contributes to the growing body of work on AI for sustainable agriculture, offering a scalable, data-driven tool for climate adaptation in rural settings. The integration of weather intelligence and ML-driven analytics demonstrates the potential of intelligent systems to bridge the information gap between scientific forecasts and practical on-farm decision-making—enhancing both productivity and resilience in the face of climate uncertainty.

Keywords: Machine learning, weather data integration, climate-resilient agriculture, rural development, precision farming, artificial intelligence

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF FUNCTIONAL BISCUITS FORTIFIED WITH GRACILARIA SPP. POWDER: AN IN-DEPTH INVESTIGATION OF GLYCEMIC CONTROL, NUTRITIONAL IMPROVEMENT, ANTIOXIDANT PROPERTIES, MICROBIAL SAFETY, AND INCORPORATION OF ANTIDIABETIC COMPONENTS

Hossain, Md. Tamim
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Chakravorty, Abhishek
Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Datta, Narayan
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Saha, Anik
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Chowdhury, Pranta
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Akhter, Tanjela
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Chowdhury, Bappy
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Ranjan Acharjee, Mahima
Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Ahmad, Monsur
Department of Applied Chemistry and Chemical Technology, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Abstract
The growing interest in functional foods has promoted the integration of marine resources, such as seaweeds, into conventional diets. Seaweeds are rich in bioactive compounds with health benefits, but their application in bakery products remains limited.This study aimed to develop seaweed-enriched biscuits using Gracilaria verrucosa and evaluate their physicochemical, functional, microbial, and sensory characteristics.

Gracilaria verrucosa was collected from the coastal area of Cox's Bazar, Bangladesh, processed into powder, and incorporated into wheat flour at substitution levels of 1%, 3%, 5%, and 7%, along with a control. Biscuits were prepared and analyzed for proximate composition, mineral content, bioactive compounds, antioxidant activity, α-amylase inhibition, microbial quality, and sensory acceptability using standardized AOAC protocols. Data were statistically analyzed with one-way ANOVA followed by Tukey's test.

Seaweed incorporation significantly increased ash content (2.25% to 3.47%), calcium (2.84 to 15.45 mg/100 g), sodium (2.77 to 20.46 mg/100 g), and total phenolic content (16.96 to 23.36 mg GAE/g). Antioxidant activity and α-amylase inhibition improved as seaweed levels increased, with IC50 values decreasing from 710.1 to 61.07 ppm. Textural analysis showed reduced hardness and gumminess. Sensory evaluation indicated the highest acceptability at 5% seaweed substitution. Microbial counts remained within safe limits for all formulations.

Enriching biscuits with Gracilaria verrucosa enhanced their nutritional, functional, and health-promoting properties without compromising microbial safety or consumer acceptance. This suggests seaweed powder can be a sustainable functional ingredient for developing value-added bakery products with potential health benefits.

Keywords: seaweed biscuits, Gracilaria verrucosa, functional food, antioxidants, sensory quality

FORMULATION OF A NOVEL CHITOSAN FILM LOADED WITH AN ETHANOLIC EXTRACT FOR ANTIOXIDANT FOOD PACKAGING APPLICATIONS

BOURD Youssef
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences
ORCID: 0009-0009-1874-6330

EL MOUZAHIM Mouad
Department of Chemistry, Life Sciences and Environmental Sustainability, University of Parma
ORCID: 0000-0003-4670-8437

EDDARAI El Mehdi
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences
ORCID: 0000-0002-6544-3633

BELLAOUCHOU Abdelkbir
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences
ORCID: 0000-0003-2328-2015

BOUSSEN Ratiba
Laboratory of Materials, Nanotechnology, and Environment, Mohammed V University in Rabat, Faculty of Sciences
ORCID: 0000-0001-6115-2436

ABSTRACT

A promising development for environmentally friendly food packaging is achieved by introducing ethanolic extracts into chitosan-based films, the combination that boosts performance alongside environmental benignity to match today's industry needs. From readily available natural biopolymers, chitosan provides an ideal point of departure with the inherent antimicrobial function and good barrier performance that make this material an appealing, environmentally sustainable substitute for the traditional petroleum-based plastics.

The addition of the ethanolic extract greatly increases the mechanical strength of the film. It does this by cross-linking the intermolecular interactions of the chitosan matrix to form an extremely stable and highly resistant material. The reinforcement essentially eliminates the swelling tendency of the film when challenged by hygrobic environments and provides enhanced resistance to the overall array of environmental stresses, thereby making the material far more durable all the way from synthesis to end-use.

Complementing these structural enhancements, the extract also exhibits key protective properties necessary for the storage of food. The strong antioxidant function is particularly key to preventing oxidative breakdown, the prime culprit behind spoilage. At the same time, the film exhibits substantially lowered permeability to water molecules. The increased moisture barrier proves invaluable to extending shelf life for packaged foods by maintaining their desirable textural characteristics and quality over much longer storage periods.

From an optical perspective, the composite material exhibits enhanced protective characteristics. It facilitates improved obstruction of detrimental ultraviolet (UV) radiation while also displaying greater opacity. This dual mechanism affords substantial protection against light-related damage, thereby safeguarding the essential quality, hue, and nutritional integrity of delicate food items. This effective, synergistic blend of chitosan and ethanolic extract culminates in a multifunctional, high-performance packaging solution that responds directly to the increasing market demand for sustainable materials that maintain essential functionality.

Keywords: Biopolymer, Film, Chitosan, Packaging, Extract Ethanolic, Antioxidant

GREEN FORTIFICATION OF TRADITIONAL ROTI: A FUNCTIONAL APPROACH TO NUTRITIONAL ENHANCEMENT USING CABBAGE POWDER

Datta, Narayan
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Das, Emon
Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Saha, Anik
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Hossain, Md. Tamim
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Chowdhury, Bappy
Department of Applied Food Science and Nutrition, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Ranjan Acharjee, Mahima
Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Ahmad, Monsur
Department of Applied Chemistry and Chemical Technology, Faculty of Food Science and Technology, Chattogram Veterinary and Animal Sciences University

Abstract
Vegetable fortification of staple foods offers a sustainable strategy to improve nutritional quality, reduce post-harvest losses, and diversify diets. Roti, a widely consumed flatbread, serves as an ideal medium for vegetable incorporation, yet limited studies have examined the effects of cabbage powder fortification on its nutritional and microbiological properties. This study evaluated the nutritional, functional, and microbiological characteristics of roti fortified with different levels of cabbage powder to assess its potential as a functional food. Four roti formulations were prepared: a control and three fortified samples containing 30 g (Sample A), 40 g (Sample B), and 50 g (Sample C) of cabbage powder. Standard methods were used to analyze proximate composition, bioactive compounds (flavonoids, alkaloids, vitamin C), heavy metals, and microbiological parameters (total viable count).Cabbage fortification significantly enhanced protein (15.2 ± 0.72% vs. 10.5 ± 0.68%), fiber (9.4 ± 0.22% vs. 4.0 ± 0.20%), and ash (8.62 ± 0.31% vs. 2.08 ± 0.21%), while lowering carbohydrate content (37.4 ± 0.44% vs. 68.3 ± 0.64%) compared to the control. Bioactive compounds increased markedly, with flavonoids (15.3 ± 0.48 mg gAE/100 g vs. 1.11 ± 0.15 mg gAE/100 g), alkaloids (4.54 ± 0.20 mg QE/100 g vs. 0 mg QE/100 g), and vitamin C (1.72 ± 0.07 mg/100 g vs. 0.49 ± 0.06 mg/100 g) showing significant gains.

Microbiological analysis indicated improved shelf life, with Sample C recording the lowest total viable count (2.2×10^3 CFU/g vs. 4.0×10^3 CFU/g). Heavy metals rose with fortification but remained within WHO/FAO safety limits. Cabbage powder–fortified roti demonstrated enhanced nutrient density, higher antioxidant potential, and greater microbial stability than the control. These results highlight vegetable fortification as an effective, sustainable approach to improving staple foods, supporting dietary diversification, food security, and public health nutrition.

Keywords: Cabbage powder, Functional roti, Nutritional enhancement, Bioactive compounds, Food preservation.

PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIMICROBIAL EFFICACY OF *HYPTIS SUAVEOLENS* (L) POIT

Dr. Halimat Abdulsalami
Department of Plant Biology, Federal University of Technology Minna
ORCID: 0000-0003-3338-439X

Hannah Kosarachi Ogbe
Department of Plant Biology, Federal University of Technology Minna

Sa'adatu Abdulsalam
Department of Chemistry, Confluence University of Science and Technology Osara

Faith Ojonimi Adams
Department of Plant Biology, Federal University of Technology Minna

Dr. Ramatu Abdulsalam
Department of Microbiology, Federal University of Technology Minna
ORCID: 0009-0004-6031- 9504

Abstract
Medicinal plants remain a prolific source of secondary metabolites and a potent source of antimicrobial agents. Researchers around the world are screening the antimicrobial compounds present in medicinal plants, as they are being used in traditional healthcare systems. The plant *Hyptis suaveolens* is an important medicinal plant that is widely distributed in different parts of the world including Nigeria and other African countries. In this study the phytochemical screening and antimicrobial activities of the methanolic leaf extract of *Hyptis suaveolens* was investigated. The quantitative and qualitative phytochemical screening was determined using standard methods, the antimicrobial activities of the methanol leaf extract of *H. suaveolens* was evaluated using the standard *in-vitro* methods against six microorganisms; *Salmonella typhi, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa, A. niger* and *A. flavus*. The result of the phytochemical screening revealed the presence of secondary metabolites (alkaloids, flavonoids, tannins, phenols and terpenoids) with the quantitative estimation showing phenols as the highest yield (14.74±0.08). The result showed a clear zone of inhibition both on the test microorganisms. The sensitivity result showed that the methanol leaf extract had the highest activity on *Salmonella typhi* with mean zones of inhibition in millimeter of 28.67±4.61and for the fungi *A. niger* recorded a wider zone of inhibition 28.33± 3.21 than *A. flavus*. There was a dose-dependent increase in antimicrobial activity across all the test organisms. The minimum inhibitory concentration (MIC) ranged from 6.25- 25 mg/ml. This research has shown that that the methanol leaf extract of *Hyptis suaveolens* possess bioactive compounds, which are responsible for the antimicrobial activity thus justifies its use in traditional medicine.
Keywords: antimicrobial, phytochemical, inhibition, medicinal, bioactive compounds

1.0 Introduction

Medicinal plants used in traditional healing practice have increasingly drawn the interest of Researchers and the pharmaceutical industries. Such plants have been shown to possess various activities including but not limited to antibacterial, antifungal, anti-viral, antioxidant and anti-inflammatory activities (Shikwambi *et al*., 2021). This activity has been attributed to the plant's ability to produce secondary metabolites.

The antimicrobial potential of herbal remedies is attributed to their rich content of bioactive constituents such as alkaloids, steroids, flavonoids, phenols, phlobatannins, tannins andsaponins which elicit a variety of physiological and pharmacological effects in the body (Kibe *et al.,* 2017). Naturally occurring plant compounds (phytochemicals) play a significant role in managing severe health conditions and neurodegenerative disorders. These bioactive substances are identified through the extraction of plant molecules and evaluation of their therapeutic properties (Mishra et al., 2021). There have been significant increase in antimicrobial resistance as a result of diverse mechanisms of action such as membrane disruption, enzyme inhibition, metal chelation and DNA interactions (Kim *et al*., 2025). Exploring new sources of antimicrobial agents, such as those found in *Hyptis suaveolens,* is essential for addressing this challenge and improving public health.

Hyptis suaveolens (L.) Poit. (Lamiaceae) is a widely used traditional medicinal plant, originally native to tropical America but now recognized as a common weed across many regions. It is a rapidly growing, aromatic perennial herb that reaches 0.4–2 m in height, characterized by a hairy, four-angled stem. The leaves are ovate to obovate, typically 3–5 cm long and 2–4 cm wide, with serrated edges and long petioles that may extend up to 3 cm. The plant begins flowering early, usually within 2–3 months, producing abundant blue blossoms arranged in small cymes near the branch tips, where the leaves become smaller. These flowers attract a wide range of pollinators, resulting in high seed production (Sharma *et al.,* 2013; Priya, 2015). The plant is known for its strong minty smell when crushed, which is a characteristic of the Lamiaceae family.

Various parts of this plant are incorporated into traditional medicinal preparations to manage a wide range of conditions, including respiratory and gastrointestinal infections, indigestion, colic, stomachache, colds, fever, burns, wounds, cramps, and several skin disorders. It is also employed as an antirheumatic remedy and in antisudorific baths and as a laxative (Oliveria *et al.,* 2005). *Hyptis suaveolens L*. is a medical and food plant that is commonly used to treat various microbial infections in humans in many countries of the world. (Akaraiyi *et al.,* 2023). The extract from the roots of *H. suaveolens* is good for cleansing blood in women (Sharma *et al.,* 2013). This research was conducted to determine the phytochemical composition and antimicrobial efficacy of the methanol leaf extract of *Hyptis suaveolens* on selected Microorganisms.

2.0 Material and Methods

2.1. Collection and identification of the plant

Fresh leaves of *Hyptis suavoelens* were collected from the surroundings of Federal University of Technology Minna. The plant was identified by a curator at the herbarium unit of the Department of Plant Biology, Federal University of Technology Minna, Niger State Nigeria.

2.2 Plant Preparation

The leaves were carefully washed under running water, air-dried at room temperature and then milled into fine powder. Using a weighing balance, 100 g of the powdered leaves of *H. suavoelens* was macerated with 500 ml methanol for 72 hours. The resulting mixture was filtered using a muslin cloth and subsequently concentrated using a rotary evaporator.

The extract was weighed, placed in sterile sample bottles and stored in a refrigerator until required for use (Tiwari *et al*. 2011).

2.3 Reconstitution of Plant extract

Using an analytical weighing balance one gram (1 g) of extract was dissolved in 5 ml of 50% dimethylsulphoxide (DMSO) to make 200 mg/ml stock solution from which was serially diluted to give concentrations of 100 mg/ml, 50 mg/ml and 25 mg/ml.

2.3. Phytochemical screening

The plant extracts were screened for the presence of phytochemicals, qualitative detection and quantitative estimation of some secondary metabolites such as terpenoids, tannins, alkaloids, flavonoids, phenols, and saponins were carried out using standard procedures described by Edeoga *et al*. (2005) and Tiwari *et al.* (2011)

2.4. Sensitivity Test

2.4.1 Test organisms

Pure cultures of all experimental bacteria and fungi; *Salmonella typhi, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa, A. niger* and *A. flavus* were obtained from the Department of Microbiology Federal University of Technology Minna. Niger State. The pure bacterial cultures were maintained on nutrient agar medium and fungal culture on the Sabouraud dextrose agar (SDA) medium. Each bacterial and fungal culture was further maintained by subculturing regularly on the same medium and stored at 4^{o} C before use in the experiments.

2.4.2 Standardization of the inoculum

The test organisms used in the study were sub-cultured on nutrient agar plates and Sabouraud dextrose agar plates for bacteria and fungi respectively and then incubated overnight. Few colonies from this overnight culture of the test organisms were taken with the aid of a sterilized wire loop and transferred into a tube containing 5mL of normal saline and vortexed until the turbidity of the suspension matched with the turbidity of the prepared 0.5 McFarland standard, this was confirmed by comparing the turbidity of the diluted inoculum with that of the standard turbidity solution against the background of the of the printed white paper, where the inoculum is more turbid, a little more normal saline was added until its turbidity matched with 0.5 Macfarland standard to give a mean of 1.5 x 10^{6} CFU/mL microbial population density (Clinical and laboratory standard institute (CLSI), 2016).

2.4.3 Antimicrobial susceptibility test

Antibacterial activity test was carried out using well diffusion method as per standard protocol (Bashir *et al.,* 2019; CLSI, 2016).Using a sterile cotton swab, inoculum from the standardized bacterial cultures was evenly spread onto the freshly prepared solidified agar plates and left to stand for about 15 minutes, this was followed by making wells into the inoculated plates using 6mm cork borer and different extract concentrations (100µl) were introduced into the wells, DMSO was used as negative control while Amoxicillin (250mg) and Ketoconazole (200mg) was used as positive control. The plates were allowed for a pre diffusion time of 15 minutes The Nutrient agar plates with bacteria were incubated at 37°C for 24 h while the Sabouraud dextrose agar plates were incubated at 28°C for 48 hours. The zones of inhibition were then measured at the end of the incubation period.

2.4.4 Determination of minimum inhibitory concentration (MIC)

The minimum inhibitory concentration (MIC) was carried out by tube dilution assay as described by Abdulsalami *et al.* (2014) where a twofold dilution of the plant extract was made by mixing the extract concentrations with Nutrient broth for bacteria and Sabouraud dextrose broth for fungi to give a concentration of 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125 and 1.56 mg/mL followed by the addition of the standardized test organism (100µl), a control tube was also set which contain the media and extracts only. The tubes were incubated at temperature of 37°C for 24 hours for the bacteria and at room temperature for 72 hours for the fungi, after incubation the tube with the least concentration of the extract with no detectable growth was checked visually for turbidity and was recorded as the MIC

2.4.5 Determination of minimum bactericidal concentration (MBC)/ minimum fungicidal concentration (MFC)

A loop full from the positive MIC tubes were streaked out on a Nutrient agar plate and Sabouraud dextrose agar plate for 24 hours and 72 hours respectively. After incubation, the lowest concentration of the extract showing a bacterial/fungicidal effect was recorded as the MBC/MFC (Abdulsalami *et al.,* 2014).

2.6. Data analysis

The statistical analyses were carried out using statistical package for social sciences (SPSS-computer package). Data from three independent replicates on the antimicrobial activities of *Hyptis suaveolens* were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) at $p<0.05$ level of significance for comparison of the extract activities.

3.0. Results and Discussion

3.1 Physical characteristics of Methanol Leaf Extract of *Hyptis suaveolens*

The percentage yield, colour of extract and texture of the Methanol Leaf Extract of *Hyptis suaveolens* following the extraction protocol is presented in Table 3.1.

Table 3.1: Physical characteristics of Methanol Extract of *H. suaveolens*

Sample (g)	Extract yield (g)	Percentage yield (%)	Colour of Extract	Texture
100g of powdered leaf	11.23g	11.23%	Dark green	Gummy mass

3.2 Phytochemical Composition of the Methanol Leaf extract of *H. suaveolens*

The qualitative phytochemical screening of *Hyptis suavoelens* showed the presence of alkaloid, flavonoids, phenols, tannins, and terpenoids and the absence of saponin, while the quantitative estimation showed that Phenols (14.74 ± 0.08) had the highest value as seen in Table 3.2.

Table 3.2: Phytochemical Composition of the Methanol Leaf extract of *H. suaveolens*

Phytochemicals	Observation	Value (%)
Flavonoids	+	1.36 ± 0.01
Alkaloids	+	1.78 ± 0.01
Phenols	+	14.74 ± 0.08
Terpenoids	+	10.51 ± 0.01
Tannins	+	4.34 ± 0.01
Saponins	-	0.00 ± 0.00

Key: - not present, + present

3.3 Antimicrobial activity of *H. suaveolens* against the test organisms

The antimicrobial screening of the Methanol leaf extract of *H. suaveolens* showed zone of inhibition across the concentrations (25mg/ml, 50mg/ml and 100mg/ml) on both the bacteria and fungi. The sensitivity result showed that the methanol leaf extract had the highest activity on *Salmonella typhi* with mean zones of inhibition in millimeter of 28.67± 4.61. For the Fungi, *A. niger* recorded a higher zone of inhibition 28.33± 3.21 than for *A. flavus* Table 3.3.

Table 3.3: Antimicrobial activity of *H. suaveolens* against the test organisms

Organisms	**Concentrations**			
Bacteria	100mg/ml	50 mg/ml	25 mg/ml	Control
S. typhi	28.67 ± 4.61	26.67 ± 3.05	22.33 ± 1.15	27.00 ± 3.60
E. coli	23.00 ± 3.60	23.00 ± 3.60	21.00 ± 1.00	29.33 ± 1.52
K. pneumonia	23.00 ± 1.73	17.67 ± 0.58	14.67 ± 4.04	27.67 ± 3.22
P. aeruginosa	25.33 ± 4.51	20.67 ± 3.22	18.33 ± 2.08	32.33 ± 2.52
Fungi				
A. niger	28.33 ± 3.21	26.33 ± 1.52	24.33 ± 2.88	23.67 ± 5.68
A. flavus	24.67 ± 5.03	22.33 ± 1.15	19.33 ± 1.15	20.67 ± 2.51

3.4 The minimum Inhibitory Concentration (MIC) and MBC/MFC of the Methanol leaf extract of *Hyptis suaveolens*

The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ranged from 6.25- 25 mg/ml for the test organisms. *P. aeruginosa* had the lowest minimum bactericidal concentration. *Aspergillus niger* had a lower minimum fungicidal concentration than *A. flavus* Table 3.4

Table 3.4: The minimum Inhibitory Concentration (MIC) and MBC/MFC of the Methanol leaf extract of *Hyptis suaveolens*

Test Organisms	**MIC (mg/ml)**	**MBC/MFC (mg/ml)**
S. typhi	25	50
E. coli	25	50
K. pneumonia	25	50
P. aeruginosa	6.25	12.5
A. niger	12.5	25
A. flavus	25	50

Discussion

Plants serve as rich sources of diverse secondary metabolites with significant pharmacognostic and pharmacological importance, many of which hold promise for development into future therapeutic agents.

The natural (*in-vivo*) synthesis of these compounds is shaped by various biotic and abiotic stress factors, leading to the continuous formation of a wide range of phytochemicals and their derivatives that can support the discovery and development of new drugs (Li, *et al.,* 2020; Mishra, *et al.,* 2021). In this research, the evaluation of the phytochemical compound of the methanol leaf extract of *Hyptis suavoelens* showed the presence of alkaloids, flavonoids, tannins, terpenoids and phenol and the absence of saponin. Several researchers have linked the presence of phytochemicals to excellent anti-bacterial and anti-fungal activities (Akharaiyi *et al*., 2023). Polyphenolics present in *H. suaveolens* is known to a have well established strong and effective antioxidative, hepatoprotective, cytoprotective, neuroprotective, and antimicrobial activity (Ghaffari, *et al.,* 2012; Oscar, *et al.,* 2020). Infections caused by micro-organisms have been the cause of mortality and morbidity in human population. Bacteria such as *E. coli* and *S.typhi* are known to be associated with a variety of clinical diseases including the urinary tract infections, gastroenteritis, and diarrhoeal diseases (Shikwambi *et al*., 2021). The methanol leaf extract of *H. suaveolens* showed both anti-bacterial and anti-fungal activity against the test organisms at the different concentrations, There was a dose-dependent increase in antimicrobial activity across all the test organisms. Similar results have also been reported by some Researchers. Mishra *et al*. (2021) and Bashir *et al*. (2019) had also reported the antimicrobial activity of the *H. suaveolens* extract on some pathogenic organisms. The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) refers to the lowest concentration or greatest dilution of a substance required to prevent visible microbial growth. Determining the MIC is crucial in diagnostic laboratories, as it helps verify microbial resistance to antimicrobial agents and serves as a tool for evaluating the effectiveness of newly developed antimicrobials. (Sen and Batra, 2012). The MIC of the methanol leaf extract of *H. suaveolens* ranged from 6.25-25mg/ml while the MBC ranged from 12.5-50 mg/ml, implying that a different concentration is required to inhibit growth of micro-organism and a different concentration which is usually higher is required to completely kill the inoculum at a given time. The low MBC and MFC recorded showed that *H. suaveolens* is a good antimicrobial agent. Many authors have reported that most of the antimicrobial properties in different plant part extractions showed that MBC value is almost two fold higher than there corresponding MICs (Sen and Batra, 2012; Bashir *et al*., 2019).

Conclusion

The methanol leaf extract of *H. suaveolens* contains some phytocomponents with antimicrobial potentials. The broad spectrum antimicrobial activity indicates that *H. suaveolens* may be of great use for the development of drugs in the pharmaceutical industries as a therapy against various diseases caused by the test organisms. Further research on this plant is recommended to isolate, identify, characterize and elucidate the structure of the bioactive compounds.

References

Abdulsalami, H., Adebimpe, Y.A., Dangana, M.C., Umar, M.B and Abdulsalam, R. (2014). Antibacterial evolution of the methanolic extract of the leaf and stem bark of *Enantia chlorantha. International journal of applied Biological Research*, 6(2):63-68.

Akharaiyi, F.C., Ehis-Eriakha, C.B., Olagbemide, P.T. & Igbudu, F.H. (2023*). Hyptis suaveolens L.* leaf extracts in traditional health care systems. *Foods and Raw Materials*. 11(2):293–299.

Bashir, S.F., Muhammad, R.H. and Dauda, H. (2019). Antibacterial Activity of *Hyptis suaveolens* Leaves Extract on some Selected Clinical Isolates. *Nigerian Journal of Microbiology*. 33(2): 4652-4659

CLSI. (2016). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing.* (26th. CLSI). Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute.

Edeoga, H.O., Okwu, D.E and Mbaebie, B. O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African journal of biotechnology*, 4(7), 685-688.

Ghaffari, H., Ghassam, B.J. & Prakash, H.S. (2012). Hepatoprotective and cytoprotective properties of *Hyptis suaveolens* against oxidative stress induced damage. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 5(11):868–874.

Kibe, M.N., Konyole, S., Nguka, G., Oloo, M.O., Kathure, D. & Wangari, P.M. (2017). The role of phytochemicals in prevention and control of chronic diseases. *International Journal of Current Research*. 9(12): 62540–62543.

Kim, S.H., Min, Y.-H., Park, M.C. (2025). Antimicrobial Peptides: Current Status, Mechanisms of Action and Strategies to Overcome Therapeutic Limitations. *Microorganisms,* 13, 2574

Li, R.G., Tang, X., Liu, J., & Wang, S. (2020). Ethnopharmacological review of *Hpytis suaveolens (l.) poit. Tropical Journal of pharmaceutical research*. 19(7): 1541-1550.

Mishra, P., Sohrab, S., and Mishra, S.K. (2021). A review on the phytochemical and Pharmacological properties of *Hyptis suaveolens (l.) poit. Future journal of pharmaceutical sciences. 7: 65(1-11).*

Oliveira, M.J., Campos, I.F.P, Oliveira, C.B.A., Santos, M.R., Souza, P.S., Santos, S.C., Seraphin, J.C. & Ferri, P.H. (2005). Influence of growth phase on the essential oil composition of *Hyptis suaveolens. Biochemical Systematic and Ecology* 33: 275-285.

Oscar, S.A., Antonio, C.N., Marina, G.V., Elsa, R.S. & Gabriel, V.A (2020). Phytochemical screening, antioxidant activity and in vitro biological evaluation of leaf extract of *Hyptis suaveolens (L.*) from South Mexico. *South African Journal of Botany* 128:62–66.

Priya, M.D. (2015). A review on the pharmacology and phytochemistry of folklore medicinal plant *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. *International Journal of Basic Application Innovative Resource*. 4:108 - 117.

Sen A & Batra A. (2012). Evaluation of antimicrobial activity of different solvent extracts of medicinal plant: *Melia azedarach* L. *International Journal of Current Pharmaceutical Research* 4(2): 67-73

Sharma, P.P., Roy, R.K., Anurag, G.D. & Sharma, V.K. (2013). *Hyptis suaveolens (L.) poit*: A phyto-pharmacological review. *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 4(1):1-11.

Shikwambi N.C., Onywera, H. and Mwapagha, L.M. (2021). An *in vitro* investigation of the phytochemical contents of *Marsdenia macrantha* root and its antibacterial activity against selected foodborne pathogens. *Pan African Medical Journal*, 40(58): 1-16

Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., and Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and Extraction: A Review. *Internationale Pharmaceutica Sciencia,* 1(1): 98-106

EVALUATION OF GENETIC DIVERSITY OF MAIZE (*Zea mays* L.) GERMPLASM IN NIGER STATE, NIGERIA

Dr. Gado Aishatu Adamu
Federal University of Technology, Department of Plant Biology
ORCID: 0000-0002-2933-1546

Dr. Bello Ismail Mohammed
Federal University of Technology, Department of Plant Biology
ORCID: 0009-0009-0653-6272

Dr. Ibrahim Kabir Kontagora
Federal University of Education, Department of Agricultural Education
ORCID: 0000-0001-5605-5420

Dr. Dangana Mohammed Chata
Federal University of Technology, Department of Plant Biology
ORCID: 0000-0002-5313-6193

Dr. Abdulsalam Halima
Federal University of Technology, Department of Plant Biology
ORCID: 0000-0003-3338-439X

SUMMARY
Germplasm exploration plays a vital role in identifying and conserving valuable plant genetic resources that are essential for crop improvement and sustainable agriculture. In Niger State, maize (*Zea mays* L.) is a major staple crop with significant economic and food security value. This study focused on the collection and characterization of maize germplasm across the three agro-ecological zones of the state. The exploration covered eight local government areas and 22 villages. A total of 30 farmers were interviewed, resulting in the collection of 80 maize accessions. Zone B (Niger East) recorded the highest number of accessions (40), followed by Zone C (22), while Zone A had the least number of accessions (18). Field collections were carried out from March 8 to June 20, 2025. The International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) maize descriptor was used to characterize the samples based on their seed morphological traits. Fourteen local maize names were identified across the villages. Four colours were encountered which includes Reddish, Orange, Yellow and White. The seed shaped observed are Indented, Pointed, Rounded and Toothed. The higher diversity observed in Zone B is attributed to its favorable environmental conditions, including moderate temperature, well-drained loamy soil, and reduced climate stress. On the other hand, the lower number of accessions in Zone C is due to adverse environmental factors. Cluster analysis revealed the degree of relatedness among accessions, indicating rich genetic diversity. These accessions represent valuable genetic resources that can serve as parental materials for breeding programs aimed at improving drought tolerance, pest and disease resistance, and yield potential. Strengthening collaboration between local farmers and research institutions is recommended to enhance the scientific management, conservation, and utilization of these genetic resources.
Keywords: Germplasm, Maize, Characterization, Genetic diversity

INTRODUCTION

Maize (*Zea mays* L.), also known as corn, is one of the world's most important cereal crops belonging to the family Poaceae. It was first domesticated in southern Mexico around 9,000–10,000 years ago and has since spread globally through trade and cultivation (Iltis, 2000; McCann, 2005). Today, maize ranks among the top three staple grains alongside rice and wheat in both production and consumption (FAO, 2021). Maize is a highly versatile crop used for human food, animal feed, and industrial purposes, including the production of starch, ethanol, and corn oil (Shiferaw *et al.,* 2011). As a C_4 plant, it exhibits high photosynthetic efficiency and yield potential, thriving in warm climates with adequate sunlight and fertile soils (Taiz *et al.,* 2015). Nutritionally, maize is a rich source of carbohydrates and provides essential vitamins and minerals, though it lacks some amino acids like lysine and tryptophan (Nuss and Tanumihardjo, 2010). In many developing countries, especially in Sub-Saharan Africa and Latin America, maize serves as a major source of calories and livelihood for millions of smallholder farmers (Pingali, 2001).

According to Romesh *et al*. (2023), some valuable genetic resources have already gone extinct as a result of genetic erosion and environmental changes. The diversity of local maize landraces and farmer managed varieties is at risk, which reduces the pool of traits available to breeders for drought tolerance, pest and disease resistance which also weakening the long term resilience of maize production system (Khoury *et al*., 2023). According to Cleveland *et al*. (2020), genebank collections faces management and viability challenges, in which many accessions are still facing inadequate phenotypic and genomic characterizations

MATERIALS AND METHODS

Collection of Germplasm of Maize

A germplasm collection exploration was under taken in collaboration with Agricultural Development projects (ADP) extension officers to all areas of production (i.e. all the major maize producing areas of the country) in an attempt to collect the known genotypes of the crop in Niger state. Germplasm collection mission were undertaken to Zone A, Zone B,and Zone C, representing the major maize producing areas of the State. The study involved visits to farming villages in the state, questionnaires were administered through an interpreter in some cases and sample of available maize accessions under husbandry were collected. The questions asked included local name of the accessions, sources of seed supply, seed preferences, constraints to cultivation and economic importance. Expenditions were under taken between October and November 2024 which correspond to the period when the farmers were harvesting the crop. This was in order to have a broad based gene pool to draw from. The seeds collected were packed and sealed in thick Envelopes, each of them was given an entry number, information regarding the locality and local name(s). They were then brought to the Department of Plant Biology for further genetic studies.



Phenotypic Characterization of Maize Germplasm

The Collected Maize germplasms were characterised following the methods stated in the standard descriptors of Maize by International Bureau of Plant Genetic Resources (IBPGR, 1991).

Seed colour: The colour of the seeds were determined by using Royal horticultural society colour chart.

Seed shape: the seed shape was determined by visual inspection using Maize descriptor shape chart.

Seed size: the seed size was determined using a venier caliper

Seed type: descriptors of Maize by International Bureau of Plant Genetic Resources

FINDINGS AND DISCUSSIONS

Germplasm Collection

The survey cut across 28 town and villages in three zones of the state.Eighty five farmers were interviewed and 80 accessions of Maize were collected (Table 1). It was observed that most of the accessions were duplicated in most of the towns and villages. The various seed morpho types encountered were white, reddish, orange and yellow. Collections from Zone A, Zone b and Zone C were replicated over towns and villages in the state. From the three agro ecological zones, zone B had the highest 40 accessions, zone A had 22 accessions, and zone C had the lowest 18 accessions. The accessions collected were assigned with the following local names such as Farin masara, Kaba, Masara guguru, Masara kore, Etsu, Etsu kuna, Jar masara, Masara agric, Ewe, Kamba, Yanribae, Yanriwi, Kamba, and Yawi. Several local names appear repeatedly, such as Kaba (Zone A) Jar Masara (Zone B & C) Farin Masara And Masara Agric (Zone C) Kamba, Etsu, Yawi, And Ewe (Zone B)

Table 4.1: Collection of the maize Germplasm

	ACCESSION NUMBER	LOCATION	AGRO ECOLOGICAL ZONE	LOCAL NAME	SEED COLOR
1	NG001	SHIRORO	ZONE B	YANRIBAE	ORANGE
2	NG002	SHIRORO	ZONE B	YANRIWI	WHITE
3	NG003	CHANCHAGA	ZONE B	KAMBA	ORANGE
4	NG004	TUNGA KAWO	ZONE C	FARIN MASARA	WHITE
5	NG005	CHANCHAGA	ZONE B	YAWI	WHITE
6	NG006	MADARA	ZONE C	MOSARA KORE	REDDISH
7	NG007	DOKODZA	ZONE A	KABA	WHITE
8	NG008	BAGAMA	ZONE B	ETSU	WHITE
9	NG009	DWAKORO	ZONE B	ETSU KUNA	REDDISH
10	NG010	GIDAN KWANO	ZONE B	KAMBA	WHITE
11	NG011	GIDAN MANGORO	ZONE B	KAMBA	WHITE
12	NG012	BOSSO	ZONE B	EWE	WHITE
13	NG013	MAITUMBI	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
14	NG014	SABO GARI	ZONE C	FARIN MASARA	WHITE
15	NG015	RAFIN GORA	ZONE C	MASARA AGRIC	WHITE
16	NG016	MAIKUNKELE	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
17	NG017	RAFIN GORA	ZONE C	JAR MASARA	ORANGE
18	NG018	MINNA	ZONE B	MASARA GUGURU	REDDISH
19	NG019	TUNGA	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
20	NG020	BARWA	ZONE C	JAR MASARA	ORANGE
21	NG021	MAITO	ZONE C	FARIN MASARA	WHITE
22	NG022	MAJIGI	ZONE A	KABA	WHITE
23	NG023	MASABA	ZONE A	KABA	REDDISH
24	NG024	MAJIGI	ZONE A	KABA	REDDISH
25	NG025	KYARI	ZONE A	KABA	WHITE
26	NG026	KYARI	ZONE A	KABA	ORANGE
27	NG027	MAYAKI	ZONE A	KABA	WHITE
28	NG028	MAYAKI	ZONE A	KABA	ORANGE
29	NG029	MASABA	ZONE A	KABA	WHITE
30	NG030	WADATA	ZONE A	KABA	WHITE
31	NG031	DWAKORO	ZONE B	ETSU KUNA	ORANGE
32	NG032	BOSSO	ZONE B	JA'A MASARA	ORANGE
33	NG033	MAITUMBI	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
34	NG034	SHIRORO	ZONE B	YANRIWI	WHITE
35	NG035	BOSSO	ZONE B	EWE	WHITE
36	NG036	CHANCHAGA	ZONE B	YAWI	WHITE
37	NG037	SABO GARI	ZONE C	FARIN MASARA	WHITE
38	NG038	RAFIN GORA	ZONE C	MASARA AGRIC	WHITE
39	NG039	MAITO	ZONE C	MASARA KORE	REDDISH
40	NG040	SABO GARI	ZONE C	FARIN MASARA	WHITE
41	NG041	CHANCHAGA	ZONE B	YAWI	WHITE
42	NG042	MAITO	ZONE C	MASARA KORE	ORANGE
43	NG043	CHANCHAGA	ZONE B	YAWI	WHITE
44	NG044	MAIKUNKELE	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
45	NG045	CHANCHAGA	ZONE B	YAWI	WHITE
46	NG046	BOSSO	ZONE B	EWE	WHITE
47	NG047	MAITUMBI	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
48	NG048	MAYAKI	ZONE A	KABA	WHITE

49	NG049	MAJIGI	ZONE A	KABA	WHITE
50	NG050	MADARA	ZONE C	MOSARA KORE	REDDISH
51	NG051	KYARI	ZONE A	KABA	WHITE
52	NG052	GIDAN KWANO	ZONE B	KAMBA	WHITE
53	NG053	CHANCHAGA	ZONE B	KAMBA	ORANGE
54	NG054	TUNGA	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
55	NG055	BOSSO	ZONE B	EWE	WHITE
56	NG056	MAIKUNKELE	ZONE B	JAR MASARA	YELLOW
57	NG057	BAGAMA	ZONE B	ETSU	WHITE
58	NG058	RAFIN GORA	ZONE C	MASARA AGRIC	WHITE
59	NG059	KYARI	ZONE A	KABA	WHITE
60	NG060	KYARI	ZONE A	KABA	ORANGE
61	NG061	MAJIGI	ZONE A	KABA	WHITE
62	NG062	KYARI	ZONE A	KABA	REDDISH
63	NG063	MAYAKI	ZONE A	KABA	ORANGE
64	NG064	DWAKORO	ZONE B	ETSU KUNA	ORANGE
65	NG065	MADARA	ZONE C	MOSARA KORE	ORANGE
66	NG066	BAGAMA	ZONE B	ETSU	WHITE
67	NG067	MAIKUNKELE	ZONE B	JAR MASARA	YELLOW
68	NG068	TUNGA	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
69	NG069	BAGAMA	ZONE B	ETSU	WHITE
70	NG070	RAFIN GORA	ZONE C	MASARA AGRIC	WHITE
71	NG071	WADATA	ZONE A	KABA	WHITE
72	NG072	MAIKUNKELE	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
73	NG073	MASABA	ZONE A	KABA	WHITE
74	NG074	BARWA	ZONE C	JAR MASARA	REDDISH
75	NG075	RAFIN GORA	ZONE C	MASARA AGRIC	WHITE
76	NG076	MINNA	ZONE B	MASARA GUGURU	REDDISH
77	NG077	TUNGA	ZONE B	JAR MASARA	ORANGE
78	NG078	DWAKORO	ZONE B	ETSU KUNA	ORANGE
79	NG079	WADATA	ZONE A	KABA	WHITE
80	NG080	KYARI	ZONE A	KABA	ORANGE

Phenotypic Characterization of the Maize Germplasm

Four major seed shapes were identified, rounded 27 accessions, indented 27 accessions, pointed 16 accessions and Toothed 10 accessions. Rounded and indented shapes were the most common, each representing 33.8% of the total (Table 2). Pointed and toothed seeds occurred less frequently. In terms of seed size three seed sizes were recorded big 48 accessions (60%) medium 23 accessions (28.8%) and small 9 accessions (11.3%) (Table 2). Four seed types were identified Flint 30 accessions (37.5%), Dent 29 accessions (36.3%), semi-dent14 accessions (17.5%) and Semi-flint 7 accessions (8.8%). For Seed color, four color variants were observed white 42 accessions (52.5%), orange 22 accessions (27.5%), reddish 13 accessions (16.3%) yellow 3 accessions (3.8%). The quantitative traits (seed length, width, and thickness) varied among accessions Seed length 2.16–3.80 cm Seed width: 5.82–10.90 mm Seed thickness: 0.60–8.00 mm (Table 2). There was considerable variation in size dimensions, confirming morphological diversity among the maize samples. The thickest seeds (NG040, NG054, NG074) had “toothed” shapes, while smaller measurements were found in small-seeded accessions. These variations are useful indicators of genetic variation that breeders can exploit for improvement programs.

Table 2: Phenotypic Characterization of the Maize Germplasm

ACCESSION NUMBER	SEED COLOUR	SEED SIZE	SEED TYPE	SEED SHAPE	SEED LENGTH (cm)	SEED WIDTH (mm)	SEED THICKNESS (mm)
NG001	ORANGE	BIG	FLINT	POINTED	3.59	10.27	1.16
NG002	WHITE	BIG	SEMI-FLINT	ROUNDED	3.40	10.49	1.19
NG003	ORANGE	BIG	DENT	INDENTED	3.51	10.87	1.30
NG004	WHITE	BIG	DENT	INDENTED	3.51	10.52	1.35
NG005	WHITE	MEDIUM	SEMI- DENT	ROUNDED	2.38	8.23	1.14
NG006	REDDISH	BIG	FLINT	ROUNDED	3.52	10.20	1.25
NG007	WHITE	BIG	DENT	INDENTED	3.58	10.59	1.32
NG008	WHITE	BIG	DENT	POINTED	3.53	10.44	1.10
NG009	REDDISH	MEDIUM	FLINT	ROUNDED	2.40	8.98	1.09
NG010	WHITE	BIG	FLINT	ROUNDED	3.45	10.59	1.25
NG011	WHITE	BIG	SEMI-FLINT	ROUNDED	3.48	10.57	1.16
NG012	WHITE	MEDIUM	DENT	INDENTED	2.51	10.76	0.99
NG013	ORANGE	BIG	FLINT	ROUNDED	3.56	10.65	1.25
NG014	WHITE	BIG	FLINT	ROUNDED	3.50	10.27	1.24
NG015	WHITE	MEDIUM	DENT	INDENTED	2.39	8.15	0.87
NG016	ORANGE	BIG	DENT	POINTED	3.80	10.29	1.28
NG017	ORANGE	BIG	FLINT	ROUNDED	3.50	10.25	1.20
NG018	REDDISH	BIG	SEMI-DENT	POINTED	3.50	5.89	3.83
NG019	ORANGE	BIG	SEMI-DENT	ROUNDED	3.50	10.20	1.23
NG020	ORANGE	BIG	FLINT	ROUNDED	3.52	10.23	1.17
NG021	WHITE	BIG	FLINT	INDENTED	3.56	10.25	1.14
NG022	WHITE	BIG	SEMI-DENT	INDENTED	3.56	10.35	1.18
NG023	REDDISH	BIG	SEMI-DENT	INDENTED	3.55	10.90	1.25
NG024	REDDISH	BIG	DENT	INDENTED	3.69	10.83	1.24
NG025	WHITE	BIG	DENT	INDENTED	3.73	10.57	1.27
NG026	ORANGE	BIG	SEMI-DENT	INDENTED	3.52	10.36	1.24
NG027	WHITE	BIG	DENT	INDENTED	3.50	10.40	1.30
NG028	ORANGE	BIG	DENT	ROUNDED	3.55	10.17	1.35
NG029	WHITE	BIG	FLINT	ROUNDED	3.55	10.40	1.25
NG030	WHITE	BIG	SEMI-DENT	INDENTED	3.51	10.35	1.24
NG031	ORANGE	BIG	DENT	ROUNDED	3.52	10.25	1.30
NG032	ORANGE	BIG	FLINT	INDENTED	3.50	10.49	1.25
NG033	ORANGE	MEDIUM	SEMI-DENT	ROUNDED	2.35	8.72	0.77
NG034	WHITE	SMALL	DENT	ROUNDED	2.16	5.82	0.67
NG035	WHITE	BIG	FLINT	INDENTED	3.55	10.20	1.23
NG036	WHITE	BIG	DENT	POINTED	3.52	10.35	1.08
NG037	WHITE	MEDIUM	FLINT	ROUNDED	2.40	9.00	0.75
NG038	WHITE	MEDIUM	SEMI-DENT	POINTED	2.38	8.75	0.70
NG039	REDDISH	BIG	DENT	POINTED	3.50	10.30	0.89
NG040	WHITE	BIG	FLINT	TOOTHED	3.30	10.16	7.50
NG041	WHITE	BIG	SEMI- DENT	POINTED	3.47	10.83	1.08
NG042	ORANGE	MEDIUM	FLINT	ROUNDED	2.40	8.50	0.60
NG043	WHITE	MEDIUM	DENT	INDENTED	2.60	8.79	0.90
NG044	ORANGE	SMALL	FLINT	ROUNDED	2.28	6.84	0.66
NG045	WHITE	SMALL	SEMI- DENT	TOOTHED	2.50	7.25	5.88
NG046	WHITE	MEDIUM	DENT	TOOTHED	2.90	7.85	6.00
NG047	ORANGE	MEDIUM	FLINT	INDENTED	2.70	8.60	0.86
NG048	WHITE	MEDIUM	DENT	ROUNDED	2.75	8.50	0.90

NG049	WHITE	MEDIUM	FLINT	POINTED	2.80	8.18	0.70
NG050	ORANGE	SMALL	SEMI-FLINT	ROUNDED	2.52	7.25	0.70
NG051	WHITE	MEDIUM	DENT	INDENTED	2.80	8.18	0.87
NG052	WHITE	BIG	SEMI-DENT	POINTED	3.50	10.36	1.30
NG053	REDDISH	MEDIUM	DENT	TOOTHED	2.95	7.43	6.20
NG054	REDDISH	BIG	SEMI-FLINT	TOOTHED	3.40	10.68	7.49
NG055	WHITE	BIG	FLINT	POINTED	3.70	10.84	1.10
NG056	YELLOW	MEDIUM	FLINT	POINTED	2.85	7.16	0.77
NG057	WHITE	BIG	FLINT	TOOTHED	3.30	10.44	7.70
NG058	WHITE	SMALL	DENT	INDENTED	2.58	7.68	0.86
NG059	WHITE	BIG	FLINT	INDENTED	3.30	10.40	1.20
NG060	ORANGE	BIG	SEMI-DENT	ROUNDED	3.32	10.35	1.4
NG061	WHITE	BIG	SEMI-FLINT	INDENTED	3.30	10.72	1.15
NG062	REDDISH	BIG	SEMI-FLINT	ROUNDED	3.35	10.50	1.20
NG063	REDDISH	BIG	FLINT	TOOTHED	3.30	10.27	7.50
NG064	ORANGE	BIG	DENT	INDENTED	3.25	10.20	1.30
NG065	ORANGE	BIG	SEMI-DENT	POINTED	3.00	10.70	1.17
NG066	WHITE	MEDIUM	FLINT	TOOTHED	2.67	8.70	5.66
NG067	YELLOW	MEDIUM	DENT	POINTED	2.87	7.20	0.80
NG068	ORANGE	SMALL	DENT	ROUNDED	2.30	6.80	0.60
NG069	WHITE	MEDIUM	DENT	POINTED	2.90	8.75	0.85
NG070	WHITE	SMALL	FLINT	ROUNDED	2.30	6.75	0.75
NG071	WHITE	SMALL	FLINT	INDENTED	2.60	6.65	0.69
NG072	ORANGE	BIG	DENT	INDENTED	3.20	10.66	1.37
NG073	WHITE	MEDIUM	FLINT	INDENTED	2.80	8.20	0.90
NG074	REDDISH	BIG	DENT	TOOTHED	3.28	10.68	8.00
NG075	WHITE	BIG	FLINT	INDENTED	3.35	10.38	1.27
NG076	REDDISH	MEDIUM	DENT	POINTED	2.68	5.80	3.82
NG077	ORANGE	BIG	FLINT	TOOTHED	3.30	10.70	7.0
NG078	ORANGE	MEDIUM	FLINT	ROUNDED	2.80	8.47	0.80
NG079	WHITE	SMALL	SEMI-DENT	ROUNDED	2.50	6.36	0.70
NG080	REDDISH	MEDIUM	DENT	INDENTED	2.90	8.20	0.97

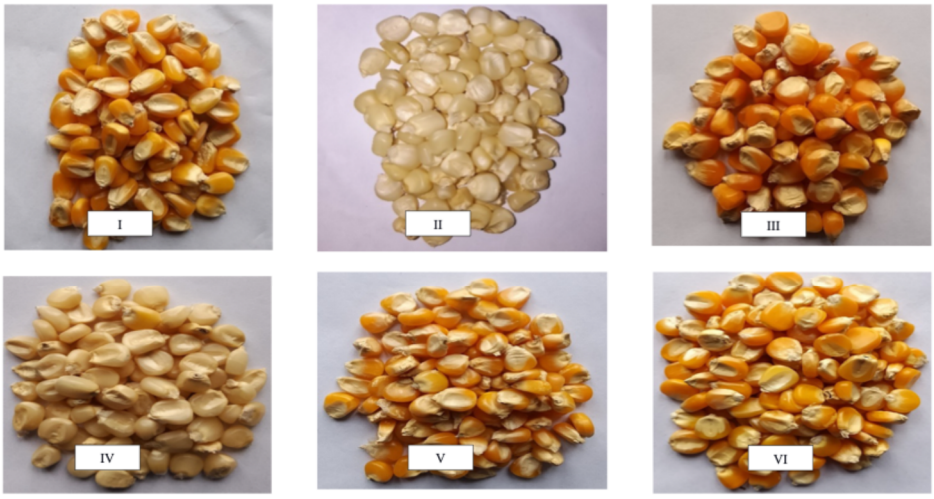


Plate 1: Seed Color: I = Orange, II = White, III = Reddish, IV = White, V = Orange and VI = Reddish.
Source: Experimental Photographer



Plate 2: Seed Shape; I = Rounded, II = Pointed, III = Indented, IV = Toothed, V = Pointed and VI= Indented
Source: Experimental Photographer

Cluster of phenotypic trait of Maize

At the distance 0.8, 61 accessions were recorded, at distance 1.6, 30 accessions were recorded, at distance 2.4, 8 accessions were recorded, at distance 3.2, 6 accessions, at distance 4.0, 4 accessions were recorded, at distance 4.8, 3 accessions were scored, at distance 5.6, 4 accessions were scored and at distance 6.4, 2 accessions were recorded. This indicates that at distance 0.8, has the highest groups while at distance 6.4 has the lowest groups showing that at distance 0.8, the accessions were closely related based their phenotypic characterization (Figure 1).

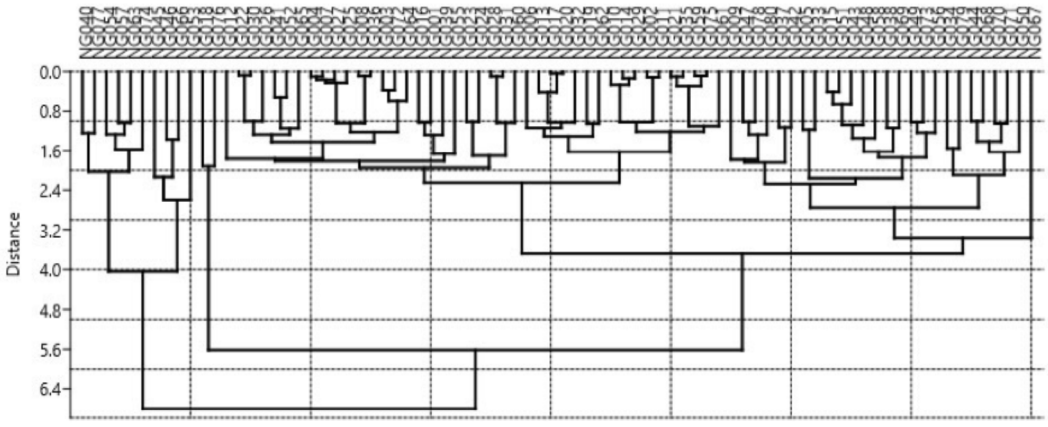


Figure 1: Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (UPGMA) Cluster of Phenotypical Traits of Maize.

DISCUSSION

The collection of 80 maize accessions from different agro-ecological zones revealed substantial geographical and phenotypic diversity, Zone B had the highest number of maize collections, suggesting it may be the main maize-producing area or has the greatest varietal diversity.

The dominance of white grained maize aligns with farmer and consumer preferences in Nigeria, where white maize is favored for food processing and consumption (Akinwale *et al.,* 2017; Abebe *et al.,* 2020). The presence of orange and reddish grains suggests potential for biofortified varieties rich in provitamin A carotenoids (Badu-Apraku *et al.,* 2019). Furthermore, the diverse local names across regions indicate deep cultural and agricultural significance, reflecting generations of farmer selection and adaptation to different environmental conditions. This reflects strong indigenous naming traditions tied to specific traits such as grain color, maturity period, or local adaptation. For example, *"Farin Masara"* (meaning "white maize") describes grain color, while *"Masara Agric"* likely refers to an improved or high-yielding type.

The observed diversity is vital for germplasm conservation and breeding programs, as it provides a valuable source of allelic variation for improving yield, resilience, and nutritional quality (Olowe *et al*., 2021).

The phenotypic evaluation of the 80 maize accessions revealed substantial morphological diversity among the collected germplasms. Seed color varied widely, with white maize being predominant (52.5%), followed by orange (27.5%), reddish (16.3%), and yellow (3.8%). The dominance of white maize suggests it is the preferred type grown and consumed locally, while orange and reddish varieties indicate the presence of colored maize that could be rich in carotenoids (provitamin A).This agrees with previous findings that white maize is the most cultivated type in Nigeria due to its consumer preference and adaptability to diverse environments (Akinwale et al., 2017; Abebe *et al.,* 2020). Variations in seed size and shape were also observed, with most accessions exhibiting large, rounded or indented grains, indicating a mix of improved and local landraces. The variation in seed shape suggests diverse genetic backgrounds and possible adaptation to different environmental or processing preferences. Most accessions produced large-sized seeds, indicating farmer preference for high-yielding varieties or improved germplasm. Medium and small seeds may represent traditional landraces with unique genetic traits such as drought or pest tolerance

The prevalence of flint (37.5%) and dent (36.3%) types suggests a balance between hard and soft endosperm maize, both of which play essential roles in food and industrial applications (Badu-Apraku *et al*., 2019). Flint types are typically harder and more resistant to pests, while dent types are softer and often used for animal feed or processing industries.

White maize predominates, reflecting its cultural and dietary preference among local farmers and consumers. The wide range of seed length (2.16–3.80 cm), width (5.82–10.90 mm), and thickness (0.60–8.00 mm) further demonstrates the genetic variability within the germplasm, which is valuable for breeding programs aimed at yield improvement, stress tolerance, and nutritional enhancement (Olowe *et al.,* 2021).

CONCLUSION

Maize germplasm collected from the field exhibits significant diversity in seed color, local nomenclature, and distribution across agro-ecological zones. This diversity provides a valuable genetic resource for breeding programs aimed at improving maize yield, nutritional value, and adaptability to local conditions.

The phenotypic (observable) traits of 80 maize accessions collected from the field which includes seed color, size, type, shape, and dimensions are important for identifying and classifying the genetic diversity present among the maize germplasms. The phenotypic data also demonstrate that the maize germplasm collected possesses high variability across physical and structural traits. Such diversity is crucial for Breeding programs aiming to improve yield, nutritional content, or pest resistance. Conservation efforts to maintain genetic diversity. Selection of parent lines for hybrid development.

REFERENCES

Abebe, T., Feyissa, T., & Dagne, K. (2020). *Morphological diversity in maize (Zea mays L.) landraces collected from different agro-ecological zones of Ethiopia*. African Journal of Agricultural Research, 15(5), 711–719.

Akinwale, R. O., Akinyele, B. O., & Badu-Apraku, B. (2017). *Assessment of morphological diversity in maize (Zea mays L.) germplasm collections from Nigeria*. Maydica, 62(3), 1–8.

Badu-Apraku, B., Fakorede, M. A. B., & Oyekunle, M. (2019). *Improving maize for drought tolerance and disease resistance in sub-Saharan Africa: Achievements and prospects*. Crop Science, 59(6), 2344–2357.

Cleveland, A. J., Smith, R. L., Martinez, T. P., & Zhao, Y. Q. (2020). Management and viability challenges in global genebank collections: Inadequate phenotypic and genomic characterization of accessions. *Plant Genetic Resources Journal*, *18*(2), 134-150.

FAO. (2021). *FAOSTAT Statistical Database: Maize production and utilization.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat

IBPGR, 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City - International Board for Plant Genetic Resources, Rome

Iltis, H. H. (2000). Home of corn: The trip from teosinte to maize. *Science*, 289(5475), 1659–1660.

Khoury, C. K., Carver, D., Greene, S. L., Williams, K. A., Achicanoy, H. A., & Jarvis, A. (2022). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss. *Plant Genetic Resources*, *20*(1), 1- 15.

McCann, J. (2005). *Maize and grace: Africa's encounter with a New World crop, 1500–2000.* Harvard University Press.

Nuss, E. T., & Tanumihardjo, S. A. (2010). Maize: A paramount staple crop in the context of global nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(4), 417–436.

Olowe, O. M., Ajala, S. O., & Badu-Apraku, B. (2021). *Genetic variability and correlation studies of maize (Zea mays L.) morphological traits in Nigeria*. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 13(2), 27–36.

Pingali, P. L. (2001). *CIMMYT 1999–2000 World Maize Facts and Trends: Meeting World Maize Needs.* CIMMYT, Mexico D.F.

Shiferaw, B., Prasanna, B. M., Hellin, J., & Bänziger, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, 3(3), 307–327.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.

A REVIEW ON THE ECOLOGICAL IMPACTS OF MIMOSA PIGRA L. ALLELOPATHY ON NATIVE PLANTS AND ECOSYSTEMS

Mahamarakkalahage Nethmi Ayodya Perera
Department of Agricultural Biology, Faculty of Agriculture, University of Ruhuna
ORCID: 0009-0006-2558-4366

ABSTRACT
Mimosa pigra L., an invasive leguminous shrub native to Tropical America and classified within the Fabaceae family, has become an extensive threat to native biodiversity and ecosystem stability across tropical and subtropical regions worldwide. This species exhibits pronounced allelopathic properties through the release of bioactive compounds, particularly flavonoid glycosides such as quercitrin and myricitrin, which inhibit seed germination and seedling development of native plants. Allelochemicals are released via volatilization, leaching, root exudation, and decomposition, disrupting the growth and physiological functions of surrounding vegetation. The allelopathic influence of M. pigra significantly alters competitive plant dynamics, suppressing native species and facilitating the formation of dense monospecific stands which reduce species richness and diversity. Additionally, these compounds affect soil microbial communities, decreasing beneficial symbionts like arbuscular mycorrhizal fungi while increasing pathogenic organisms, thereby impairing nutrient cycling and soil health. The ecological consequences of M. pigra invasion include altered hydrology, disrupted nutrient fluxes, and diminished habitat availability for native fauna, leading to ecosystem degradation especially in floodplains and wetland habitats. Although laboratory studies confirm the phytotoxic effects of M. pigra allelochemicals, there remains a need for further field-based quantification to understand their release dynamics and long-term impacts under natural environmental conditions. Management strategies must consider the species' allelopathic mechanisms alongside its rapid growth and prolific seed dispersal to effectively restore invaded ecosystems. Understanding the allelopathic interactions of M. pigra is essential for mitigating its invasive impact and preserving native plant communities globally.

Keywords: Invasive species, Allelopathy, Ecosystem degradation, Phytotoxic effects

GREEN SYNTHESIS OF rGO–ZNO NANOCOMPOSITE FROM BIOWASTE FOR ENHANCED TOPICAL THERAPEUTIC APPLICATIONS

CHENNAMMA DEVI T
Rajalakshmi Engineering College, Department of Biotechnology Autonomous

Preethy KR
Rajalakshmi Engineering College, Department of Biotechnology Autonomous
ORCID: 0000-0000-9292-6545

ABSTRACT
Metal-based nanoparticles have been extensively researched for their distinctive characteristics. Among them, zinc oxide nanoparticles have numerous applications in the field of biomedicine. The phytoextract of Ixora coccinea flowers was used in the synthesis of ZnO nanoparticles replacing the use of harmful reducing chemicals. In the current research, the carbonaceous material from biowaste of Setaria italica was used to synthesize graphene oxide (GO) by Improved Hummer's method. The synthesized GO was converted to reduced GO via green nanotechnology using phytoextract of Prosopis juliflora. The synthesis of reduced Graphene Oxide - Zinc Oxide Nanocomposite (rGO)-ZnO nanocomposite involves a simple, economical one-step magnetic stirring method. UV-visible spectroscopy was used to characterize the synthesized materials, with the maximal absorbance range for Zinc Oxide (ZnO) being 384 nm and for rGO–ZnO composite at 243 and 366 nm, respectively. The x-ray diffraction (XRD) revealed 2θ peaks for ZnO at 31.54°, 34.22°, and 36.08°. For reduced Graphene Oxide (rGO) in rGO–ZnO composite, the XRD revealed 2θ peaks at 21.25°, 21.56°, 23.14°, and for ZnO at 31.74°, 33.24°, 34.29°, 36.23°. The FT-IR demonstrated the vibrational modes of functional groups: –OH stretching, symmetric and antisymmetric -CH2 stretching, C = C stretching, and C–O stretching. The elemental composition of samples has been analysed using Energy Dispersive x-ray spectroscopy (EDX), and the high percentage of zinc in the composite shows a good loading rate of ZnO on the rGO's surface. By morphological investigation, monolayer sheet structures of rGO loaded with clusters of ZnO are clearly demonstrated. Positive results from therapeutic assays and biocompatibility were found with reduced haemolysis and good anticoagulation abilities proved with statistical approach. Our research is distinctive because a realistic formulation of an rGO-ZnO skin care cream with enhanced therapeutic properties, such as effective stability, spreadability, and significant moisture retention, can be recommended.

Keywords: Green nanotechnology; Biowaste; Graphene oxide; Zinc oxide; Nanocomposite; Phytoextract; Characterization; Biocompatibility; Therapeutic assay; Skin care formulation.

BIOTECHNOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CERASTES CERASTES VENOM: IMPLICATIONS FOR DIAGNOSIS AND THERAPEUTIC MANAGEMENT

Nihal Mesmoudi
Venoms and Toxins Laboratory, Institut Pasteur of Morocco, 1 Place Louis Pasteur
ORCID: 0009-0004-7623-7204

Khawla Ammouch
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat
Venoms and Toxins Laboratory, Institut Pasteur of Morocco, 1 Place Louis Pasteur

Noureddine Hammani
Venoms and Toxins Laboratory, Institut Pasteur of Morocco, 1 Place Louis Pasteur
Laboratory of Chemistry–Biochemistry, Environment, Nutrition and Health, Faculty of Medicine and Pharmacy of Casablanca, Hassan II University

Samir Ibenmoussa
Laboratory of Chemistry–Biochemistry, Environment, Nutrition and Health, Faculty of Medicine and Pharmacy of Casablanca, Hassan II University

Abdellah Moustaghfir
Laboratory of Odontological Biomaterials and Nanotechnology, Faculty of Dental Medicine, Mohammed V University in Rabat

Naoual Oukkache
Venoms and Toxins Laboratory, Institut Pasteur of Morocco, 1 Place Louis Pasteur

Abstract
The venom of Cerastes cerastes, a viper species native to North Africa, represents a natural source of bioactive compounds with significant biotechnological and medical potential. Despite its clinical importance, local data on its toxicological variability remain limited. This study aimed to characterize the toxicological and histopathological effects of C. cerastes venom to enhance diagnostic accuracy and therapeutic management of envenomation. Venom samples were collected from high-risk regions in Morocco. Protein content was quantified and analyzed using SDS-PAGE electrophoresis. Toxicity was evaluated by determining the LD_{50} in Swiss mice through intravenous (IV) and intraperitoneal (IP) administration, and histopathological analyses were performed on affected organs. Electrophoretic analysis revealed a complex protein composition containing both low- and high-molecular-weight components. The LD_{50} results showed higher toxicity via the IV route, suggesting slower absorption of larger molecules through the IP route. Histopathological findings indicated extensive hemorrhagic and necrotic lesions in visceral tissues, confirming the venom's potent hemorrhagic activity.

These results provide valuable insights into the toxicological profile of Cerastes cerastes and demonstrate the relevance of integrating biotechnological and toxicological approaches to better understand venom mechanisms and support the development of effective therapeutic strategies against envenomation.

Keywords: Cerastes cerastes, venom, biotechnology, LD_{50}, electrophoresis, toxicity, histopathology, hemorrhage

BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTOPATHOGENS USING SAHARAN ACTINOBACTERIA: A STEP TOWARDS SUSTAINABLE AGRICULTURE

Fedwa BEGHDADI
Laboratory of Molecular Biology, Genomics and Bioinformatics (LBMGB), Faculty of Natural Sciences and Life (SNV), Hassiba Benbouali University of Chlef

El-Hadj DRICHE
Laboratory of Molecular Biology, Genomics and Bioinformatics (LBMGB), Faculty of Natural Sciences and Life (SNV), Hassiba Benbouali University of Chlef

Abstract
Phytopathogenic microorganisms, including bacteria and fungi, are responsible for significant agricultural losses worldwide, reducing crop yields by approximately 12% to 14% [1][2]. Although chemical treatments such as fungicides offer effective short-term solutions, their long-term use contributes to environmental pollution through the accumulation of harmful residues [2]. In this context, biological control has emerged as an eco-friendly and sustainable alternative.
Among the microbial agents used in biocontrol, actinobacteria are particularly promising due to their ability to synthesize a wide range of bioactive secondary metabolites [3]. This study aimed to isolate actinobacteria from Saharan soil collected in the Ghardaïa region (Algeria) and to evaluate their antimicrobial activity against various phytopathogenic fungi and bacteria.
Isolation was performed using chitin-vitamin B (CH-V) selective medium after pre-treatment of soil samples with calcium carbonate. A microbial load of 120×10^3 CFU/g of dry soil was obtained, likely due to favorable edaphic factors such as high organic matter content, alkaline pH, and high temperatures [4][5]. Among 120 isolates, 52 exhibited notable inhibitory effects in cross-streak assays against selected phytopathogens.
The most active isolates were affiliated with the genus Streptomyces, known for its prolific production of antibiotics—accounting for nearly 70% of commercially available antimicrobial compounds. Additionally, rare genera such as Saccharothrix, Actinomadura, and Nocardiopsis also demonstrated promising activity.
These findings are consistent with previous studies reporting that Algerian Saharan soils harbor a rich diversity of actinobacteria with high biotechnological potential. The results underscore the potential of Saharan actinobacteria as a source of novel antimicrobial agents for agricultural biocontrol applications.
Keywords: Actinobacteria, Bioactive molecules, Phytopathogenic agents, Biological control.

EXPLORING ACTINOBACTERIA FROM ALGERIAN DESERT SOILS FOR THEIR ANTIMICROBIAL ACTIVITY AGAINST PHYTOPATHOGENIC MICROORGANISMS

Fedwa BEGHDADI
Laboratory of Molecular Biology, Genomics and Bioinformatics (LBMGB), Faculty of Natural Sciences and Life (SNV), Hassiba Benbouali University of Chlef

El-Hadj DRICHE
Laboratory of Molecular Biology, Genomics and Bioinformatics (LBMGB), Faculty of Natural Sciences and Life (SNV), Hassiba Benbouali University of Chlef

Abstract
Throughout their life cycle, plants and pathogens interact with a wide variety of organisms; these interactions can affect plant health in a positive and/or negative way (Corbaz, 1990; Nakkeeran et al., 2005). It is estimated that nearly 50% of the world's agricultural production is lost before or after harvest Biological control is one of the promising methods, it consists of the use of antagonistic microorganisms.
Among the latter, actinomycetes are the best candidate to be applied in the form of a living cell. They are known for their production of bioactive metabolites, their ability to colonize the rhizosphere and plant roots, their ability to control phytopathogenic microorganisms and to form spores adapted to the formation of stable products. However, these are important traits for the success of biological control (Xiao et al., 2002; Bressan, 2003).
The objective of this work is the screening of actinomycete strains isolated from Algerian Saharan soil, which inhibits some phytopathogens (bacteria and fungi).
The isolation of Actinomycetes is done on Vitamin-B chitin media after pretreatment with CaCo3.
The antimicrobial activity of Actinomycetes against these pathogens is done by the cross-striated method on ISP2 and YGB medium. incubation at 30°C for 24 hours for bacteria and up to 3 days for fungi (Aouiche et al 2013).
80 strains of actinobacteria were tested and 45 strains showed antiphytopathogenic activity or less against a fungus or bacteria, and the inhibition diameter reached up to 30 mm for some strains of actinomycetes.
This number of actinomycete isolates is much higher than other work carried out on the screening of actinobacteria against pathogenic bacteria (Aouiche et al., 2012, Toumatia et al., 2014).
Work is still being carried out to determine the pH kinetics, biomass and antiphythopathogenic activities of the actinomycete isolates obtained.
Keywords: Actinobacteria; Screening; inhibition; phytopathogenes.

THE ECONOMIC TRANSFORMATION OF COCHINCHINA FROM THE LATE 19TH TO THE EARLY 20TH CENTURY UNDER FRENCH COLONIAL RULE

M.A. Dinh Hong Khoa
Dong Thap University
ORCID: 0009-0007-4089-313X

Dr. Duong To Quoc Thai
Dong Thap University
ORCID: 0009-0008-1929-3751

Abstract
From the late nineteenth to the early twentieth century, French colonial exploitation reshaped Cochinchina from a traditional agrarian base into a colonial-capitalist economy integrated into the global market. The colonial administration implemented land reforms, expanded rice cultivation, developed rubber plantations, and invested in transportation infrastructure, seaports, and banking systems to serve extraction needs. These changes encouraged the expansion of French capitalist enterprises and the emergence of local landlord, merchant, and working classes, which profoundly transformed the socio-economic structure of the colony. At the same time, colonial policies deepened class divisions, exacerbated inequalities, and intensified social tensions, laying the foundation for the rise of national-democratic movements in the early twentieth century. Methodologically, this study employs historical and logical approaches: the historical method reconstructs major economic developments during French rule, while the logical method analyzes them in chronological sequence to yield objective assessments.
Keywords: Cochinchina, French colonialism, colony, economy, society.

1. Introduction

From the mid-nineteenth century, Cochinchina (Southern Vietnam) became the first region of Vietnam to fall under complete French colonial control. Following the Treaty of Saigon (1862) and the annexation of the western provinces in 1867, it was transformed into a directly administered colony-distinct from the protectorates of Annam and Tonkin. This status enabled France to implement extensive political and economic interventions, turning Cochinchina into a laboratory for colonial experimentation. As a result, the region underwent a profound transformation-from a traditional agrarian society to a monetized, export-oriented economy embedded in the global capitalist system.

The present study investigates this structural transformation of Cochinchina's economy from the late nineteenth to the early twentieth century, focusing on how colonial institutions, particularly those controlling finance, infrastructure, and urban space, redefined patterns of production and exchange. The research pays special attention to the expansion of rice and rubber industries, the emergence of plantation capitalism, and the creation of new financial and urban networks that sustained colonial extraction. While these developments introduced elements of modernization, they also deepened inequality and dependency, consolidating a dual economic structure that privileged foreign capital while marginalizing indigenous producers.

Vietnamese scholarship has provided important empirical foundations for understanding these processes. Duong To Quoc Thai (2020, 2025) examined the institutional and financial role of the Banque de l'Indochine in sustaining colonial capitalism; Le Huu Phuoc (2017) and Nguyen Van Khanh (1999) analyzed the broader dynamics of colonial exploitation and the formation of a "dual economy." Complementary research by Nguyen Thi Phuong (2007) on the organization of rubber plantations, Nguyen Phan Quang (2002) on Chinese merchants in the rice trade, and Ngo Minh Oanh & Banh Thi Hang Tam (2015) on the transport system has illuminated key components of the colonial economy. However, most of these works remain sectoral and descriptive, without integrating finance, agriculture, and trade into a unified analytical framework.

Foreign scholarship has offered broader theoretical perspectives. Aumiphin (1994) emphasized the financial architecture of French Indochina; Brocheux (1995) analyzed ecological and agrarian transformation; Reign (1998) highlighted administrative and structural constraints on local development; and Robequain (1944) conceptualized Indochina as a "machine of extraction." Nguyen Thi Minh Hieu (2020) later explored Cholon's role as a translocal commercial hub linking Chinese capital and colonial trade. Despite these contributions, existing research tends to treat finance, industry, and commerce as separate domains, leaving unexamined the mechanisms of interconnection that underpinned the colonial capitalist model.

Addressing this gap, the present study seeks to explain how French colonial institutions reshaped Cochinchina's traditional agrarian economy and to identify the financial, infrastructural, and urban mechanisms that sustained its transformation up to 1930. By examining the interactions among credit institutions, plantation networks, and transport infrastructures, the research aims to clarify the logic of colonial exploitation and its structural legacy. Ultimately, the study contributes to the historiography of Vietnam and colonial Southeast Asia by demonstrating that the colonial economy was not an incidental byproduct of modernization but a deliberately constructed system of extraction and control-one whose institutional patterns continued to shape regional development long after the colonial era.

2. Methodology and Theoretical Framework

2.1. Theoretical Framework

This study is grounded in the theoretical framework of colonial political economy, which interprets colonialism not merely as political domination but as a structural system of economic extraction and dependency (Hobson, 1902; Lenin, 1917). Within this system, the French colonial state in Cochinchina reorganized land tenure, labor, and trade to maximize surplus transfer to the metropole, institutionalizing economic inequality through monopolies, taxation, and infrastructural control.

Complementing this macro-perspective, the research employs the dual economy model (Boeke, 1953) to explain the coexistence of two hierarchically related sectors: a modern capitalist enclave dominated by colonial capital (plantations, export trade, banking) and a traditional subsistence economy (smallholder agriculture, local crafts). Their asymmetric interaction produced segmented growth and structural underdevelopment.

To further interpret this dynamic, the study draws upon dependency theory (Frank, 1969; Amin, 1973), which conceptualizes colonial economies as peripheral appendages of global capitalism. Cochinchina's transformation into an export-oriented economy-dominated by French and Chinese intermediaries-reflected an externally driven modernization process that deepened dependency rather than fostering endogenous development. Together, these frameworks provide the analytical lens to understand the dual and dependent nature of Cochinchina's colonial transformation.

2.2. Research Methodology

This study employs a combination of historical and logical methods within a historical-institutional framework. The historical method is used to trace the evolution of Cochinchina's economy under French colonial rule, from the establishment of the colony in 1862 to the early structural transformation around 1930. This approach reconstructs the key stages of change in land ownership, production organization, and financial control, revealing the dynamics of colonial restructuring over time.

The logical method complements this by identifying causal relationships among economic, social, and institutional factors. It moves beyond chronological narration to analyze how colonial institutions-such as the Banque de l'Indochine, the plantation economy, and the transport network-interacted to form a coherent system of extraction and dependency.

Methodologically, the paper adopts an institutional-archival approach, drawing upon colonial administrative and statistical sources such as the Bulletin économique de l'Indochine, Annuaire de la Cochinchine, and Rapports des Gouverneurs. Qualitative content analysis of these archival materials is supported by selective quantitative data (e.g., on trade, land, and credit) to identify structural patterns.

By integrating these methods, the study provides a comprehensive and evidence-based understanding of Cochinchina's economic transformation-highlighting both its tendencies toward modernization and its embedded dependency within the colonial capitalist system.

3. Research Content

3.1. The Economic Structure before Transformation

Before the French colonial conquest, Cochinchina exhibited the structural features of a traditional subsistence-based agrarian society, in which wet-rice cultivation formed the economic backbone, complemented by localized handicrafts and limited internal trade. The region functioned according to a self-sufficient model, largely insulated from both international commerce and modern financial or institutional mechanisms.

As Nguyen Van Khanh (1999) notes, by the end of the 19th century, the Vietnamese economy-including Cochinchina-still fundamentally retained a self-sufficient character, with agriculture and craft production continuing to play the dominant role. While colonial investments had started to lay the foundation for modern sectors such as plantations and light industry, these remained marginal compared to the overwhelming weight of traditional sectors (p. 32).

The agricultural system was predominantly small-scale and village-centered, structured around communal or private landholdings. Farming techniques remained rudimentary: irrigation relied on natural water flows or basic canals, tools were handmade and wooden, and labor was typically organized within households or through seasonal reciprocal labor arrangements. While rice was the staple crop, there was little diversification and rarely any surplus. The absence of accumulated surplus meant that capital formation and reinvestment were virtually non-existent.

Trade and exchange operated at a modest scale. Agricultural goods were consumed locally, and market activity was confined to village-level markets using barter or small-denomination silver currency. No organized system of commodity distribution or price stabilization existed. Similarly, artisanal activities-including textile weaving, pottery, metalworking, and carpentry-remained subsistence-oriented, geared toward local needs rather than integrated into regional or long-distance trade.

The transportation infrastructure of precolonial Cochinchina was highly underdeveloped. Most land routes were dirt tracks that became impassable during the rainy season. While the region's river system provided some connectivity, there were no constructed ports, railway lines, or commercial transportation networks capable of integrating the region into larger trade circuits. As Sophia Reign (2000) directly observes: "The distribution of responsibilities among the population reveals the precariousness of Indochina's position-and that of its commercial classes-within the broader Asian market system. In shaping economic decision-making, the issue of capital proved central: the inadequacy of agricultural credit constituted a major obstacle to the organization of Cochinchina's economy" (p. 376)

This traditional economy was embedded in a social order dominated by Confucian hierarchies and local notables who administered land, oversaw taxation, and mediated village affairs. Although land inequality was still relatively mild, a proto-landlord class-mainly composed of literate elites and retired officials-had begun to emerge. However, their capacity for reinvestment or commercial expansion remained marginal.

Ethnic economic roles were beginning to take shape. Chinese merchants in Cho Lon had started operating small rice mills and engaging in import-export activities, but their access to colonial credit and legal protections was still limited. Indigenous Vietnamese entrepreneurs remained largely absent from large-scale trade, finance, or industry, and played only minor roles as intermediaries in localized markets.

In sum, Cochinchina's precolonial economy was isolated, agrarian, and structurally stagnant. It lacked the institutional foundations and economic conditions necessary for capitalist development-namely, surplus production, formal credit mechanisms, infrastructure, urbanization, and integration into global markets. This foundational backwardness would form the point of departure from which the colonial economy imposed by France after 1862 would radically diverge, reshaping the region's socio-economic landscape in both form and function.

3.2. The Colonial Dual Economy Model

Under French colonial rule, Cochinchina's economy was structured into a dual system that juxtaposed a traditional subsistence-based sector with a burgeoning colonial capitalist sector. These two sectors did not evolve in parallel but were interdependent within an extractive order engineered to prioritize the interests of imperial capital. As Boeke (1953) conceptualized, the colonial "dual economy" reflected the coexistence of a modern, capitalist enclave operating within and at the expense of a stagnant traditional society. In Cochinchina, this bifurcation was deliberately institutionalized through colonial policies on land tenure, credit, taxation, and infrastructure-all designed to integrate the colony into global capitalism while subordinating indigenous production.

The colonial capitalist sector encompassed plantations, mining concessions, export enterprises, and transport infrastructure concentrated in the eastern provinces and urban centers such as Saigon and Cho Lon. It was capital-intensive, legally privileged, and closely connected to metropolitan markets. French companies and European settlers dominated ownership and management, while Chinese merchants acted as indispensable intermediaries in finance and trade. This sector received the lion's share of public investment-railways, ports, and irrigation systems-constructed specifically to facilitate the extraction and export of rice, rubber, and other commodities. As summarized by Duong To Quoc Thai (2020), Paul Doumer's economic strategy in Indochina aimed to mobilize French capital to build infrastructure that would both extract resources and convert the colony into "an exclusive consumption market for French capitalist goods" (p. 35).

Quantitative evidence confirms this structural imbalance. According to the Annuaire statistique de l'Indochine (1925-1929), more than 2.3 million hectares of cultivated land in Cochinchina were devoted to rice, producing about 28 million quintaux annually with an average yield of 12 quintaux per hectare-the highest in Indochina (Gouvernement général de l'Indochine, 1929, p. 147). Meanwhile, rubber plantations expanded rapidly from 50,000 hectares in 1927 to 84,000 hectares in 1929, concentrated mainly in Thu Dau Mot, Bien Hoa, and Gia Dinh (Annuaire statistique, 1929, p. 148). By 1930, total rubber acreage approached 100,000 hectares, primarily on red-soil lands previously uncultivated. These figures demonstrate how the French restructured land and labor: the rice economy was reoriented toward exports, while plantations absorbed large tracts of fertile land, creating self-contained capitalist enclaves detached from traditional agrarian life.

In contrast, the traditional sector-centered on smallholder rice farming, craft production, and local markets-remained technologically stagnant and economically marginalized. Vietnamese peasants lacked access to credit, markets, and mechanization, remaining confined to subsistence production. As Sophia Reign (2000) observed, development in parts of Cochinchina was severely hindered because essential infrastructure-such as irrigation or transportation-was considered too costly or unnecessary for local needs. "The situation was particularly evident in regions where exploitation required basic and costly infrastructure, such as irrigation and road construction" (p. 373).

The inequitable distribution of credit further entrenched this dualism. The Crédit Agricole Mutuel in Cochinchina, as reported in 1929, had 19 cooperative societies with a total capital of 12.8 million piastres and outstanding loans of 15.4 million piastres, yet interest rates averaged 10-12%, effectively excluding Vietnamese smallholders (Annuaire statistique, 1929, p. 153). As Duong To Quoc Thai (2020) emphasized, the Banque de l'Indochine channeled most agricultural credit toward plantation owners and export traders rather than native farmers (pp. 28, 30, 156-157). This asymmetry turned finance into a mechanism of subordination, consolidating the dependency of indigenous producers on colonial capital.

By the late 1920s, the economic structure of Cochinchina epitomized the logic of dependency theorized by Frank (1969) and Amin (1973): an export-oriented core controlled by foreign capital coexisted with a peripheral subsistence economy that supplied cheap labor and raw materials. As Nguyen Van Khanh (1999) notes, despite visible signs of modernization in the South, Vietnam's economy as a whole remained fundamentally agrarian and underdeveloped (p. 160). The so-called "development" brought about by colonial rule was neither inclusive nor transformative-it deepened inequality and institutionalized dependency.

Far from being a passive consequence of uneven modernization, this dual structure was a deliberate colonial strategy of rule. By maintaining a segmented economy-a highly profitable core dominated by colonial capital and a stagnant periphery populated by Vietnamese peasants-the French ensured both economic extraction and social control. The resulting system entrenched class and ethnic hierarchies, restricted productive reinvestment, and locked Cochinchina into a path of structural dependency that would persist well beyond decolonization.

3.3. The Role of the Chinese Merchant Class in the Rice Economy of Cochinchina

The rapid transformation of Cochinchina's rice economy under colonial capitalism cannot be understood without analyzing the intermediary and catalytic role played by the Chinese merchant class, particularly in the rice-producing and rice-exporting circuits. Under French colonial rule, this diasporic group occupied a structurally indispensable position within the economic architecture of southern Vietnam-bridging the gap between indigenous producers, French capital, and international markets.

From the late 19th century onwards, the French colonial administration adopted a dual policy toward the Chinese merchant community in Cochinchina. While limiting their political rights as foreign residents, the colonial state simultaneously granted them substantial economic freedoms-especially in the rice trade, milling, transport, export, and rural credit sectors. This strategy reflected a broader effort to leverage Chinese commercial networks for colonial extraction while minimizing political risk (Nguyen, 2002, pp. 78-80). By the 1890s, Hoa merchants had effectively monopolized the rice trade infrastructure in Cho Lon, where they owned and operated the majority of rice mills, handled grain storage, coordinated riverine transport, and managed transactions with rural suppliers.

As Robequain observed, as cited in Nguyen Phan Quang (2002), Chinese merchants played a crucial intermediary role in Cochinchina's rice economy by organizing an extensive and highly efficient commercial network. They maintained close ties with major traders in rice-producing provinces, controlled a majority of transport vessels, and established a far-reaching web of rural brokers who facilitated the movement of rice from farms to mills and then to export houses. In favorable years, these merchants secured preferential loans from banks, further consolidating their dominance. By 1923, colonial authorities themselves acknowledged this indispensability. As Nguyen Phan Quang (2002, p. 80) recounts, the Cochinchina Rice Improvement Committee admitted that intermediaries between exporters and producers - even French ones - had to rely on Chinese agents due to their superior market knowledge, deep integration in rural life, and logistical organization. The committee expressed concern that no other group could match the Chinese in terms of experience, strategy, and familiarity with farmers' habits and needs. This official acknowledgment highlights the structural reliance of colonial capitalism on Chinese commercial networks. Far from being passive participants, Chinese intermediaries had become irreplaceable nodes within the colonial export economy, binding together rural producers, millers, and international buyers.

The French colonial administration strategically leveraged what might be termed "intermediary capitalism," wherein the Chinese merchant class served not only as a conduit for logistical operations but also as a politically expedient buffer. Unlike the indigenous Vietnamese population-perceived as potentially subversive-the Chinese were regarded by colonial authorities as politically neutral and less inclined to participate in nationalist or anti-colonial movements. This perception underpinned a deliberate policy of economic favor: the Chinese community was granted broad commercial autonomy, coupled with privileged access to financial capital. As noted by J.P. Aumiphin (as cited in Nguyen Phan Quang, 2002), Chinese merchants benefited from both local credit facilities and transnational Chinese financial networks, enabling them to issue pre-harvest loans to Vietnamese peasants and consolidate their intermediary position within the rice economy (p. 78). Some Hong Kong-Shanghai financial groups even advanced capital to Hoa merchants who, in turn, issued pre-harvest loans to Vietnamese peasants, thereby binding them into dependent contractual relationships.

By the early 20th century, this dynamic had crystallized into a three-tiered economic order: French firms dominated capital and export channels; Chinese merchants controlled domestic logistics and rural procurement; and Vietnamese peasants remained subordinated as producers. Despite this, the Hoa class was not merely a tool of colonial capital but a distinct economic force, often negotiating its own interests and building transnational connections across Southeast Asia and southern China.

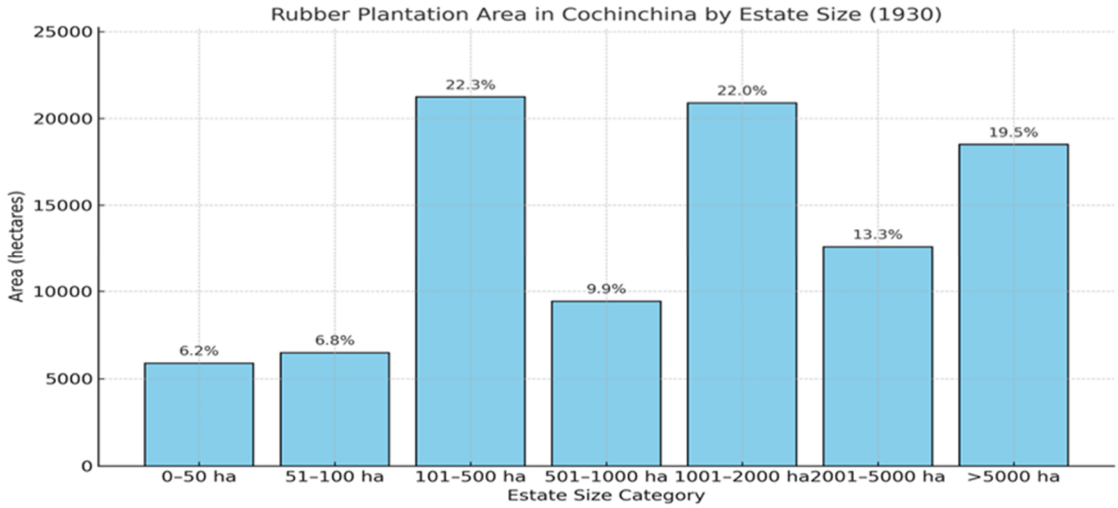
In summary, the Chinese merchant class in Cochinchina functioned as both the lubricant and the engine of colonial rice capitalism. Their intermediary role was not incidental but systemic, enabling the colonial dual economy to function with minimal French investment in local infrastructures or native entrepreneurship. This entrenched structure of dependency would persist beyond colonial rule, leaving lasting imprints on Vietnam's commercial and ethnic landscapes.

3.4. Plantation Expansion and Agricultural Restructuring

Under French colonialism, Cochinchina's agrarian structure underwent a profound transformation through the expansion of large-scale plantations and the reconfiguration of agricultural priorities. This shift, primarily driven by the imperatives of imperial capitalism, reshaped the countryside from a subsistence-oriented rice-based economy into a stratified landscape geared toward monoculture and export.

One of the most significant developments was the rise of plantation capitalism, notably through the rubber boom of the early 20th century. While rice remained a dominant crop, the proliferation of rubber estates across the Eastern region of Cochinchina introduced new forms of land use, labor control, and capital investment. By 1930, rubber plantations in the Eastern region of Cochinchina had reached nearly 100,000 hectares, most of which were concentrated in areas such as Thu Dau Mot, Bien Hoa, and Gia Dinh, primarily on red-soil lands that had previously remained untouched by systematic cultivation. (Nguyen, 2007, p. 39).

Figure 1. Distribution of Rubber Plantation Area by Estate Size in Cochinchina, 1930



Source: Nguyen, T. P. (2007). The history of rubber plantations in Southeastern Cochinchina under French colonial rule (1898-1939), table 2.6, p.39.

Figure 1 below provides a statistical breakdown of plantation types in Cochinchina in 1930, illustrating the stark concentration of land ownership: although the majority of plantations (over 58%) were small-scale (under 50 hectares), they accounted for only 6.19% of the total cultivated area. In contrast, estates exceeding 1,000 hectares-though representing less than 5% of all plantations-controlled more than 54% of total rubber acreage. This reflects the dominance of large capitalist enterprises, often French-owned, in the colonial rubber economy.

This transformation was legally and institutionally engineered. The colonial state facilitated land accumulation by French capitalists through a combination of decrees, tax exemptions, and long-term concessions. According to Nguyen Thi Phuong (2007), land policies in Cochinchina during the late 19th and early 20th centuries were systematically designed to encourage settler ownership and facilitate plantation expansion, particularly in fertile red soil areas such as Bien Hoa and Thu Dau Mot. These policies marginalized communal and smallholder claims, thereby creating favorable conditions for the growth of large-scale rubber plantations (pp. 19-22).

One of the defining features of colonial rubber capitalism in Cochinchina was its labor regime, which relied heavily on the recruitment of indentured workers from Tonkin and Annam. Following World War I, as rubber plantations in the red-soil areas of Southeastern Cochinchina expanded rapidly, the colonial state and private capitalists turned to contract labor systems to meet the growing demand for manpower.

These indenture contracts typically lasted three years and were enforced under strict regulations issued by the colonial government. Recruits were often subjected to coercive practices, including deceptive recruitment, high transportation costs, and limited mobility during their contract terms. According to colonial labor inspectorate reports, between 1919 and 1930, a total of 90,875 workers from northern and central Vietnam were transported to work in plantations across Cochinchina, Southern Annam, and Cambodia. The recruitment peaked between 1926 and 1928, reaching nearly 18,000 workers annually, before experiencing a temporary decline in 1929 due to growing resistance to labor recruitment and the political shock of the Bazin assassination (Nguyen, 2007, p. 52).

This system not only ensured a stable supply of cheap labor for plantation owners but also reinforced the exploitative structure of colonial capitalism. Workers endured long hours, harsh living conditions, minimal wages, and tight surveillance. While some were classified as free laborers, the majority fell under the category of indentured laborers, legally bound by contracts and often trapped in debt cycles. As Nguyen Thi Phuong (2007, p. 91) notes, these labor practices were integral to the expansion of the plantation economy in the 1920s and helped sustain the rubber boom.

Rubber plantations not only altered land tenure but also introduced spatial, social, and demographic changes. Entire settlement villages were established around plantations, effectively turning parts of Eastern Cochinchina into labor colonies. As one study notes, this movement constituted the second major wave of population migration into the region, following the initial frontier expansion of the 18th-19th centuries.

In agricultural terms, this model disrupted the traditional rice cultivation cycle. While the colonial administration celebrated rubber as a symbol of modern enterprise, it simultaneously reinforced monoculture dependency and food insecurity. Export crops were prioritized over subsistence farming, and smallholders were either absorbed into wage labor or marginalized further. According to Nguyen Van Khanh (1999), rural development in colonial Vietnam was marked by stark spatial disparities. While urban centers and industrial zones witnessed modernization and capitalist expansion, large swathes of the countryside-particularly upland areas-remained embedded in feudal production structures and subsistence-based agriculture, with minimal integration into the colonial economy. This uneven transformation, he suggests, reflected a broader imbalance that permeated both sectoral and regional dimensions of colonial development (pp. 159-160).

Ultimately, the expansion of plantations in Cochinchina was not merely an economic phenomenon, but a political project of control, extraction, and transformation. It generated new class formations-planters, brokers, indentured laborers-and accelerated the disarticulation of indigenous agrarian structures.

The shift from communal land use to capital-intensive monoculture marked a decisive rupture in the region's rural economy and set the foundations for enduring social inequalities.

3.5. Infrastructure, Finance, and Colonial Integration

A defining dimension of Cochinchina's economic transformation under French colonial rule was the construction of a material and financial infrastructure aimed at deepening the region's integration into imperial circuits of trade and capital. From roads and ports to banking institutions, these systems were not neutral engines of modernization but deliberate tools to enable the efficient extraction of resources, the consolidation of colonial control, and the reinforcement of economic hierarchies.

Transportation as a Mechanism of Extraction

The development of transportation infrastructure-especially during the tenure of Governor-General Paul Doumer-revealed the dual aims of colonial policy: economic extraction and administrative control. As noted by Doumer himself, the French sought to "construct for Indochina a large economic apparatus, a system of railways, roads, canals, ports-necessary facilities for the exploitation of Indochina" (Nguyen, 2007, p. 27).

The economic transformation of Cochinchina under French colonial rule was closely tied to the strategic expansion of its transportation infrastructure, particularly the development of an integrated road network. One of the earliest projects-the Saigon-My Tho road-was surveyed in 1866 and completed by 1880. While it largely traced the historical "Thien ly" route of the Nguyen dynasty, the colonial version introduced significant upgrades, including stone surfacing and dual-purpose bridges accommodating both road and rail traffic across the Vam Co Dong and Vàm Cỏ Tây rivers (Ngo, 2015, pp. 10-11).

From the late 19th century through the early decades of the 20th, the colonial government accelerated road construction to facilitate resource extraction and consolidate control over the countryside. Major routes such as My Tho-Go Cong (constructed in 1895), along with upgraded connections to Cai Lay and Cai Be, were designed to link agriculturally productive zones to urban markets and administrative hubs. In 1913, Governor-General Albert Sarraut authorized the construction of Colonial Route No. 1 (Route Coloniale No. 1), stretching from Saigon through the Mekong Delta to Phnom Penh and onward to Vạn Tường, signaling a broader ambition to integrate French Indochina through a unified arterial system. Annual investments in this effort reached between 600,000 and 1,000,000 piastres (equivalent to approximately 2.5 million francs) (Ngo, 2015, pp. 10-11), underscoring the strategic and financial priority attached to infrastructure.

By the 1920s, Cochinchina's road system had developed into two interconnected networks. The first comprised provincial roads linking key towns in the Mekong Delta-such as Tra Vinh, Vinh Long, Can Thơ, and My Tho-while the second consisted of inter-provincial arteries (notably Routes 13, 14, 15, and 16) connecting Saigon with the broader Luc Tinh region (Ngo, 2015, pp. 10-11). These roadways were engineered to dovetail with riverine and rail networks, enabling a seamless flow of goods-particularly rice and other export commodities-from plantation zones to port cities like Saigon and Cho Lon. In this way, infrastructure development became both a logistical backbone and an instrument of colonial control, shaping spatial hierarchies and facilitating the extraction of surplus from the rural periphery to the colonial core. The railway line from Saigon to My Tho, operational as early as 1885, set the precedent for an extractive spatial logic that would dominate colonial planning for decades.

Saigon's port infrastructure, including docks, rail connections, and customs facilities, served as the logistical nucleus of the colonial export economy. This urban-commercial complex, particularly the twin hubs of Saigon and Cho Lon, became the primary conduit for Indochina's rice trade. According to Nguyen Phan Quang (2002), by the early 20th century, Chinese merchant houses in Cho Lon controlled the majority of rice milling enterprises and built an extensive intermediary network linking rural producers to exporters. These networks also extended into rural credit and grain collection, enabling the Chinese diaspora to dominate commercial flows and gain leverage over indigenous smallholders (pp. 82-87).

However, this concentration of infrastructure and commercial power overwhelmingly benefited French trading firms and Chinese capitalist intermediaries. Vietnamese peasants, although critical as producers and laborers, were marginalized in both spatial and institutional terms. Their limited access to transportation, storage, and financial services restricted their market participation and reinforced patterns of economic dependency and underdevelopment.

The Banque de l'Indochine and the Colonial Financial Apparatus

Parallel to this material infrastructure, the Banque de l'Indochine (est. 1875) formed the financial backbone of colonial capitalism. It functioned simultaneously as a currency-issuing authority, a commercial lender, and the fiscal agent of the colonial state. According to Duong To Quoc Thai (2020, pp. 124-132), the bank's credit policies overwhelmingly favored French corporations, plantations, and export enterprises, while Vietnamese entrepreneurs and smallholders were almost entirely excluded. This imbalance produced a dual economy, in which the export-oriented capitalist sector thrived at the expense of a stagnant, undercapitalized agrarian base.

Statistical data from the Annuaire Statistique de l'Indochine (1930) confirm this asymmetry: The Saigon branch's gold and foreign exchange reserves rose from 17.1 million piastres (1913) to 48.6 million (1929); Banknotes in circulation increased from 32 million to 146 million piastres during the same period (pp. 211-213); yet domestic investment remained minimal. Meanwhile, the Banque Franco-Chinoise pour le Commerce et l'Industrie expanded its total assets from 417 million francs (1925) to 1.125 billion (1929), channeling credit primarily to export trade and speculation (Annuaire, 1930, p. 214).

As Phan Ha Uyen (1978, pp. 150-153) documented, these financial flows were systematically structured to repatriate profits to France. Annual capital transfers exceeded 300,000 gold francs, while dividend payments to French shareholders averaged 5-7 million piastres per year. "Indochina," Phan wrote, "was being drained of its wealth-L'Indochine est dévalisée". Far from stimulating indigenous accumulation, the banking system functioned as a financial siphon, transforming colonial surplus into metropolitan gains through exchange-rate manipulation, tax privileges, and preferential credit for French firms.

The monetary reform of 1928-1930 further institutionalized this dependency. The Convention Monétaire du 16 novembre 1929 pegged 1 piastre = 10 French francs = 0.655 g of fine gold, integrating Indochina into the franc-or (gold-franc) zone (Annuaire, 1930, pp. 199-200). As Phan Ha Uyen (1978, pp. 153-154) explained, this reform effectively converted Indochina's financial system into an extension of the Paris money market, ensuring that fluctuations in the colonial economy mirrored those of metropolitan France and facilitating the automatic transfer of surplus through a gold-based regime.

Colonial Integration and Spatial Inequality

The combined impact of transportation and financial infrastructure was to lock Cochinchina into an externally-oriented economic model that privileged exports, suppressed indigenous accumulation, and deepened social inequalities.

Infrastructure was routed not for internal development but for logistical convenience. Credit was allocated not based on productivity but on colonial allegiance. Together, these systems shaped the geography of extraction and exclusion.

One of the major obstacles to endogenous development in colonial Cochinchina was the failure of agricultural credit systems to accommodate the needs of the rural majority. As Sophia Reign (1998) observes, financial institutions were not designed to serve those in need of capital-especially smallholder farmers-but instead operated through intermediary merchant networks. She notes that "loans… did not reach those who needed them, but went to Saigon merchants who then redistributed them on the basis of pre-arranged purchase agreements with plantation owners or rice millers" (p. 378). This pattern of credit allocation was not a symptom of administrative incapacity but a deliberate strategy to sustain structural inequality between the centers of economic power and local productive communities. By channeling credit primarily into urban-commercial sectors rather than small-scale agricultural production, the colonial regime institutionalized a system of dependency that marginalized rural development within the broader logic of extractive colonial economics.

Thus, rather than bridging the traditional and modern sectors, colonial infrastructure bifurcated them-cementing a dual economy in which capital, mobility, and opportunity were monopolized by foreign firms and colonial collaborators, while Vietnamese peasants and native entrepreneurs were structurally marginalized.

3.6. Urbanization and Social Stratification in Colonial Cochinchina

The economic transformation of Cochinchina under French colonial rule was not limited to the countryside; it also gave rise to a complex urban restructuring centered around Saigon-Cho Lon. As the colonial administrative and economic hub, Saigon emerged as a strategic node within the empire's Southeast Asian network, while Cho Lon became a vibrant commercial center dominated by Chinese merchants. This twin-city formation reflected the dual character of colonial urbanization: administrative control and commercial exploitation.

Colonial urban planning in Saigon prioritized European needs. The French built wide boulevards, sanitary infrastructure, and modernist architecture in the ville européenne, while native quarters remained congested and under-serviced. This spatial segregation-an embodiment of what Paul Rabinow calls the "colonial city"-institutionalized racial hierarchies and economic disparities. Infrastructure development, such as electricity, sewerage, and paved roads, rarely reached Vietnamese-populated districts or indigenous workers' settlements.

According to the Annuaire Statistique de l'Indochine (1930), Saigon's European population reached 12,519 by 1929, far exceeding Hanoi (4,472) and Phnom Penh (1,319), while Cho Lon contained 887 Europeans but over 200,000 inhabitants overall, reflecting its distinctly Asian character (p. 64). These figures confirm the emergence of a racially segregated urban dualism in which Saigon functioned as a European administrative enclave, and Cho Lon as a commercial hub dominated by Chinese capital.

The commercial expansion of Cho Lon was particularly significant. According to Nguyen Phan Quang (2002), Chinese merchants effectively controlled the rice trade and owned the majority of rice mills, warehouses, and transport vessels, operating through an extensive network of agents and storage facilities that spanned both rural and urban areas. Their dominance in urban commerce was supported by favorable colonial policies that simultaneously restricted Vietnamese entry into formal capitalist circuits while tolerating-and even encouraging-the economic prominence of the ethnic Chinese. In return, the colonial state leveraged this commercial class to extract surplus from the countryside for export.

Statistical data reinforce this asymmetry: by 1921, Cochinchina's total population was 3.797 million, of which 156,000 were Chinese (4.1%) and 11,000 were Europeans (Annuaire Statistique, 1930, pp. 61-63). The Chinese community thus constituted the largest non-native group in Indochina and formed a powerful intermediary bourgeoisie linking European capital with indigenous production.

Urbanization also contributed to social stratification. The emergence of a Franco-native elite-including collaborateurs, comprador landlords, and colonial clerks-created new channels of upward mobility for a small segment of Vietnamese society, particularly graduates of French-language schools and employees of the colonial administration. These petits fonctionnaires served as intermediaries between the colonial state and the local population, yet remained structurally subordinate within the racialized hierarchy.

At the same time, a growing working-class population, composed of rural migrants, dockworkers, construction laborers, and factory hands, inhabited peripheral neighborhoods under precarious living conditions. According to migration data (Annuaire Statistique, 1930, pp. 67-69), in 1928 more than 10,270 laborers from Tonkin and 2,050 from Annam migrated to Cochinchina under contract, and in 1929 alone, an additional 5,389 workers were recorded arriving from the North and Central regions. These flows sustained the growth of the urban proletariat in Saigon, Cho Lon, and industrial towns such as Thu Dau Mot and Bien Hoa. They experienced a new form of proletarianization-distinct from traditional village life but lacking the legal protections and bargaining power afforded to workers in France. Social mobility for this group was limited, and their presence foreshadowed the later formation of labor movements in the 1920s and 1930s.

Furthermore, occupational statistics reveal the structural hierarchy of urban labor. Among the 17,432 Europeans engaged in economic activity across Indochina in 1929, the majority were concentrated in commerce (2,876 persons), manufacturing (1,164), and administration (1,808)-with Cochinchina hosting over half of these (Annuaire Statistique, 1930, p. 65). In contrast, the Vietnamese and Chinese workers occupied the lowest tiers of the economic order, engaged mainly in manual labor and small-scale retail, highlighting the racial division of urban labor markets.

Thus, colonial urbanization in Cochinchina was not merely the passive outcome of economic transformation; it was an active mechanism of domination through which the colonial state reinforced social and racial hierarchies. The spatial organization of cities such as Saigon and Cho Lon reflected a deliberate strategy to concentrate infrastructure, administrative functions, and export-oriented industries within enclaves dominated by French settlers and Chinese merchants, while marginalizing indigenous populations to peripheral zones. This spatial asymmetry both mirrored and perpetuated structural inequalities-economically, socially, and politically. Urban planning and public works were closely tied to the needs of colonial extraction and control, creating urban environments that prioritized coordination of production and commerce while simultaneously facilitating surveillance and domination. The legacies of this colonial urban model continued to shape Vietnam's urban development patterns well beyond the colonial era.

4. Conclusion

The economic transformation of Cochinchina under French colonial rule was neither a spontaneous process of modernization nor a benign expansion of capitalism. Rather, it represented a deliberate reorganization of space, labor, and finance into a colonial system of extraction.

Through the construction of transportation infrastructure, the consolidation of plantation capitalism, and the dominance of financial institutions such as the Banque de l'Indochine, the French established an economic order that subordinated indigenous production to metropolitan interests.

This study demonstrates that the development of Cochinchina followed the structural logic of what Boeke (1953) termed a dual economy-a coexistence of a modern, export-oriented sector controlled by foreign capital and a traditional, subsistence-based agrarian economy. Yet, unlike Boeke's neutral model, this dualism in Cochinchina was a product of colonial design rather than a transitional phase of development. By mobilizing dependency theory (Frank, 1967; Amin, 1973), the research further situates this transformation within the broader framework of global capitalist dependency, revealing how colonial finance, trade, and infrastructure reproduced inequality through institutional mechanisms rather than market failure.

Empirically, the study contributes to colonial economic historiography by integrating quantitative evidence from the Annuaire Statistique de l'Indochine (1913-1930) with qualitative insights from archival and secondary sources. The data reveal not only the asymmetry between sectors and regions, but also the mechanisms-credit allocation, monetary policy, and spatial planning-through which this asymmetry was sustained. In doing so, the paper moves beyond descriptive colonial history to explain the structural foundations of dependency that persisted in Vietnam's postcolonial development.

Theoretically, this research reframes Cochinchina not as a peripheral outpost of French Indochina, but as a laboratory of colonial capitalism-a prototype of how infrastructure, finance, and spatial segregation could be used to produce both economic growth and social hierarchy. Its legacy endures in the uneven development patterns, urban hierarchies, and institutional dependencies that continued to shape Southern Vietnam long after decolonization.

5. References

Amin, S. (1973). *Neo-colonialism in West Africa* (F. McDonagh, Trans.). New York & London: Monthly Review Press. (Original work published in French).

Aumiphin, J. P. (1994). *The financial and economic presence of France in Indochina, 1859-1939*. Hanoi: Vietnam Association of Historical Sciences.

Brocheux, P. (1995). *The Mekong Delta: Ecology, economy, and revolution, 1860-1960*. Madison, WI: University of Wisconsin-Madison, Center for Southeast Asian Studies.

Duong, T. Q. T. (2020). *The Banque de l'Indochine in the process of French colonization in Vietnam (1875-1954)* [Doctoral dissertation, Ho Chi Minh City University of Education].

Duong, T. Q.T., & Bui, H. T. (2025). *The role of the Banque de l'Indochine in the French colonization of the rubber industry in Cochinchina (1875-1945). In Proceedings of the 7th International Cappadocia Scientific Research Congress* (pp. 1426-1436). Göreme, Türkiye: Liberty Academic Publishers. ISBN 979-8-89695-149-0.

Frank, A. G. (1969). *Latin America: Underdevelopment or revolution: Essays on the development of underdevelopment and the immediate enemy*. New York: Monthly Review Press.

Gouvernement Général de l'Indochine. (1927). *Annuaire statistique de l'Indochine: Recueil de statistiques relatives aux années 1913 à 1922 (1er vol.).* Hanoi: Imprimerie d'Extrême-Orient.

Gouvernement Général de l'Indochine. (1931). *Annuaire statistique de l'Indochine: 1923-1929 (2e vol.)*. Hanoi: Imprimerie d'Extrême-Orient.

Le, H. P. (2017). *The progress and consequence of the colonial exploitation policy in the Southeast under the French colonial period (1862-1945). Journal of Science - Thu Dau Mot University,* 2(33), 12-21.

Ngo, M. O., & Banh, T. H. T. (2015). *The transport system in Cochinchina during the French colonial rule (1860-1945). Journal of Science - Ho Chi Minh City University of Education,* (5), 5-14.

Nguyen, D. T. (2016). *The French colonial regime in Cochinchina (Vol. 1: 1859-1954)*. Ho Chi Minh City: Ho Chi Minh City General Publishing House.

Nguyen, T. M. H. (2020). *Cholon's urban evolution, 1879-1930: State, locals, and trans-locals* [Doctoral dissertation, The Australian National University].

Nguyen, P. Q. (2002). *The Chinese in the rice market of Cochinchina during the French colonial period. Journal of Historical Studies*, (320, 1-2), 77-87.

Nguyen, T. P. (2007). *The history of rubber plantations in Southeastern Vietnam during the French colonial period (1898-1939)* [Master's thesis, Ho Chi Minh City University of Education].

Nguyen, V. K. (1999). *The socio-economic structure of Vietnam during the colonial period (1858-1945)*. Hanoi: Vietnam National University Press.

Phan, H. U. (1987). History of Indochina currency and the Banque de l'Indochine from the late 19th century to the mid-20th century. Hanoi: Institute of Economics, Monetary, Credit, and Banking Research.

Pham, V. C. (2003). *The economic history of Vietnam*. Hanoi: Vietnam National University Press.

Reign, S. (1998). *Cochinchina: From the establishment of the civil regime to its transformation in the 1930s. In Proceedings of the First International Conference on Vietnamese Studies* (pp. 371-385). Hanoi: The Gioi Publishers.

Robequain, C. (1944). *The economic development of French Indo-China.* (I. A. Ward, Trans.). Oxford University Press.

Tran, N. T., & Nguyen, T. A. N. (2022). *The development of landlord class in Cochinchina in the first 30 years of the 20th century. Scientific Journal of Saigon University,* 79(1), 3-12.

ENVIRONMENTAL COST MANAGEMENT AND RESOURCE EFFICIENCY AS DRIVERS OF AGRICULTURAL PRODUCTIVITY IN RURAL ONDO STATE.

IBITOYE Opeyemi Stella
Landmark University

ABSTRACT
The study investigated the effect of environmental cost management and resource efficiency as drivers of agricultural productivity in rural Ondo State. The study specifically examined the cost incurred in soil fertility and moisture management on farm profitability in the rural area of Ondo State, Nigeria. Primary data were used with the aid of a survey instrument, and purposive sampling was used to select seventy (70) household farmers in three (3) farm settlements in the area. Summary statistics and a bivariate regression model were used to analyze the data.
The result shows a positive correlation with R=0.65, R^2 0·82, P-value of < 0.05, which indicates that 65% of the discrepancy in farm yields can be attributed to investment in soil fertility and moisture management. The study therefore rejects the null hypothesis, which stated that the cost incurred on soil fertility and moisture management has no significant effect on farm profitability. The study, therefore, concludes that soil fertility and moisture management have a significantly positive impact on farm productivity and profitability. The study hereby recommends green credit facilities and government subsidies, and support for rural farmers in Ondo State, Nigeria
Keywords: environmental, cost management, resource efficiency, productivity,

OPERATIONALIZING PRO-DEVELOPMENT EXEMPTIONS: A CRITICAL LEGAL ANALYSIS OF THE "SPECIAL SAFEGUARD MECHANISM" (SSM) AND ITS ROLE IN PROTECTING RURAL MARKETS IN DEVELOPING COUNTRIES

Assistant Professor Tuhina Sinha
Amity University
ORCID: 0009-0001-3937-4611

Assistant Professor Priya Chaudhuri
Amity University
ORCID: 0009-0008-7745-3282

Abstract
The importance of a flexible trade defense mechanism in agriculture for developing countries cannot be overstated. With over 75% of the world's poor residing in rural areas and dependent on subsistence farming, sharp declines in import prices or surges in subsidized imports following trade liberalization pose an existential threat to food security and rural livelihoods. The Special Safeguard Mechanism (SSM), proposed for developing nations within the WTO's Doha Development Agenda, is intended to be a vital tool to counter these shocks, thus operationalizing the principle of special and differential treatment (SDT) for development. However, a significant research gap exists regarding the legal and operational effectiveness of the SSM. Previous analyses have often focused on economic modelling or political stalemate, leaving an in-depth legal and normative assessment of the mechanism's proposed text in relation to its developmental mandate incomplete. The primary objective of this study is to critically analyze the draft legal modalities of the SSM, specifically the Volume-Triggered SSM (V-SSM) and Price-Triggered SSM (P-SSM), to determine if their proposed legal conditions (triggers, remedies, and duration) are sufficiently robust, simple, and non-discriminatory to effectively protect resource-poor smallholder farmers. The method employed is a normative and doctrinal legal analysis, examining WTO treaty texts, negotiating proposals (particularly from the G-33 group), and dispute settlement jurisprudence to evaluate the SSM against core principles of international development law (e.g., policy space, non-reciprocity).
Key findings indicate that the reliance on complex, mechanical formulas for triggers, coupled with limitations on the additional duties that can breach bound tariffs, significantly compromises the SSM's effectiveness. Furthermore, the P-SSM's shipment-by-shipment approach carries a risk of de facto discrimination against lower-priced exports, which often originate from other developing or least developed countries (LDCs), thereby creating a "South-South" trade barrier that undermines its pro-development goal. The study implicates that the SSM must incorporate a legally defensible "development carve-out" or a simplified, poverty-focused trigger to achieve its mandate. Alternative interpretations must prioritise LDC and low-income member exports in exemption clauses to ensure the SSM genuinely advances global rural development.
Keywords: Special Safeguard Mechanism (SSM), WTO, Rural Poverty, Trade Subsidies, Development Law, Market Access.

EXPLORING THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENHANCING CROP YIELD AND RESOURCE MANAGEMENT IN AGRICULTURE SECTOR

Sana Riasat
University, Department of Economics, University of Agriculture
ORCID: 0009-0003-2718-6255

ABSTRACT
Artificial Intelligence (AI) is becoming a vital tool in modern agriculture, helping farmers grow healthier crops and manage resources more effectively. With increasing challenges in farming, such as unpredictable weather and soil degradation, AI is offering smart solutions to improve productivity. By analyzing large amounts of data, AI helps farmers make informed decisions about when and where to plant seeds, which type of seeds to use based on weather conditions, and how to manage pests and soil health. AI systems provide accurate weather forecasts and suggest the most suitable time for planting. They also recommend the right nutrients to improve soil quality, enhancing crop growth. Smart farming tools can even calculate how far apart seeds should be planted and how deep they should go for maximum yield. Health monitoring systems based on AI alert farmers about the condition of their crops and what nutrients are needed to enhance productivity. This study explores the use of AI in agriculture by reviewing existing research and technologies. It highlights how AI tools are helping farmers improve efficiency, reduce resource waste, and minimize environmental harm in food and biofuel production. Technologies like hyperspectral imaging and 3D laser scanning collect detailed information about crop health, offering valuable insights that were previously difficult to obtain. AI and Machine Learning (ML) have already transformed several industries, and agriculture is now experiencing that shift. Companies are developing advanced AI-powered tools to monitor soil and crop health more precisely. This paper provides an overview of how AI is being utilized in agriculture, the processes involved, and the key farming aspects that AI provides to manage. It also identifies major applications of AI in the sector, proving its growing importance in creating a sustainable and efficient agricultural future.
Keywords: Artificial Intelligence, Precision Agriculture, Crop Yield Optimization, Resource Management, Sustainable Farming.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

THE OPERATIONS OF THE BANK OF INDOCHINA (BANQUE DE L'INDOCHINE) IN THE FIELD OF AGRICULTURAL CREDIT IN COCHINCHINA DURING THE FRENCH COLONIAL PERIOD (1875-1945)

Dr. Duong To Quoc Thai
Dong Thap University
ORCID: 0009-0008-1929-3751

M.A. Dinh Hong Khoa
Dong Thap University
ORCID: 0009-0007-4089-313X

Abstract
During the period of French colonial rule in Vietnam (1883–1945), usurious lending flourished in the rural areas of Cochinchina (present-day southern Vietnam). Interest rates in these local credit markets could reach as high as 300 percent per year, imposing a crushing burden of debt that peasants could hardly hope to repay. As a consequence, numerous rural households in colonial Cochinchina fell into poverty and bankruptcy. It was under these circumstances that the Banque de l'Indochine rapidly expanded its credit operations into this sector. The presence of the bank gradually reduced the number of private moneylenders in rural Cochinchina. At the same time, the French colonial authorities began to exercise greater control over agricultural credit and cooperated closely with the Banque de l'Indochine to exploit this field, generating substantial profits for France. For these reasons, the study "*The Operations of the Banque de l'Indochine in Agricultural Credit in Cochinchina under French Colonial Rule (1875-1945)"* addresses an important topic in historical scholarship, particularly in the field of Vietnamese agricultural history. It also provides valuable reference material for understanding the broader landscape of global agricultural history in the twenty-first century.
Keywords: Banque de l'Indochine, credit, agriculture, usury, French colonial administration, Cochinchina.

1. INTRODUCTION

Before the Banque de l'Indochine was established and began operations, the economy of colonial Cochinchina was predominantly agricultural. This was largely because most of the Cochinchinese population lived in rural areas, where fertile alluvial soil was highly suitable for wet-rice monoculture. Rice cultivation required a minimum of six months before harvest, meaning that peasants depended heavily on long-term credit to finance agricultural production and cover daily living expenses. Recognizing this need, private moneylenders primarily Chinese and Indian merchants engaged aggressively in lending activities, imposing extraordinarily high interest rates that could reach up to 300 percent per year. As an inevitable consequence, many Cochinchinese peasants fell into poverty, deepened indebtedness, and ultimately bankruptcy. Alarmed by the severity of usurious lending in Cochinchina, the French colonial authorities attempted various measures to curb it, but these efforts were largely ineffective. It was only after the Banque de l'Indochine was established and became active that the problem of rural usury began to recede. From that point onward, Cochinchina's agricultural sector started to transform and gradually integrate into the rice-export economy shaped by the colonial exploitation policies implemented by the French in Vietnam.

This study draws upon the following sources:

- Domestic studies, including: *The Prince of Bac Lieu: Truth and Anecdotes* (Phan Trung Nghia, 2005); *Brief history of national currency (from the Ly Dynasty to 1945)* (Le Dinh Chan, 1972), *History of Vietnamese Agricultural Credit from 1875 to 1945* (Pham Quang Trung, 1997); *Historical Documents of Indochina Currency and the Indochina Bank from the late 19th century to the mid-20th century* (Phan Ha Uyen, 1987),… These works provide general assessments of agricultural production in Cochinchina prior to the establishment of the Banque de l'Indochine and offer preliminary discussions of the bank's activities in the agricultural sector. However, because these studies differ in research scope and objectives, they remain largely descriptive and do not examine in depth the Bank's agricultural credit operations in Cochinchina. This limitation is addressed in the present research.
- Foreign studies, including: *Français et Annamites: Parties or Ennemis 1856–1902* (Philippe Devillers, 2006), *Des Pionniers en Extrême-Orient: History of the Bank of Indochina (1875–1975)* (Marc Meuleau, 1990); *Banque coloniale ou banque d'affaires – La Banque de l'Indochine sous la IIIe République* (Yasuo Gonjo, 2018) and *Le Renouvellement du privilège de la banque de l'Indochine* (Albert Sabés, 1931). These studies discuss aspects of the Banque de l'Indochine's credit operations in Cochinchinese agriculture during the French colonial period. Nevertheless, due to their respective research agendas, they also remain descriptive and do not analyze in detail how the bank's agricultural lending functioned or assess the level of profit generated from this sector. This gap represents a significant omission in the historiography of modern Vietnam. Addressing this gap forms the basis of the present study. By examining the Banque de l'Indochine's agricultural credit activities in Cochinchina, the research contributes to the broader narrative of modern Vietnamese history and adds a modest, yet meaningful, element to the global historiography of twentieth-century agriculture.

2. RESEARCH METHODS

This study employs three principal research methods:

- ***Historical method*:** This method focuses on analyzing historical events related to the agricultural credit operations of the Banque de l'Indochine in colonial Cochinchina between 1875 and 1945. Through this analysis, the study reconstructs a partial yet coherent portrait of the bank's activities in the agricultural credit sector during the French colonial period.
- ***Logical method*:** By examining historical events in their chronological sequence, this method helps explain the expansion or contraction of the bank's agricultural credit activities in Cochinchina. Based on this reasoning, the study derives objective and scientifically grounded conclusions.
- ***Economic method*:** This method involves analyzing quantitative data, charts, and statistical tables that reflect growth, decline, or crisis within the Banque de l'Indochine's agricultural credit activities. It allows us to track fluctuations in the bank's credit investment over the years whether increasing or decreasing and to formulate objective, balanced, and academically rigorous assessments.

3. RESEARCH CONTENT

3.1. The Problem of Usurious Lending in Cochinchina Before the Establishment of the Banque de l'Indochine

On 31 August 1858, French forces opened their invasion of Vietnam by launching an attack on Da Nang, although the campaign failed to achieve its objectives. The French then quickly redirected their military efforts toward Gia Dinh[1]. After occupying the citadel, they opened the port of Saigon[2] to commercial activity, allowing merchants residing there to export rice. As a result, rice prices in Cochinchina[3] rose sharply from the rate of 1 franc per 40 liters of paddy to 3 francs (Philippe Devillers, 2006, p.112). In the eyes of the invaders, the agricultural potential of Cochinchina became immediately evident, fueling France's determination to consolidate its occupation of the region. Taking advantage of the political turmoil within the Nguyen dynasty following its defeat at the Battle of Chi Hoa, the French imposed a blockade on rice shipments to central and northern Vietnam. This action led to severe famine in those regions. Facing no viable alternatives, Emperor Tu Duc was compelled to sign the Treaty of 5 June 1862, ceding the eastern provinces of Cochinchina Gia Dinh, Bien Hoa and Dinh Tuong to France. By 1867, French forces had occupied the remaining provinces of Vinh Long, An Giang and Ha Tien. Thus, within less than a decade, France had brought the entire "Nam ky luc tinh" (the Six Provinces of Cochinchina) under colonial rule. After gaining control of the region, the French began to exploit Cochinchina's agricultural resources. However, due to a severe shortage of capital for agricultural production, Cochinchina's agricultural economy showed no significant progress prior to 1875; in fact, it exhibited signs of contraction rather than expansion.

The underlying cause of this stagnation was that the majority of Cochinchinese residents depended on wet-rice agriculture for their livelihood. This form of cultivation required long-term credit at least six months to one year per crop cycle to cover production costs and daily living expenses. To obtain such credit, peasants had to borrow from various sources and were forced to accept extremely high interest rates. According to Philippe Devillers in Français et Annamites: Partenaires ou ennemis?, "the interest rate paid by peasants ranged from 36% per year, and in many cases reached 50-60% per year" (Devillers, 2006, p.280). In *History of Vietnamese Agricultural Credit from 1875 to 1945*, Pham Quang Trung reports that "the interest rate borne by Cochinchinese peasants exceeded 100% per year" (Trung, 1997, p.67). A report sent by Admiral Roze to Paris further noted that "interest rates in rural Cochinchina ranged from 200 to 300% per year" (Trung, 1997, p.67).

With such exorbitant interest rates, Chinese and Indian moneylenders dominated the market, operating widely and bringing numerous hardships upon Cochinchinese peasants. Phan Trung Nghia's work *The Prince of Bac Lieu: Truth and Anecdotes* vividly portrays the prevalence of usurious lending in rural Cochinchina through the representative figure of the wealthy Chinese landlord Tran Trinh Trach. His lending practices were described as follows:

> *"For tenant farmers, Mr. Trach lends 3 percent interest by calculating as follows: If you lend 100 Indochinese piastres, you must pay 136 piastres at the end of the year. Anyone who cannot pay must make another debt paper, which is considered a shortfall of 184 piastres.*

[1] Gia Dinh was a large province located in the south of the Nguyen Dynasty. The south of the Nguyen Dynasty included 6 provinces: Gia Dinh, Bien Hoa, Dinh Tuong, Vinh Long, An Giang and Ha Tien. Vietnamese history calls these 6 provinces "six provinces".

[2] Saigon Port belongs to Gia Dinh province (Saigon Port today belongs to Ho Chi Minh City).

[3] In the Sino-Vietnamese dictionary, the word "Nam" means direction. The word "ky" means land, realm of land. These two words combined mean the southern land, or the southern land. Therefore, Vietnamese history called the 6 southern provinces under the Nguyen Dynasty "Nam ky" or "Nam ky luc tinh".

> *If calculated like this, 10 years later, the first 100 piastres will become 2,164 Indochinese piastres. Mr. Trach is very cunning, tenant farmers who come from other places with nothing will be helped by him, lending 20 bushels of rice and 5-7 Indochinese piastres as initial capital, and then later become his debtors, causing his tenant farmers to have only 20% of the rice income of the whole season at the end of the harvest season"* (Nghia, 2005, p.28).

Presenting the problem of usury, scholar Philippe Devilers also reported in his research as follows:

> *"The high cost of money is an inevitable cause of the misery of the proletariat. When a poor person falls ill, he is forced to borrow money and does not plan for his future, does not know how much he will have to devote himself to unproductive, thankless and desperate work to repay the debt. Unless he has a lucky chance in gambling, in theft or smuggling to help, otherwise a lower class Annamese will be plunged into disaster and misery. Therefore, the rich, who are very powerful over their debtors, have a very great influence in Annam. This explains the prominent activity of the wealthy classes in handling communal affairs"* (Devillers, 2006, p.280).

In addition to the above notes, when researching the History of Agricultural Credit in Vietnam from 1875 to 1945, author Pham Quang Trung collected the "Report" of Governor Tran Ba Loc sent to the Governor of Cochinchina with the title "Usury in Cochinchina". Thereby, the situation of usury in Cochinchina was so bad that the French colonial government in Cochinchina had to intervene immediately. Report, written:

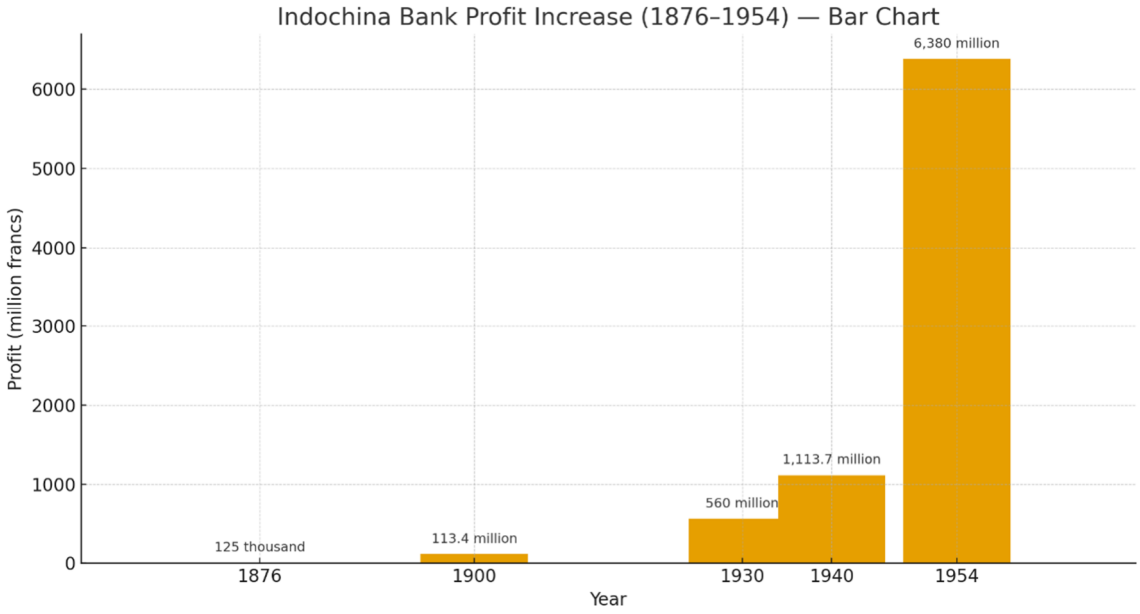
> *"Cai Be, August 7, 1869*
> *To His Excellency the Governor-General of Cochinchina*
> *Report: Presentation of the rich lending money at interest rates exceeding the provisions of the law. The rich do evil things like this: For example: they lend the poor 100 da, after 4 years they must pay back 400 da […]. The rich lend money or rice, they make evil papers like this. For example: when they lend money or rice to the poor, they give the borrower papers according to the provisions of the law. But when the day comes to pay the principal and interest, the borrower does not have money to pay, the lender will take back the old loan paper and replace it with a new loan paper. The rich lend 100 quan of capital but the interest is 400-500 quan, or 100 da of rice capital is 400-500 da of rice, the borrower must also bear it"* (Trung, 1997, p.97).

In light of the accounts presented above, it is evident that before the establishment and operation of the Banque de l'Indochine, agriculture in Cochinchina was severely affected by widespread usurious lending accompanied by exorbitant interest rates. These interest levels plunged numerous rural families into poverty, indebtedness, and ultimately bankruptcy. Recognizing the seriousness of this crisis, the French colonial administration proposed several measures to address the issue. However, these efforts proved ineffective, as the fundamental problem of Cochinchinese agriculture lay in the chronic shortage of substantial credit sources. Mobilizing capital on such a scale required a specialized institution capable of providing long-term credit. It was under these conditions that the Banque de l'Indochine was established, with the expectation that it would suppress usury and stabilize the rural credit system in Cochinchina.

3.2. The Agricultural Credit Disbursement Activities of the Banque de l'Indochine for Peasants in Colonial Cochinchina

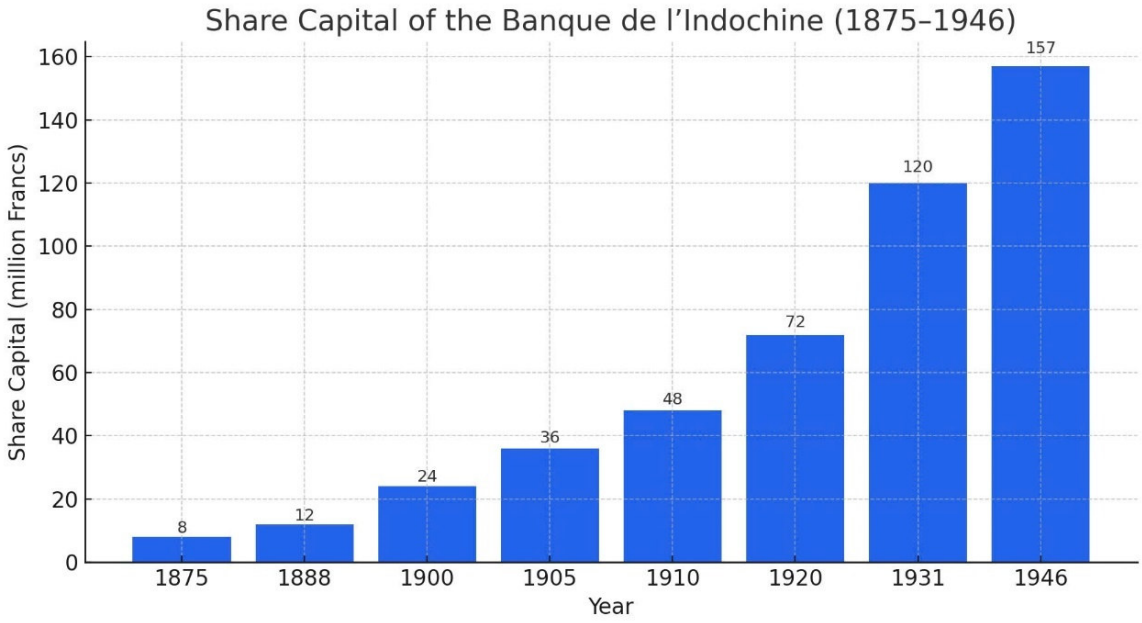
The Banque de l'Indochine was a joint-stock company established in the context of France's defeat in the Franco-Prussian War (1870-1871), a moment when the nation's financial system was nearly exhausted. At the same time, the economy of Cochinchina was weak and stagnant, which hindered the French colonial exploitation program from progressing effectively. Because the bank was created under such exceptional circumstances, the French government granted it a license to operate in three major sectors in Indochina: the issuance of banknotes, commercial activities, and financial investment. With authorization to operate across all three domains, the Banque de l'Indochine quickly became profitable, generating substantial wealth for French capitalists. According to data provided by the State Bank of Vietnam, during its eighty years of operation in Vietnam, the bank earned profits as follows: 125 thousand francs in 1876; 113.4 million francs in 1900; 560 million francs in 1930; 1,113.7 million francs in 1940; 6,380 million francs in 1954 (State Bank of Vietnam, 1976, p. 7). These figures clearly reveal the continuous expansion of the bank's profits over eight decades of activity in Vietnam, as illustrated in the chart below.

Chart 1: The Increase in Profits of the Banque de l'Indochine from 1876 to 1954



This continuous increase in profits enabled the Banque de l'Indochine to rise to the position of the leading French capitalist bank in the Asia–Pacific region. Consequently, the French government relied on the bank's capital to finance the French expeditionary forces and accelerate the process of territorial conquest in Vietnam. In return for this financial support, the French government granted the Banque de l'Indochine the authority to expand its operations to any location where France held strategic or economic interests. Based on this agreement, the Banque de l'Indochine rapidly increased its charter capital and established numerous new branches throughout Indochina and abroad. According to the research of Albert Sabés, within just seventy years, the bank expanded its charter capital as follows: 8 million francs in 1875; 12 million francs in 1888; 24 million francs in 1900; 36 million francs in 1905; 72 million francs in 1920; 120 million francs in 1931; 150 million francs in 1940; 157 million francs in 1946 (Albert Sabés, 1931, pp. 48–49) The steady increase in the bank's charter capital over the period from 1875 to 1946 is illustrated in the chart below.

Chart 2: Increase in the Charter Capital of the Banque de l'Indochine, 1875–1946

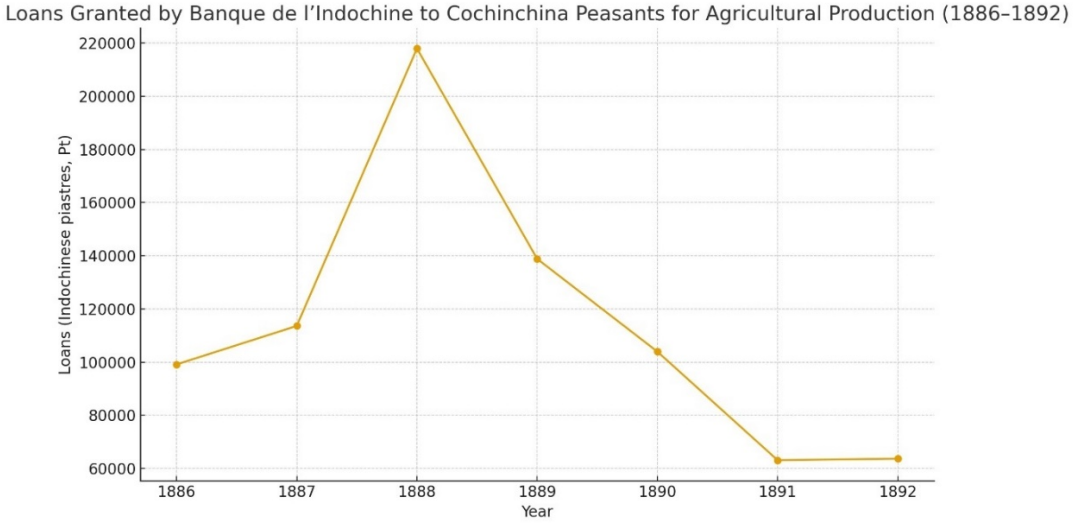


Thanks to its expanding charter capital and growing network of branches, the Banque de l'Indochine generated enormous commercial revenues, thereby increasing the value of its assets on the Paris stock exchange. According to Marc Meuleau's study *Des Pionniers en Extrême-Orient: Histoire de la Banque de l'Indochine (1875-1975)*: "On the Paris stock market, the bank's 'bills of exchange' held a strong position. In 1892 they were valued at 700 francs, rising to 850 francs in 1900, 1,375 francs in 1906, and 1,510 francs in 1910 […]. The board of directors distributed 'bonuses' (dividends to shareholders) amounting to 500 francs in 1906 and 700 francs in 1910." (Meuleau, 1990, p.414) Similarly, according to Yasuo Gonjo in *Banque coloniale ou banque d'affaires - La Banque de l'Indochine sous la IIIe République*: "The dividends distributed by the Banque de l'Indochine reached 27.50 francs in 1914, increasing to 30 francs, then 35 francs, and ultimately 50 francs by late 1916. From 1920 to 1930, each dividend payment reached 125 francs." (Gonjo, 2018, pp. 194, 273). Because the bank continuously operated at high profitability, its charter capital although only slightly above 157 million francs in 1946 corresponded to a net asset value of 3.78 billion francs on the Paris stock exchange, meaning an increase of more than 24 times its original capital. The value of its shares, initially issued at 500 francs per share, rose to 4,700 francs in market trading an increase of nearly tenfold (Phan Hạ Uyên, 1987, p.77). The discussion above highlights the emergence and expansion of the Banque de l'Indochine in Vietnam during the French colonial era.

Given the special privileges granted by the French government, the colonial administration in Vietnam repeatedly emphasized the importance of curbing the problem of usurious lending in Cochinchina. Thus, throughout the bank's operations, the colonial authorities openly stated: "… driven by the strong desire to protect native agriculture from the countless usurers then widespread in Cochinchina, whose abuses were exceedingly difficult to eradicate and threatened to undermine the development of agriculture and the general prosperity of the colony" (Trung, 1997, pp. 108-109). With this mandate, from the moment it was established, the Banque de l'Indochine immediately began studying and implementing credit-support mechanisms for local peasants. A substantial amount of capital was allocated for seasonal loans (known as crédits saisonniers) to agricultural households.

However, the results did not meet expectations. Statistical data for the period 1886-1896 show that the total amount of agricultural loans disbursed by the bank to Cochinchinese farmers remained very low compared with other sectors. Specifically: 1886: 99,141.07 Pt; 1887: 113,614.50 Pt; 1888: 217,968.00 Pt; 1889: 138,847.50 Pt; 1890: 103,955.12 Pt; 1891: 63,129.31 Pt; 1892: 63,680.27 Pt; 1893: 72,727.19 Pt; 1894: 90,920.60 Pt; 1896: 36,870.00 Pt (Trung, 1997, p.135).

Chart 3: Amount of Agricultural Loans Disbursed by the Banque de l'Indochine to Cochinchinese Farmers, 1886–1896 (Unit: Indochinese piastres, Pt)



During the subsequent period (1897-1920), the Banque de l'Indochine lent only 1,365,248 piastres to Cochinchinese peasants an average of merely 56,885 piastres per year (Phạm Quang Trung, 1997, p.158). Because of this extremely limited level of lending, the Director of the Cochinchina Department of the Interior remarked in a report to the Governor's Office on 5 September 1885 that: "The loans granted by the Banque de l'Indochine to native peasants did not exceed 70,000 piastres in its highest year." (Trung, 1997, p.134).

Thus, the agricultural credit support provided by the Banque de l'Indochine fell far short of the expectations of the colonial administration in Cochinchina. Faced with the imminent failure of this credit scheme, the French colonial government intervened to assist the bank in reclaiming this lucrative sector especially given that the colonial state held 20% of the bank's shares, meaning that the bank's interests were directly tied to France's own.

A nationwide investigation was therefore conducted to identify the causes and weaknesses of the agricultural credit system. Through reports submitted by provincial chiefs, the Banque de l'Indochine identified several key problems. Report No. 232 dated 25 July 1901, submitted by Burguele, Chief of Tan An Province, outlined the reasons why the bank could not successfully implement rural credit as follows:

> *"For many years now, in Tan An Province in particular, the native peasants have not borrowed money from the Banque de l'Indochine, even though the interest rate on seasonal loans has been reduced progressively from 15 to 11 percent, and later to 8 percent annually. In 1889, only one village in the town borrowed 7,000 dollars; since then, no one has applied for a loan.*

> *I have questioned the district chiefs and notables of the main villages, reviewed their official replies and reports, and from this I may submit the following conclusions: The obstacles hindering the system of seasonal loans in Cochinchina appear to be: ignorance of loan conditions; complicated administrative procedures; the requirement for repayment within a fixed period; and the interference of village notables. Most small landowners in the rural areas of the province, even those near the town, do not understand the purpose or function of the seasonal loan system. Village notables often spread the rumor that the Banque de l'Indochine does not accept all loan applications. In general, these notables believe that the system deprives them of certain advantages or imposes new obligations upon them. Few peasants are willing to make use of this system because they almost never know precisely how it operates. When they submit loan applications to the notables, they cannot know whether the applications are forwarded or whether they will eventually be approved; they are only told vague details. These vague explanations are enough to frighten the natives and prevent them from applying. They fear being required to provide too much detailed information about the status, extent, and production of their land; fear the obligation to submit written applications; and fear having to travel frequently to the provincial town while waiting too long for the loan to be approved. These procedures terrify them, and when they are in need, they naturally turn to wealthy landowners or village notables people always nearby who lend them money immediately, with higher interest, without paperwork or formalities. Furthermore, the wealthy landowners or notables lend on flexible terms, allowing repayment to be postponed indefinitely, whereas a loan from the Banque de l'Indochine must be repaid within a fixed period, and the loan amount is limited to one-third of the estimated value of the harvest."* (Trung, 1997, pp. 181-182)

The minutes of the meeting held on 5 September 1903 by the Provincial Council of Soc Trang recorded several petitions addressed to the Assistant Resident regarding seasonal loans:

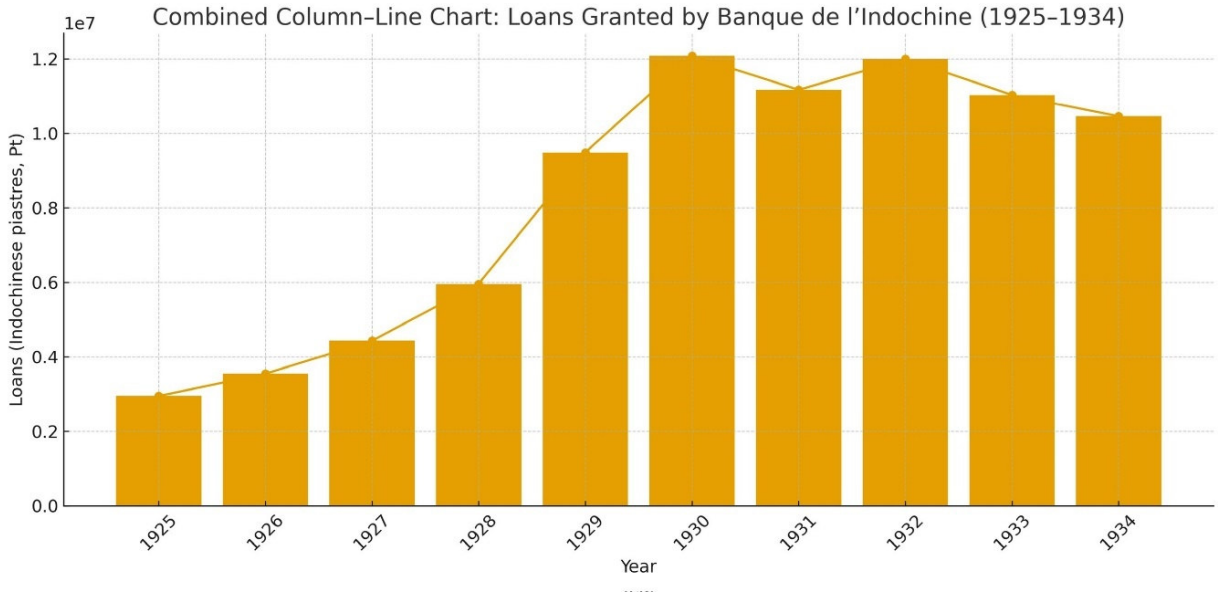
> *"We respectfully request that you convey to the Governor of Cochinchina our appeals for intervention on behalf of those borrowing under the seasonal loan system, as follows: We have heard that the Banque de l'Indochine has complained about the small number of borrowers. This is because the repayment period allowed by the bank is too short (one year). Many landowners wish to borrow money for major construction works, which require considerable time; therefore, they do not dare to borrow from the bank under a one-year term. We respectfully request that the Banque de l'Indochine extend the repayment period to three years in the future; at the end of each year, borrowers will pay the interest, and the principal will be repaid at the end of the third year. This is the only condition that can increase the number of borrowers. Signed: Tran Phong Nhiêu, Luong Duc Trung, Truong Chanh Vien, Hua Manh, Do Khac Long, Tran Minh Tri, Lam Thai and Ly Keo."* (Trung, 1997, p.185)

Researcher Le Dinh Chan in his work *Brief history of national currency (from the Ly Dynasty to 1945)* provided another reason why Southern farmers did not dare to apply for a loan from the Bank of Indochina: "Most Vietnamese farmers were illiterate, so in their psychology, "when they saw the bank being so big and massive, they were often afraid and did not dare to come directly to ask for a loan" (Chan, 1972, p.209).

Thanks to the above reports, the Indochina Bank promptly adjusted to effectively conduct agricultural business. A large amount of credit up to 30 million Indochinese piastres (Chan, 1972, p.205) was quickly deployed by the Bank to rural areas throughout Vietnam.

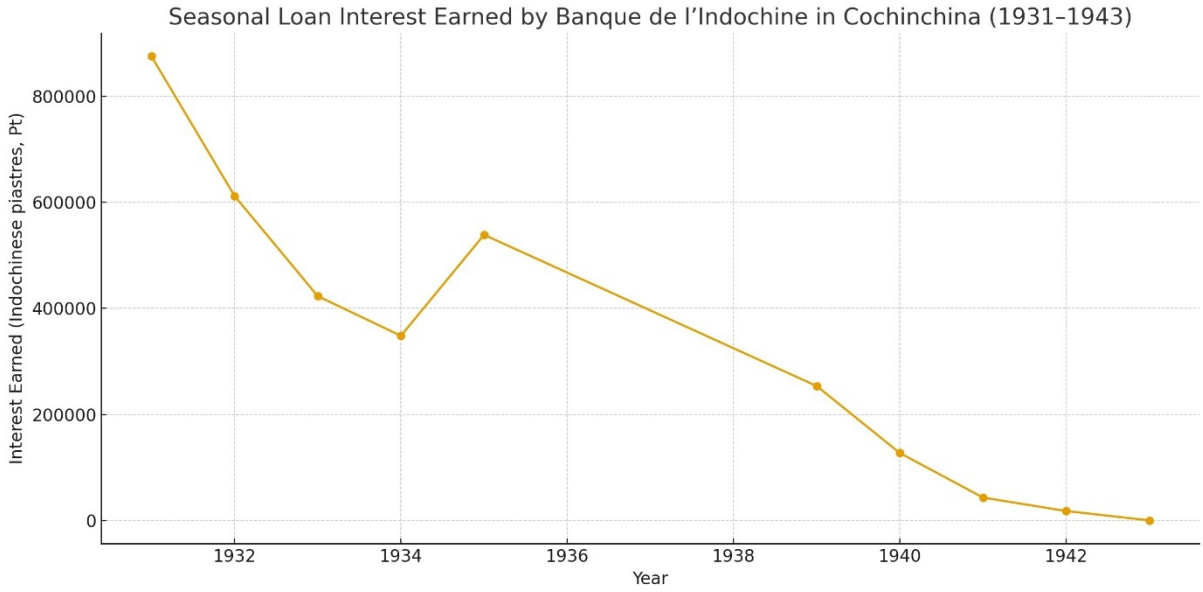
In the colony of Cochinchina, the Bank provided credit with low interest rates to the Indigenous Mutual Agricultural Credit Association (Société indigéne de crédit agricole mutuel - abbreviated as CICAM) also known as the Mutual Agricultural Credit Association of Cochinchina (Trung, 1997, p.216). Thanks to this low interest rate credit (8%/year), in a short time the Indochina Bank made a profit. As a result, the amount of money that the Bank lent to the Indigenous Mutual Agricultural Credit Association increased continuously over time. According to statistics of the Indochina Bank, the amount of money the Bank lent to the Native Farmers' Mutual Aid Association from 1925 to 1934 was as follows: 1925: 2,947,000 Pt; 1926: 3,545,000 Pt; 1927: 4,430,000 Pt; 1928: 5,959,000 Pt; 1929: 9,489,000 Pt; 1930: 12,086,000 Pt; 1931: 11,172,000 Pt; 1932: 12,002,000 Pt; 1933: 11,036,000 Pt; 1934: 10,462,000 Pt (Trung, 1997, p.274).

Chart 4: Credit Provided by the Banque de l'Indochine to the Cochinchinese Mutual Agricultural Credit Association (CICAM), 1925–1934 (Unit: Indochinese piastres, Pt)



From these lending activities, the Banque de l'Indochine generated substantial interest income, as follows: 875,428.28 Pt in 1931; 612,107.94 Pt in 1932; 423,264.11 Pt in 1933; 348,413.72 Pt in 1934; and 538,779.38 Pt in 1935 (Phạm Quang Trung, 1997, p.273). In the subsequent years, the bank's earnings from agricultural credit continued as follows: 253,684.91 Pt in 1939; 127,373.60 Pt in 1940; 43,490.40 Pt in 1941; 18,098.77 Pt in 1942; and 508.21 Pt in 1943 (Phạm Quang Trung, 1997, p.290). These figures are illustrated in the chart below, which demonstrates the amount of interest income the Banque de l'Indochine obtained from agricultural credit operations in Cochinchina.

Chart 5: Interest Income Earned by the Banque de l'Indochine from Agricultural Credit Activities in Cochinchina (1931–1943)



Thus, with the support of the French colonial administration, the Banque de l'Indochine was able to provide agricultural credit to Cochinchinese peasants almost immediately. Although the bank initially encountered numerous difficulties in implementing these credit schemes, once the underlying causes of these obstacles were identified, it promptly adjusted its credit policies. As a result, Cochinchinese peasants increasingly turned to the bank for loans. Usurious lending in Cochinchina declined significantly. This period also marked the bank's effective domination of agricultural credit in the colony, enabling it to extract substantial profits and enrich metropolitan France.

4. CONCLUSION

Before the establishment of the Banque de l'Indochine, peasants in colonial Cochinchina suffered under a pervasive system of usurious lending, with interest rates reaching as high as over 300 percent. Such exorbitant rates drove countless rural households into poverty, heavy indebtedness, and bankruptcy. This, in turn, caused severe social unrest and deepened the socio-economic divide within Cochinchina. Recognizing the harmful consequences of this crisis, the French colonial authorities attempted various measures to curb usury, but their efforts proved futile. The fundamental cause of this widespread usurious lending was the chronic shortage of credit available to support agricultural and commercial activities in Cochinchina. For this reason, once the Banque de l'Indochine was established, the colonial administration emphasized its role in suppressing usury and stabilizing rural credit. The bank responded to this expectation by disbursing a number of loan packages at relatively low interest rates, enabling peasants to access much-needed capital. Although early results fell short of expectations, both the colonial administration and the bank took immediate action to identify the causes of these shortcomings. Subsequently, Cochinchinese peasants began turning to the bank for credit in increasing numbers. Usurious lending in rural Cochinchina gradually receded. The Banque de l'Indochine emerged as the sole institution capable of providing large-scale loans to smaller local credit organizations in the countryside. This period also marked the height of France's exploitation of Cochinchina's agricultural economy, from which the Banque de l'Indochine extracted significant profits profits that ultimately enriched the French metropole.

REFERENCES

Chan, L. D. (1972). *Brief history of national currency (from the Ly Dynasty to 1945)*. Saigon, Vietnam: University Bookcase.

Devillers, P. (2006). *The French and the Annamites – Friends or foes?* Ho Chi Minh City: Ho Chi Minh City General Publishing House.

Gonjo, Y. (2018). *Banque coloniale ou banque d'affaires: La Banque de l'Indochine sous la IIIe République (Thuy Duong, Trans.).* Institut de la Gestion Publique et du Développement Économique - Comité pour l'Histoire Économique et Financière de la France.

Meuleau, M. (1990). *Pioneers in the Far East: The history of the Bank of Indochina (1875–1975)* (Rene Ngoc Nhan, Trans.). Paris: Librairie Arthème Fayard.

Nghia, P. T. (2005). *The Prince of Bac Lieu: Truth and anecdotes*. Bac Lieu, Vietnam: Department of Information and Communication Publishing House.

Sabés, A. (1931). *The renewal of the privilege of the Bank of Indochina (Thai An, Trans.).* Paris: Marcel Giard.

State Bank of Vietnam. (1976). *History of the State Bank of Vietnam (Vol. 1: 1951-1976).* Hanoi: State Bank of Vietnam.

Thai, D. T. Q. (2021). *The Bank of Indochina in the French colonial process in Vietnam (1875–1954)* [Doctoral dissertation, Ho Chi Minh City University of Education].

Trung, P. Q. (1997). *History of agricultural credit in Vietnam (1875-1945)*. Hanoi: Social Sciences Publishing House.

Uyen, P. H. (1987). *The monetary history of Indochina and the Bank of Indochina from the late 19th to the mid-20th century*. Hanoi: Institute for Economic, Monetary, Credit, and Banking Research.

ASSESSING TURKEY'S RURAL DEVELOPMENT STRATEGY: TACKLING POVERTY AND UNEMPLOYMENT

Prof. Dr. Ananda Majumdar
Harvard University
ORCID: 0000-0003-3045-0056

Abstract
This essay analyzes Turkey's socioeconomic landscape, characterized by significant rural poverty and high unemployment rates, particularly among youth and women. It evaluates the government's rural development initiatives aimed at addressing these challenges. The objective is to examine the effectiveness of Turkey's National Strategy for Rural Development in combating poverty and enhancing local economic development through targeted programs. The aim is to explore the impact of government-funded programs on rural communities, assessing both their implementation and outcomes. Existing literature highlights Turkey's rapid economic growth until 2008 and the subsequent impact of the global financial crisis on poverty and unemployment rates. Previous studies emphasize the importance of localized governance in implementing rural development strategies. The study employs qualitative analysis, examining government reports, program evaluations, and case studies of specific rural development projects initiated since 2006. The theoretical framework is based on local development theory, which posits that localized decision-making and community participation are essential for effective socioeconomic strategies. The findings indicate that the Rural Development Investments Programme has successfully initiated over 3,000 projects, contributing to the establishment of new facilities and technological advancements in rural areas. Despite these efforts, significant regional disparities persist. The programs have led to improved infrastructure and increased investments in rural production, significantly impacting smallholder and farming enterprises. This essay underscores the critical need for effective rural development policies in Turkey, illustrating the interplay between local governance and central funding structures. The essay concludes that while progress has been made in mitigating rural poverty, ongoing efforts and tailored strategies are essential for achieving sustainable development in Turkey's rural regions. Continued focus on local needs and community involvement is vital for future successes.
Keywords: Turkey, Economy, Rural Development, Poverty.

Introduction

Understanding the challenges that Syrian refugees face in Turkey is vital for creating effective support strategies. This study examines the difficulties Syrian refugees face in finding jobs and accessing essential services. It also assesses how government and non-government programs help them integrate into Turkish society. We believe that, despite Turkey's considerable efforts to assist refugees, there are still significant gaps in job opportunities and access to vital services, especially for vulnerable groups like women and children. This study aims to provide a detailed look at the current situation of Syrian refugees in Turkey. It will contribute to discussions about refugee integration and the effectiveness of policies. Existing research recognizes Turkey's primary role as a host country, with around 3.8 million Syrian refugees living there. Although the government has made strides in reducing extreme poverty and providing free education and healthcare, many refugees still live in informal settings and struggle to meet their basic needs. Economic challenges, such as high inflation and rising food prices, worsen the hardships faced by these communities.

Turkey has initiated various social assistance programs and resilience plans since the refugee crisis began, yet difficulties remain, particularly in employment and nutrition. Research shows that humanitarian programs, like cash assistance from the World Food Programme, have helped many refugees. However, evaluations reveal that 19% of Syrian children face different forms of malnutrition, compared to 8% of Turkish children. This difference highlights the need for more sustainable support and better integration measures to improve refugees' living conditions. In this study, we will discuss key concepts—socioeconomic resilience, refugee rights, and community cohesion—to better understand the experiences of Syrian refugees compared to those of the local population. By analyzing survey data and evaluations of current programs, this research seeks to clarify how domestic policies align with refugees' actual experiences. The findings will contribute to the broader conversation about migration, especially in long-term displacement contexts, and suggest ways to enhance integration strategies. This study will highlight ongoing challenges for Syrian refugees in Turkey and evaluate how effective current policies are in supporting their integration and well-being. By addressing these issues, the research aims to offer insights that inform policymakers on necessary improvements to support systems. Understanding these dynamics is key to fostering social harmony and ensuring the rights and dignity of all community members in Turkey.

Literature Review

The arrival of Syrian refugees in Turkey is one of the biggest humanitarian crises of the early 21st century. Since the Syrian civil war began in 2011, Turkey has taken in about 3.8 million Syrian refugees, making it the country with the most refugees in the world (UNHCR, 2021). Integrating these refugees brings many challenges and opportunities. It impacts not only the refugees but also the local communities and Turkey's economy. Turkey's economy has been strong, with an average growth rate of 5% since 2000. However, having so many refugees has put pressure on local resources and economies. Many refugee families are struggling financially. Studies show that 28% of refugees receiving social assistance struggle to meet their basic needs (World Food Programme [WFP], 2021). Although refugees could help the labour market, language barriers, discrimination, and legal restrictions make it hard for them to find formal jobs (Kirişci, 2014). Many Syrian refugees end up in informal jobs, which often pay less and offer less stability compared to jobs held by Turkish workers (Open Society Foundations, 2018). Working in the informal sector can trap refugees in poverty and vulnerability. Economic challenges have worsened due to events like the COVID-19 pandemic and the conflict in Ukraine, which raised food and fuel prices and heavily affected vulnerable groups (WFP, 2021). Education is another area impacted by the refugee situation. The COVID-19 pandemic disrupted education for many, especially for refugee children. This led to significant learning gaps, as many were unable to participate in online learning (Ünal & Güler, 2021). Turkey has included plans for refugee education in its national development goals, aiming to achieve Sustainable Development Goal 4, which focuses on providing inclusive and equitable quality education (United Nations Development Programme [UNDP], 2020). However, challenges remain. Many refugee children either do not attend school or drop out due to financial problems or cultural barriers (Mastoraki & Sidiropoulos, 2020). To tackle these challenges, programs like the Socioeconomic Empowerment and Sustainability (SES) program provide vocational training, especially for women, to improve their job prospects and help them integrate into Turkish society (WFP, 2021). The health and well-being of refugees are another major concern. The Turkey Demographic and Health Survey (2018) shows that Syrian refugees face worse health outcomes compared to Turkish citizens.

There are high rates of malnutrition, particularly in children, with 19% of Syrian children experiencing multiple forms of malnutrition compared to 8% of Turkish children (UNHCR, 2021). Health disparities among refugees in Turkey are worsened by social and economic factors, such as limited access to healthcare and the stress of being displaced. The Turkish government provides free healthcare to refugees, including COVID-19 vaccinations, to support human rights (WFP, 2021). However, challenges such as bureaucratic hurdles and the need for language assistance can make it difficult for refugees to access necessary medical services. Building social cohesion is essential for reducing tensions between host communities and refugees. The Turkey Demographic and Health Survey (2018) shows that poor economic conditions and competition for resources can create conflict. Targeted assistance programs can foster community bonds, helping refugees and host communities interact positively (Kirişci, 2014). Nevertheless, there is a clear need for more social support and community-building efforts. The SES program offers a comprehensive approach to integration, encouraging cultural interaction and providing vocational training. This helps refugees move from needing assistance to finding formal jobs (WFP, 2021). These initiatives not only support individual refugees but also strengthen community resilience and harmony. Climate change adds further challenges for refugees and host communities in Turkey. Research from the Intergovernmental Panel on Climate Change (2022) shows that Turkey's warming rates may exceed the global average by 40–50%. This threatens food security and increases rural poverty. Agriculture accounts for 6% of Turkey's GDP and employs many people, so adopting sustainable farming practices is crucial given climate-related challenges (UNDP, 2020).Turkey has joined the Paris Agreement to combat climate change and plans to lessen vulnerability to extreme weather. However, cohesive strategies that combine climate resilience, food security, and refugee support are critical for sustainable development. The ongoing challenges and opportunities linked to the Syrian refugee crisis in Turkey require a well-rounded response that includes economic, educational, health, and social aspects. Turkey's efforts to host large numbers of refugees demonstrate its commitment to humanitarian duties. However, there is an urgent need for targeted measures to promote integration, expand job opportunities, and strengthen social bonds. Ongoing research and policy innovation will be crucial in addressing the complexities of this significant humanitarian situation.

Methodology

The methodology for analyzing the socioeconomic conditions of Syrian refugees and local communities in Turkey is thorough and varied. It aims to capture the complexity of the situation by combining data collection, community involvement, and policy assessments. This helps us understand the challenges and progress in supporting vulnerable populations. First, we focus on data collection, which is the foundation of this study. We use a variety of sources, including government reports, international organizations like the World Food Programme (WFP), and academic research. These sources provide valuable information about the current socioeconomic situation, humanitarian responses, and the impact of policies on both refugees and local communities. Surveys and assessments are also crucial. Important surveys, such as the Turkey Demographic and Health Survey, give insights into the living conditions, education, and health issues faced by refugees and locals. Studies on refugee households highlight their struggles to meet basic needs, showing the urgent need for targeted help. Policy analysis is essential to understand the broader context. By reviewing Turkey's national development plans and sustainability goals, we can see the government's efforts to accommodate refugees and support their integration into society.

This analysis examines the effectiveness of programs in education, healthcare, and employment, revealing both successes and areas that need more attention. We also conduct impact evaluations to assess specific programs. For example, we analyze the Socioeconomic Empowerment and Sustainability (SES) initiative to determine how effectively it helps participants transition from social assistance to formal jobs. Evaluating success rates and participant feedback helps us understand how effective these programs are in fostering social cohesion and improving lives. To visualize the situation, we use geospatial analysis to show where refugees live and how services are distributed across different provinces. This geographical view helps us identify areas needing more focused support or better service integration. Longitudinal studies track changes over time, examining trends to capture the evolving needs and challenges faced by refugees and local communities, particularly amid the COVID-19 pandemic and economic inflation. This long-term perspective helps us understand the dynamics involved and guides future policy decisions. The methodology for analyzing the socioeconomic situation of Syrian refugees in Turkey is strong and interdisciplinary. By combining data collection, community engagement, policy analysis, and impact evaluation, we gain a well-rounded understanding of the complex relationships among humanitarian efforts, socioeconomic conditions, and the challenges of supporting refugees in Turkey.

Results and Findings

A recent study examined the living conditions of Syrian refugees in Turkey. It revealed essential challenges and progress across areas such as poverty, education, health, and employment. Turkey is an upper-middle-income country with a strong economy, ranking 54th out of 189 countries in the 2020 Human Development Index. Despite Turkey's average economic growth of 5 percent each year since 2000, many problems still affect its 3.8 million Syrian refugees. Most refugees live within local communities, with only 1 percent in temporary accommodation centers, highlighting their struggle to integrate. The COVID-19 pandemic and the conflict in Ukraine worsened the situation for these refugees. High food and fuel prices made it hard for many families to meet basic needs.

In 2021, 28 percent of refugee households receiving social assistance found it challenging to access essential resources, showing a significant gap in support. The study also noted problems in the job market. Many refugees lack language skills, and employers are often unwilling to hire them legally. As a result, many Syrian refugees work in informal jobs that offer low pay and unstable conditions. The term "refugee" includes various groups seeking protection under Turkish law, which complicates their job market integration. The pandemic disrupted education, leaving many students, including refugee children, unable to take part in distance learning and creating learning gaps. Turkey is committed to the 2030 Agenda for Sustainable Development and has seen progress in goals related to poverty and education. However, challenges remain, especially in reducing hunger. Inflation has driven up food prices, affecting both the local population and refugees. A health survey from 2018 showed worrying trends: many Turkish and refugee women are overweight or obese, and Syrian children are more likely to suffer from chronic malnutrition than Turkish children. Agriculture plays a key role in food security and jobs, contributing 6% to Turkey's GDP and employing 18% of the population, particularly seasonal workers. Climate change poses additional risks, with reports indicating Turkey's temperatures are rising faster than the global average. Despite these challenges, Turkey continues to be a major food exporter, providing aid to organizations like the World Food Programme to help those in need in regions such as Yemen and Syria. Turkey has shown its commitment to foreign aid by increasing its official development assistance to 1.14% of its GDP in 2020, amounting to USD 8.12 billion.

One of the key efforts has been the regional refugee resilience plan, which aims to improve living conditions for Syrian refugees as part of the 2030 Agenda. However, a study found that around 1 million refugees still live below the poverty line, highlighting ongoing poverty in this group. While there were positive improvements in nutrition for some Syrian children, about 19% still suffer from various forms of malnutrition, compared to 8% of Turkish children. The availability of social assistance programs for both refugees and Turkish citizens was noted, but the study concluded that more sustainable support is needed for the most vulnerable households. The need for better integration of Syrian women into the job market was emphasized, as their workforce participation rates are lower than those of Turkish women. The Turkey Demographic and Health Survey 2018 highlighted ongoing challenges for both host communities and refugees, notably as economic conditions reduced purchasing power and weakened community ties.

Nevertheless, targeted assistance programs proved effective in promoting social cohesion. Since 2012, the WFP has supported Syrian refugees by launching the world's most extensive humanitarian cash program, which helped 1.75 million people by late 2019. Programs that provide vocational training, such as the Socioeconomic Empowerment and Sustainability (SES) program, have successfully moved participants from social assistance to stable employment, achieving success rates of 30–50%. Overall, the study shows a complex mix of aid, economic factors, and social dynamics affecting Syrian refugees in Turkey, highlighting the urgent need for ongoing help with immediate humanitarian needs and long-term integration challenges. Supportive policies and programs are critical to building resilience among this vulnerable population.

Discussion

Turkey is ranked 54th out of 189 countries on the 2020 Human Development Index, illustrating its status as an upper-middle-income country with a strong economy, averaging annual growth of 5 percent since 2000 (Fleischer & Ramaswami, 2023). While Turkey has successfully eliminated extreme poverty, challenges persist for vulnerable groups, including the 3.8 million Syrian refugees it hosts, many of whom are children. Most refugees reside in local communities, with only 1 percent in temporary accommodation centers (Fleischer & Ramaswami, 2023). The COVID-19 pandemic and the Ukraine conflict have intensified strains on resources, resulting in higher food and fuel prices that affect the livelihoods of vulnerable populations. A 2021 study found that 28 percent of refugee households receiving social assistance struggled to meet their basic needs (Fleischer & Ramaswami, 2023). The Turkish government has made strides to enhance access to services for various groups, yet Syrian refugees continue to face significant barriers in securing employment. Factors such as language barriers and employers' reservations regarding legal hiring often compel refugees to work informally, leading to low wages and unstable employment conditions (Fleischer & Ramaswami, 2023). According to Turkey's 2013 law, the term "refugee" encompasses individuals seeking international protection, those already granted such protection, and Syrians under temporary protection (Fleischer & Ramaswami, 2023). Half of the Syrian refugees in Turkey reside in five provinces: Istanbul, Gaziantep, Hatay, Şanlıurfa, and Adana (Fleischer & Ramaswami, 2023). The pandemic has negatively impacted education, causing significant learning gaps as many students were unable to partake in distance learning (Fleischer & Ramaswami, 2023). Turkey has integrated the 2030 Agenda for Sustainable Development into its national development plan for 2019 to 2023. The country has accomplished significant strides towards Sustainable Development Goals (SDGs) 1 and 4. It is making headway on SDGs 2, 3, 6, and 7, including offering free education and healthcare to refugees, which encompasses COVID-19 vaccinations (Fleischer & Ramaswami, 2023).

Despite achieving SDG 1, Turkey faces ongoing challenges with SDG 2, primarily due to inflation that is affecting food access and driving soaring food prices (Fleischer & Ramaswami, 2023). A health survey from 2018 indicated alarming rates of overweight and obesity among Turkish and refugee women, while Syrian children exhibit higher rates of chronic malnutrition (Fleischer & Ramaswami, 2023). Agriculture plays an instrumental role in food security and employment, comprising 6% of Turkey's GDP and providing jobs for 18% of the population, including many seasonal workers (Fleischer & Ramaswami, 2023). A 2022 report by the Intergovernmental Panel on Climate Change indicated that Turkey's warming rates will be 40–50% higher than the global average (Fleischer & Ramaswami, 2023). As a key net food exporter, Turkey has supplied the World Food Programme (WFP) with 800,000 metric tons of food since 2020, mainly for operations in Yemen and Syria (Fleischer & Ramaswami, 2023). In 2020, Turkey's official development assistance reached 1.14% of its GDP, totalling USD 8.12 billion, positioning it as a significant donor (Fleischer & Ramaswami, 2023). The country has developed a regional refugee resilience plan to support Syrian refugees and improve their living conditions, aligning with the 2030 Agenda (Fleischer & Ramaswami, 2023). Nevertheless, challenges remain steadfast, with around 1 million refugees, including many children, living below the minimum spending poverty line (Fleischer & Ramaswami, 2023). While there have been improvements in nutrition among Syrian children, 19% still experience multiple forms of malnutrition compared to 8% of Turkish children (Fleischer & Ramaswami, 2023). Although social assistance programs are available for both refugees and local populations, there is a pressing need for more sustainable support for vulnerable households (Fleischer & Ramaswami, 2023). There are also ongoing efforts needed to facilitate greater workforce participation among Syrian women, whose employment rates are lower than those of Turkish women (Fleischer & Ramaswami, 2023). The Turkey Demographic and Health Survey 2018 underscores the challenges that vulnerable host communities and refugees face, particularly as economic conditions have diminished purchasing power and affected community harmony (Fleischer & Ramaswami, 2023). Targeted assistance initiatives have shown effectiveness in promoting community cohesion (Fleischer & Ramaswami, 2023). Turkey is actively confronting climate change within the framework of the 2015 Paris Agreement, aiming to mitigate vulnerability to extreme weather —a key aspect for ensuring food security and supporting rural livelihoods (Fleischer & Ramaswami, 2023). The WFP commenced its support for Syrian refugees in Turkey in 2012, launching the world's largest humanitarian cash program, which reached 1.75 million beneficiaries by December 2019 (Fleischer & Ramaswami, 2023). Programs such as Kitchens of Hope and EMPACT provided refugees, particularly women, with vocational skills in food services and IT. These programs were merged into the Socioeconomic Empowerment and Sustainability (SES) program, enrolling 1,507 individuals between August 2021 and February 2022 (Fleischer & Ramaswami, 2023). Evaluations indicate that the SES program successfully helps participants transition from social assistance to formal employment, achieving a success rate of 30–50% (Fleischer & Ramaswami, 2023). The program also promotes social cohesion through cross-cultural integration (Fleischer & Ramaswami, 2023). Additionally, the WFP plans to extend livelihood support to refugee camps, with a particular focus on women and youth, as many female-headed households increasingly rely on assistance (Fleischer & Ramaswami, 2023).

Conclusion

This study highlights the critical connection between Turkey's refugee population and its plans for rural development, poverty reduction, and environmental protection. With 3.8 million Syrian refugees, Turkey faces both challenges and opportunities.

By improving job access and living conditions for these refugees, Turkey can support its development goals and build a more unified society. The COVID-19 pandemic and rising inflation have exacerbated the difficulties faced by vulnerable groups in Turkey, underscoring the need for targeted, sustainable support systems. Many studies show that helping refugees integrate into society is vital for both humanitarian aid and national development. Research shows that countries investing in refugees' skills not only helps those individuals but also strengthens their economies. Programs like the Socioeconomic Empowerment and Sustainability (SES) initiative demonstrate how targeted job training can improve employment outcomes and align with broader economic aims. For policymakers and social service organizations, the findings are significant. There is a clear need for a strategy that meets urgent humanitarian needs while also focusing on long-term development. A comprehensive approach will benefit both refugees and the wider community, promoting sustainable economic growth. This study aimed to explore the challenges faced by Syrian refugees in Turkey and to evaluate the effectiveness of support programs in helping them integrate. The findings underscore that these initiatives are crucial for combating poverty and fostering a sustainable development environment. Support programs for refugees are not just acts of kindness; they play a vital role in addressing broader socioeconomic issues. However, the study has limitations. It mainly relies on existing literature and reports, which may not capture the full range of experiences among all refugees or local communities. Rapid changes in socioeconomic conditions due to recent global events may affect the relevance of some findings. To move forward, further on-the-ground research is necessary to understand real-time situations and personal stories better, offering deeper insights into integration and support.

In conclusion, addressing the needs of Syrian refugees through integrated rural development strategies is crucial for both the refugees and the stability of Turkey. By creating an inclusive environment that values everyone's contributions, Turkey can make progress in reducing poverty and promoting sustainability. The following steps should focus on improving current programs, building cross-sector partnerships, and ensuring that both refugees and local communities benefit from economic growth initiatives.

References

Background. (n.d.). https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Turkey(2011nov)_Web.pdf

Fleischer, M., & Ramaswami, M. (2023). *Focal points: Republic of Türkiye country strategic plan (2023-2025)*. https://executiveboard.wfp.org/document_download/WFP-0000142942

Kirişci, K. (2014). The Syrian refugee crisis and its impact on Turkey. Brookings Institution.

Mastoraki, S., & Sidiropoulos, T. (2020). Syrian Refugees in Turkey: From humanitarian challenges to opportunities. Sustainability, 12(1), 45–62.

Open Society Foundations. (2018). The impact of Syrian refugees on the Turkish economy. Open Society Foundations.

UNDP. (2020). Turkey's national development strategy and the 2030 Agenda for Sustainable Development. UN Development Programme.

UNHCR. (2021). Global Trends: Forced Displacement in 2020. United Nations High Commissioner for Refugees.

WFP. (2021). WFP's response to the Syrian refugee crisis in Turkey. World Food Programme.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. IPCC.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

THE ROLES OF INFORMAL SOCIAL GROUPS IN RURAL DEVELOPMENT IN OBOKUN LOCAL GOVERNMENT AREA OF OSUN STATE, NIGERIA

Ebenezer Akinniyi AKINYEMI
Ladoke Akintola University of Technology
ORCID: 0000-0003-1127-4560

ABSTRACT

The study investigates the roles of informal social groups in rural development in Obokun Local Government Area of Osun State, Nigeria. The study reveals the groups participation in community projects. Data were collected from 40 respondents using interview schedule. The respondents were made up of group officers/executives. These officers were the president/chairman and secretary of each group. Officers of twenty twenty groups in ten villages were interviewed. Two groups were selected in each village/town and two officers were interviewed in each group. Half of the respondents were secretary while the rest half were president/chairman.

The finding revealed that 80 percent of the groups were male, the rest 20 percent were female. About two-third of the respondents were farmers. The data obtained/collected showed that all the groups participated in rural development. The level of participation was measured by the roles played by each of the groups. These roles include: sole finance; supply labour; joint service; supply material; cash and supervision. Any of the groups played at least three roles together. Problems were encountered by about eighty percent the groups during participation. The major problem being insufficient operating fund and lack of cooperation. The two major problems were however solved through regular payment of levy and encouragement given to members. The assistance required includes provision of sufficient operating fund and provision of market for produce. The following hypotheses were tested with use of Chi-square.

H_0 I: There is no significant relationship between the reason for the group participation and level
of participation in rural development.

H_0 II: There is no significant relationship between the group's duration of existence and the level
of participation in rural development.

Chi-square (x^2) value for H_1 is x^2 calculated value = 1.914 < x^2 tabulated value = 12.592
Degree of Freedom (df) = 6; significant level 5%
H_2 value is x^2 calculated = 1.722 < x^2 tabulated value =5.991
Degree of Freedom (df) = 2; significant level 5%

The results of the hypotheses show that there is no significant relationship since the tabulated value is greater than calculated value i.e. x^2 tabulated value > x^2 calculated value at 5% significant level. Therefore, Null Hypothesis accepted.

Keywords: Rural development, informal social group, obokun

SUSTAINABLE AGRICULTURE AND RURAL PLANNING: STRATEGIES FOR RESILIENT RURAL COMMUNITIES IN YEWA NORTH LOCAL GOVERNMENT OF OGUN STATE

SALAKO Samuel Seun
Urban & Regional Planning Department, Federal Polytechnic

ADESOLA Kanyinsola Gloria
Crop Production Department, Olabisi Onabanjo University, College Agricultural Sciences

Abstract
As the world grapples with the challenges of feeding a growing population, rural communities are on the frontlines, facing unprecedented threats from climate change, economic instability, and social inequality. Amidst these challenges, sustainable agriculture and rural planning have emerged as powerful tools for building resilience and promoting sustainable development. This paper explores the nexus between sustainable agriculture and rural planning, examining the ways in which integrated approaches can foster more resilient, equitable, and sustainable food systems. Impact of agroecological practices, local food economies, and community-supported agriculture on rural communities were investigated. Results highlight the potential of these approaches to enhance food security, support rural livelihoods, and mitigate environmental degradation. More so, the study findings also underscores the importance of integrated approaches that prioritise sustainability, equity, and resilience in sustainable agriculture and rural planning. This research contributes to the growing body of literature on sustainable agriculture and rural planning, offering insights and recommendations for policymakers, practitioners, and researchers working in the fields of rural development, sustainable agriculture, and environmental planning.
Keywords: Rural resilience, sustainable food systems, agroecological innovation, community development, environmental sustainability.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

FINANCIAL INCLUSION PROGRAM INNOVATION FOR FISHERMEN FACING CLIMATE CHANGE ON THE LEIHITU COAST OF AMBON ISLAND

Mohammad H. Holle
Universitas Islam Negeri AM

Rahmawati
Universtas Islam Negeri Sultanah

Rosita Tehuayo
Universitas Islam Negeri AM. Sangadji

Abstract
Climate change impacts the financial inclusion of fishing communities and threatens their livelihoods and economic stability. The purpose of this study is to propose an innovative financial inclusion program tailored to climate change conditions on the Leihitu Coast of Ambon Island, enabling fishing communities to easily access and utilize formal banking facilities and thereby improve their economic well-being.
This research method employed a qualitative field research paradigm and a case study approach, focusing on fishermen living on the Leihitu Coast of Ambon Island. Data collection was conducted through in-depth, open, and documented observations and interviews.
The study found that climate change has made it difficult for fishermen on the coast of Ambon Island to go to sea. This situation has resulted in low incomes. Fishermen face hardships and have lost access to financing from formal financial institutions. Therefore, program innovation is needed to promote financial inclusion for coastal fishermen on Ambon Island, including the provision of credit software, infrastructure for financial institutions specifically for fishermen, and economic subsidies from the local government.
Keywords: Innovation; Financial Inclusion Program; Ambon Island Fishermen; Climate Change
GEL: G23, E44

A. Background and Purpose

Climate change sometimes hits coastal areas hard. Coastal communities bear the brunt of it, facing economic hardship, health crises, low education levels, and low incomes. It's fair to say that not all coastal villages in Indonesia are economically self-sufficient; some even become pockets of poverty.
Poverty pockets in Indonesia are located outside of urban areas (Ivandy & Eko, 2025). According to data from the Central Statistics Agency, 17.74 million people lived in poverty in coastal areas in 2022, with 3.9 million of them classified as extremely poor (Latif et al., 2024). Poor people in coastal areas also contribute to 68 per cent of the total poverty rate in Indonesia (Ivandy & Eko, 2025).
Financial inclusion targets not only the urban poor but also the rural poor (Ji et al., 2021), who also live in coastal areas. In Indonesia, rural poverty rates remain significantly higher, despite a general decline in the national poverty rate. According to data from the Central Statistics Agency (BPS), as of March 2023, 12.22 million people in rural areas, or 10.85% of the total population, lived in poverty, compared to 7.29% in urban areas (BPS, 2025). This gap indicates that economic expansion has not yet reached all rural areas. Economic expansion, as defined in this research, refers to the accessibility of formal financial institutions.

Worse still, a growing number of coastal communities lack access to formal financial services in the event of climate change due to a lack of access (Pomeroy et al., 2020), financial management skills, or connectivity. Furthermore, most coastal communities rely on fisheries for their daily needs. One factor impacting coastal areas is climate change (Alif et al., 2022; Kumar et al., 2024; Westerman et al., 2013). Coastal areas are more vulnerable to climate-related changes than to socio-economic changes (Khan & Sano, 2025; Timothy et al., 2017). Coastal populations dependent on the fishing industry for their livelihoods are particularly vulnerable.

Therefore, financial inclusion can play a crucial role in enabling the resilience of coastal communities to climate change (Pomeroy et al., 2020), which can lead to the failure of marine activities. Building resilience to the adverse impacts of change is impossible without access to savings, loans, payments, and insurance solutions that help households and businesses prepare for, cope with, and recover from increasingly intense and unpredictable climate shocks and stresses (Zetterli, 2023).

Maluku is a province with a larger sea area than land. The potential of Maluku's coastal resources is quite substantial. This is especially true given that 80% of the village population lives along the coast, with the majority earning their living as fishermen. This is evident in Leihitu District, the location of this research.

Despite its vast marine potential, the lack of adequate financial institutions has led coastal communities in East Leihitu, Ambon Island, to increasingly rely on informal loans, both from informal financial institutions and savings and loan cooperatives. Furthermore, incomes are decreasing as climate change impacts the region. Communities are losing their livelihoods due to high sea waves and the presence of silicon. The wind season, which is known by coastal communities Leihitu Ambon Island, is known as the season

East and west winds. These seasons fluctuate due to unpredictable climatic conditions. Fishermen's activities at sea and their adaptation to the environment are influenced by these seasons, as the seasons influence their fishing locations. Fishermen are highly dependent on these seasons in relation to climate and natural conditions. Of course, this has implications for decreasing income, economic conditions and lives vulnerable to poverty.

The 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change stated that climate change is causing more severe weather events, especially marine heatwaves, which have a more direct impact on fishers' incomes and the risks they face during fishing activities and pose particular challenges for fisheries managers (OECD, 2025).

Climate change has become a global challenge with far-reaching impacts on the environment and human livelihoods, particularly in coastal areas (Shawket et al., 2019). Rising global temperatures, shifting rainfall patterns, and the increasing frequency and intensity of natural disasters have accelerated the degradation of coastal ecosystems and threaten the communities that depend on them (Berhitu et al., 2025). The coast of Ambon Island faces high risks related to climate change, including coastal erosion, seawater intrusion, and increased tidal flooding (Latumeten et al., 2023; Sutrahitu & Ayal, 2023; Wattimena et al., 2018).

To anticipate climate change, communities must be able to innovate or develop alternatives to address economic vulnerability. One such approach is innovation in access to formal financial institutions to maintain community economic sustainability. Research (Ozili, 2021) confirms that all underprivileged fishing communities must have access to basic financial services, as they are linked to the community's economic transformation. It was emphasized (Omenihu et al., 2024) in his research that people who use services financially literate individuals are less likely to experience poverty. This study recommends that financial service providers adapt financial products and encourage savings.

Research by Bene and Friend (Tilley et al., 2018) found that the fisheries sector is one of the occupations with the highest rates of economic poverty. Tilley et al.'s study found that several factors, including climate change, are contributing to this.

Several other studies, such as Barua et al., 2012; Beck et al., 2009; Mandira & Jesim Pais, 2016; Musta'anah et al., 2021; Nazir et al., 2018; Sari et al., 2022, have focused more on poverty among fishers and the functioning of informal financial institutions; however, financial inclusion and fishing communities have not been linked to climate change.

Despite the immense economic and ecological value of the ocean, financial inclusion efforts have historically neglected coastal communities. Most contributions in this area date back nearly two decades and remain fragmented, with recent initiatives yet to coalesce into a unified global agenda (Chakraborty et al., 2025). Therefore, this research also contribute to placing financial inclusion firmly on the development agenda of coastal communities in responding to climate change, especially communities living along the coast and affected by its impacts.

Although based on the context of the Leihitu District in Maluku Province, the insights gained have global relevance for coastal communities every where. Therefore, this research will address the question of how to innovate appropriate financial inclusion programs in addressing this situation. Unpredictable climate change and its impact on the economic stability of fishermen on the Leihitu Coast of Ambon Island.

B. Literary Studies

1.1 Definition and Concept of Financial Inclusion

Financial inclusion is a term pioneered by the United Nations in promoting the International Year of Microcredit in 2005. This term refers to the provision of effective and comprehensive financial services to all members of society at affordable costs (Song et al., 2025).

The concept of financial inclusion can be found in development economics, institutional economics, and welfare economics (McKinnon, 1991). Since the 1970s and 1980s, financial development has become increasingly diverse, international, and highly exclusionary. Therefore, the concept of financial exclusion has been proposed. Financial exclusion is contrasted with financial inclusion and refers to the difficulties individuals and households face in accessing financial services. This magnifies geographic differences in income levels and economic development and makes it difficult for some social groups to access financial services, particularly credit support, resulting in unequal financial development (Leyshon et al., 2008). Scholars have explored issues such as microfinance, mission shift, and financial exclusion, thus indirectly laying the theoretical foundation for studying financial inclusion (Mosley & Hulme, 1998). Since the 1990s, scholars have conducted research on financial inclusion. Financial inclusion seeks to provide broad financial services for all segments and groups (Allen et al., 2016) by improving financial infrastructure and providing more convenient and low-cost financial services to low-income communities and communities in remote areas. Since the concept of financial inclusion was officially introduced by the United Nations in 2005, this issue has gained global attention. The connotation of financial inclusion has expanded from its initial narrow definition of promoting microfinance to 'building an inclusive financial sector that helps people improve their lives' (Bozkurt & Yildiz, 2018; Robin & Pande, 2005).

1.2 Implications of Financial Inclusion

Financial inclusion and financial stability have attracted considerable academic attention, with mixed findings. Some studies argue that financial inclusion promotes financial stability by diversifying the savings base and reducing reliance on volatile funding sources (Neaime & Gaysset, 2018). However, other studies warn that extensive financial inclusion can lead to excessive credit growth and systemic risk (Amatus, H., & Alireza, 2015).

Policymakers emphasise protecting financial stability. However, ensuring financial inclusion is crucial, as financial stability also depends on the level of inclusiveness (Jima et al., 2024). Financial inclusion refers to a situation where households and firms can access the four main financial offerings of savings, credit, payments, and transfers at reasonable costs, and these are delivered responsibly, efficiently, and sustainably (Damane & Ho, 2024; Ozili, 2020). Financial stability, on the other hand, is defined as the ability of local financial markets to withstand environmental shocks and address potential challenges in intermediaries (Younsi & Nafla, 2017).

Financial instability causes fluctuations in economic activity, which hinders the efforts of financial institutions to develop and introduce new products and services (Jima et al., 2024). Another theory that developed to explain the relationship between financial inclusion and financial stability includes the theory of financial intermediation, which is closely related to the theory of information asymmetry and transaction costs, public goods theory, vulnerable group theory, echelon theory, and special agent theory (Ozili, 2021).

For those fortunate enough to have access to affordable financial services, the concept of financial inclusion may seem abstract. However, the Financial Inclusion 2024 report shows that year after year, millions of people lack access to affordable and equitable financial services. This is due to the ongoing cost-of-living crisis. The detrimental impact of this lack of access to affordable financial services continues. When seeking answers to the problem of financial exclusion, policies and regulations often fail to consider the complexity of individuals' financial lives and their interactions with the financial system (Nation, 2024).

Financial inclusion plays a crucial role in poverty reduction strategies by providing access to affordable credit, savings, and insurance services, thereby empowering individuals and micro-entrepreneurs to generate income and improve their livelihoods. Through access to financial services, marginalized groups, women, and youth can obtain the tools and resources necessary to participate in economic activities, contributing to overall socio-economic development (Hauser et al., 2023).

Therefore, financial inclusion is a crucial element aligned with the country's overall objectives outlined in the Vision for Economic Modernization and other national development goals. The rationale behind this emphasis on financial inclusion is rooted in its potential to drive sustainable economic growth, alleviate poverty, enhance socio-economic development, and maintain domestic stability.

There are many definitions and indicators of financial inclusion. The Global Financial Inclusion Index defines financial inclusion as having and using an account at a formal financial institution. Based on this definition, the number of account holders per population and the number of accounts used for loans, transfers, withdrawals, and savings over the past 12 months is an indicator of financial inclusion. Several international studies on financial inclusion, including research by (Allen et al., 2016; Beck et al., 2009; Demirguc-Kunt et al., 2017; García Moritán, 2020; Holle, 2020; Nation, 2024; Xu, 2020).

1.3 Climate Change

With a land area of nearly 9 million square kilometers and 17,500 islands, Indonesia is the world's largest archipelagic country. Its coastline is approximately 95,181 kilometers. This makes Indonesia vulnerable to climate change. Fisheries productivity on Indonesia's small islands will be impacted by sea level rise, increasing ocean acidity, and the loss of mangrove forests (Haumahu et al., 2023).

Concerns about climate change have spread worldwide. According to many experts, a third of the planet's species will become extinct, the polar ice caps will melt, causing sea levels to rise, and some countries will face clean water shortages (Haumahu et al., 2023).

According to (Neelmani et al., 2019), climate change is a term used to describe significant climate changes over several decades or more, including variations in air temperature, average seawater salinity, sea level rise, ocean pH (ocean acidification), and rainfall.

Another definition of climate change is the long-term (50–100 years) shift in chemical elements due to human activities that produce greenhouse gases (GHGs). Carbon dioxide (CO2) and water vapour are the two main GHGs that trap heat in the atmosphere. There are also other gases found in nature, such as ozone, nitrous oxide, and methane. Chlorofluorocarbons (CFCs) are one type of artificial gas that has a substantial greenhouse effect (Diposaptono et al., 2012). Climate change, according to Sardjono & Perdana (2020), is the result of human activities that alter average climate conditions and/or climate variability over time.

C. Methodology and Data

According to Creswell, this research falls into the category of non-multiple case studies, as this type of field research explores cases in a modern scenario (Creswell, 1990). It focuses on the case of financial inclusion among fishing communities in Leihitu District, an effort to alleviate poverty. This means that one issue or problem was chosen for illustration in this study. While critical theory, as defined by Creswell, is the theory used to support this case study methodology, critical theory researchers must be aware of their strengths, participate in the conversation, and use theory to interpret or explain the behaviour of the community being studied.

This research focuses on the fishing community in Leihitu District, Central Maluku Regency, which consists of 11 villages. However, this study focuses on one village (Negeri), namely Negeri Ureng, which was chosen because it has more fishing activity than other villages. It is hoped that this research will contribute to the purposes of this research and can be applied in other locations if the characteristics and conditions are similar to the research location, which is known as *transferability* (Diarrhoea, 2025).

This research was conducted in coastal villages in Leihitu District, Central Maluku Regency, Maluku Province. This location was chosen because of the large number of fishermen in the community, its location on the Seram Sea coast, and the limited access to financial institutions, both formal and informal, in addition to the frequent occurrence of climate change. Furthermore, this region also contributes significantly to extreme poverty (Central Maluku Regency. The research was conducted from June to August 2025).

This study utilized both primary and secondary data sources. Primary data came directly from coastal fishermen in Leihitu District, obtained through in-depth, open-ended interviews. Secondary data came from the Central Statistics Agency (BPS), the Ministry of Fisheries, and other supporting sources. The informants in this study were fishermen, both capture fishermen and net fishermen (bobu). To strengthen the information and to complete the research data, other informants used included fish-selling mothers or called jibu-jibu, owners of BRILink branchless financial institutions, Bank Mandiri agents, and Savings and Loan Cooperatives.

The data analysis used a qualitative approach with an inductive method. Next, a theoretical dialogue was conducted to identify conceptual novelty or a thesis statement. Following the theoretical dialogue, confirmability was achieved.

D. Findings and Analysis Results

1.1 Findings

Regarding the contribution of the fisheries sector, Maluku Province does indeed contribute significantly to revenue. This is supported by the fact that Maluku's sea area is much larger than its land area, and the majority of its population lives along the coast. Maluku's area is 712,479.69 km², consisting of 92.4% sea area (658,294.69 km²) and 7.6% land area (54,185 km²). Ambon Island has two peninsulas: the Leihitu Peninsula in the east and the Salahutu Peninsula in the west, under the jurisdiction of Central Maluku Regency. Leihitu District is located on the east coast of Ambon Island and consists of 11 villages. The total population of this area is 55,027. The majority are fishermen, while a small number are farmers where fisheries production activities are carried out by fishermen, fishing households, cooperatives, and business groups.

Based on BPS data, the total number of fishermen in Leihitu District is 4,460, consisting of 2,821 fishing households (Central Maluku Regency Statistics Agency, 2020). The majority of these fishermen live in poverty. Therefore, the central government designated this coastal area as having the highest level of extreme poverty in Maluku Province in 2023. This figure represents 10.53%, or 39,400, of the 1.3 million people, or 12.5% of the total extreme poverty population (Marlissa, 2021).

One of the causes of this poverty is the low income of fishing communities due to declining catches. Sometimes the sea is friendly and provides economic value that can support fishermen, but this condition does not last forever. Climate change has an impact fishing activities. In fact, most were forced into unemployment. Although a handful of fishermen shifted their activities to casual farming. From January to August 2025, the uncertainty of climate change caused fishermen in Maluku to complain of decreased catches due to larger waves and more frequent cyclones.

Therefore, Fishing grounds have shifted due to climate change, and declining fish catches have significantly impacted fishermen's incomes, leading to economic instability for fishing families. The average income of fishermen in Leihitu District ranges from IDR 800,000 to IDR 4 million per month, net of expenses, including operational costs, household needs, and family education. This was acknowledged by Hidayat, Director of the Indonesian Harmoni Alam Foundation. He stated that the fisheries sector, a vital part of the coastal economy, is directly impacted by climate change (Mongabay, 2022).

According to Abdul Karim Layn (51), a staff member of Asilulu Village, traditional fishing gear has been severely impacted by the increasing distance of fishing grounds. Climate change has rendered fishing gear unsuitable, particularly for wind and wave heights. *Most fishermen in our village face difficulties when climate change, characterized by high waves and strong winds, occurs. When this happens, most of us don't go out to sea.*" he said.*(Abdul Karim Layn, a staff member of Asilulu Village, Interview, June 12, 2025, 3:00 PM WIT)*

Besides Karim, a fisherman from Ureng Village, Kardin Pelu (65), expressed his dissatisfaction with the fact that many fish aggregating devices (FADs) in various areas of Maluku are more than 10 to 12 miles apart, which can force fish away from their fishing grounds. He also voiced concerns about the fibre-made Ventura boats used by fishermen, fearing they could capsize due to waves during the rainy season. Unlike wooden boats, which will float if they capsize or absorb water, boats made of fibreglass Made of this material does not float *(Kardin Pelu, Fisherman from Ureng Village, Interview, June 17, 2025, 10:00 WIT).*

Imran Ameth (46) complained about the same thing; even the climate change conditions forced him to borrow from his relatives or from the Savings and Loans Cooperative.

"*These windy, rainy, and high-wave conditions have been going on for over six months, making it extremely difficult for me and my fellow fishermen to catch fish. We don't dare rely on small boats or fishing boats. The waves are large, not to mention the strong winds. These conditions have drastically reduced our income, and to support our families, we have to borrow from neighbours and relatives or even borrow from a savings and loan cooperative.*", he said. *(Imran Ameth (46), Fisherman from Morella Village, Interview, June 16 2025. 20.00 WIT*)

Fisherman Maujud Heluth (56), a fisherman from Negeri Lima Village, also complained about the impacts of climate change. According to him, strong winds and high waves forced him to be absent from the sea.

"I don't want to force myself. The Seram Sea is fierce. Not to mention the unpredictable strong winds. Sometimes we're blown far from the village. It really has a huge impact on our daily lives. Even paying my children's school fees is sometimes late, and even then, I have to borrow from the Savings and Loan Cooperative. There's no other way. I'm embarrassed to borrow from relatives," he explained. (Maujud Heluth, Fisherman from Negeri Lima Village, interview, June 12, 2025, 10:00 a.m. WIT)

The statement of Sofyan Lain (50), a fisherman from Seith Village, is as follows:

"It's been almost three months since we went out to sea, my son and I. Because the weather is very bad. Just look, sir, the wind and rain are non-stop. The waves in the ocean are high. We only use a wooden boat. So we chose not to go out to sea. Instead, we farm. The boat has been pulled ashore. This weather is indeed a problem for us. We tried, but we turned back because of the rain and wind," he complained. (Sofyan Layn, Fisherman from Negeri Lima Village, interview, June 12, 2025, 10:00 a.m. WIT)

Fishermen Ibrahim Huat (54), Arsyad Hatuwe (54), from Kaitetu Village, and Irwan Mahu, a fisherman from Ureng Village, suffered the same fate. They all expressed similar complaints to other fishermen. However, they hope the Central Maluku regional government will address this situation." *Is it providing subsidies to us poor fishermen, or basic food assistance?" said Irwan Mahu. (Irwan Mahu, Fisherman of Ureng Village, Interview, June 17, 2025, 12.00 WIT).*

The conditions experienced by the coastal communities of Leihitu District certainly require the attention of the Village, District and Regency Governments and related agencies in an effort to overcome the economic problems of poor fishing families so that they can survive economically.

Therefore, to combat poverty among fishermen, it is necessary to identify community groups and business actors and their development needs in the fisheries sector. Furthermore, innovations in appropriate financial access for fishing communities and prospective business actors among fishermen who lack banking access in this sector are urgently needed.

Observations show that the coastal areas of Ambon Island have only one formal financial institution, located quite far from the research site. Consequently, many coastal communities are forced to invest through loan sharks, such as savings and loan cooperatives, which charge high and restrictive interest rates. This is due to fishermen's limited access to formal financial institutions, such as banks.

To reach financial institutions, coastal communities must travel tens of kilometres to sub-district or provincial capitals in Maluku. However, some communities have overcome this obstacle by providing non-bank financial institutions such as BRILink and Mandiri agents.

However, fishermen report that when they run out of money or connections, BRILink and Mandiri agents become frustrated. This undoubtedly increases the community's difficulty in accessing formal financial services and products to survive.

1.2 Analysis of Research Results

Individuals who use financial services are less likely to experience poverty (Omenihu et al., 2024) and (Financial Stability Board, 2020). This study contrasts with the climate change phenomenon affecting coastal fishing communities on Ambon Island. Omenihu's study recommends that financial service providers adapt their financial products to the education level of the target population to encourage savings. Meanwhile, fishing communities are already struggling to finance their daily needs due to the impacts of climate change This makes it difficult for fishermen to save with very limited income (Lein & Setiawina, 2018; Rahman & Toiba, 2021).

Meanwhile, a study by Tilley et al. found that fishing is one of the occupations with the highest rates of economic poverty (Tilley et al., 2018). Several factors, including pollution and climate change, habitat loss, and socioeconomic conditions that exacerbate poverty trends (Chan et al., 2022), make fishing households more vulnerable to ecosystem change issues (Béné & Friend, 2015).

There are three possible impacts of climate change on the fishing industry of coastal communities on Ambon Island.*First*, physical and chemical conditions are altered by climate change, which lowers dissolved oxygen levels and causes ocean acidification while increasing water temperature, sea level, and stratification.*Second*, disease and shifts in the abundance and distribution of species are some of the marine biological conditions impacted by climate change.*Third*Climate change impacts socioeconomic conditions, resulting in decreased catches and disruption of fishing activities (Bertrand et al., 2020; Rahman & Toiba, 2021). Climate change, according to Grafton, modifies species, altering their ranges and mixes, which will impact fisheries and marine ecosystems (Grafton, 2010).

Climate change, in addition to reducing fishermen's incomes, resulting in their lack of access to formal financial institutions, will also lead to poverty. Johan's study emphasized in its findings that coastal communities are plunged into poverty due to a lack of bank accounts (Johan, 2020). This study supports Pomeroy et al.'s assertion that individuals without access to financial services have no choice but to seek financing (Beck & Demirguc-Kunt, 2006; Omenihu et al., 2024). This results in communities turning to informal lending or intermediary institutions. Financial inclusion is further hampered by the scarcity of collateral and the remoteness of formal financial institutions (Mbate & Hadji, 2025; Pomeroy et al., 2020).

As a result of climate change, the inability of fishing communities on the coast of Ambon Island to obtain business capital assistance through the system financing from formal financial institutions, particularly banks, is the root of the poverty they often face. This challenge stems from the lack of collateral required for such financing (Zheng et al., 2021). There is virtually no formal financing available to fishers, such as from banks or non-bank financial institutions. Fishermen can easily obtain money from informal sources such as high-interest loan sharks or mobile banks. Due to the fast repayment process and the lack of collateral, fishers prefer to borrow from loan sharks (Larasati et al., 2024; Pattipeilohy et al., 2024). Unwittingly, fishers who borrow from loan sharks suffer losses because the extremely high interest rates they charge actually trap them.

Although financial inclusion is crucial for enhancing the resilience of impoverished fishing communities, conservation programs in fishing communities often overlook it as a strategic component.

Financial inclusion, defined by the Centre for Financial Inclusion as a state in which all people who can afford it have access to a full range of quality financial services, provided at affordable prices, in a convenient manner, and with dignity for clients (Lusardi & Messy, 2023), is a crucial strategy that can support fishers in practising sustainable fishing.

The ability of institutional financial institutions, such as banks, to innovate and provide more flexible financing solutions is a key factor in the success of financing for small-scale fishers (Sari et al., 2022). This also includes encouraging more adaptive financial practices, the capacity to react to change, and the capacity to adapt to local demands. To develop financial institution infrastructure and reach fishing communities, promotion and information dissemination must be key components. Similarly, fishers need to commit to continuously improving their business acumen to help banks understand the characteristics of their businesses. Improve family financial management, document fisheries production data, and implement catch processing techniques. There are several ways to achieve this, aiming to improve the socioeconomic resilience of fishing households and provide incentives for behavioural change (Chakraborty & Dhawan, 2025).

Access is conditional and not available to everyone. Personal relationships, reputation, and social networks are important. The general situation of high labour mobility limits who fishermen will entrust their savings to. Membership in savings and loan associations is often restricted, and mobile deposit collectors do not provide savings advances to all clients. Overall, there may be a bias against the more vulnerable and marginalized (FAO, 2006).

Fishermen who qualify for membership in savings and loan associations do not always receive the services they need. The large amounts of cash needed to replace outboard motors or fishing gear, for example, are rarely available. Informal financing does not help fishers address all types of inconveniences and risks. It can be quite effective in managing income and expenses, or addressing household-specific risk factors such as loss of income due to illness, loss of fishing gear due to accidents or bad weather, urgent medical expenses, death of a breadwinner, theft, and unsafe working conditions. However, informal finance is limited in helping fishers address the insecurity and risks associated with depleting fisheries resources or other environmental factors facing the fishing community as a whole. Due to the drastic decline in fishing frequency and catch volume due to climate change, coastal fishers on Ambon Island are now earning less, negatively impacting financial inclusion.

Therefore, fishermen must respond by using various adaptation strategies, such as diversifying income sources outside the fishing industry and securing funding through official loans to bank financial institutions that provide productive credit. Thus, access to a variety of bank financial services can provide a cushion or safety net in the face of weather events extreme, while non-financial services provided by financial institutions, such as climate-smart technical training and market linkages, can help clients adapt to economic changes.

E. Conclusions and Policy Recommendations

1.1 Conclusion

Unpredictable climate change has resulted in a decline in the income of fishing communities living along the eastern coast of Ambon Island. This low income has deprived them of access to savings and loans for productive businesses. Furthermore, fishermen's limited access to formal financial institutions contributes to their difficulty in obtaining loans, forcing them into the clutches of informal financial institutions such as savings and loan cooperatives, which offer burdensome high interest rates and impact the economic well-being of fishing families. Therefore, innovation is needed for fishermen to utilize their fishing income during climate change. This innovation can include innovative fish catches, such as processed fish products, or smart ways to manage household finances.

1.2 Policy Recommendations

The Central Maluku Regency Government must respond to the climate change phenomenon that has occurred along the coast of Ambon Island over the past six months by providing more modern fishing gear tailored to fishermen's needs in response to climate change, as well as providing training in fisheries processing techniques. To receive government assistance and information, fishermen must actively participate in fishing groups.

F. List of References

Alif, L., Choirunnisa, D., Purwaningsih, Y., & Prasetyani, D. (2022). Adaptation of Coastal Fishermen in Pacitan Regency to Climate Change.*Journal of Regional and Environmental Studies*, *10*(2), 166–181. https://doi.org/10.14710/jwl.10.2.166-181.

Allen, F., Demirguc-Kunt, A., Klapper, L., & Martinez Peria, M. S. (2016). The foundations of financial inclusion: Understanding ownership and use of formal accounts. *Journal of Financial Intermediation*, *27*(2016), 1–30. https://doi.org/10.1016/j.jfi.2015.12.003

Amatus, H., & Alireza, N. (2015).*Financial inclusion and financial stability in Sub Saharan Africa (SSA)*.

Central Bureau of Statistics. (2025).*Poverty Rate Declines Again*. Central Statistics Agency of Central Maluku Regency. (2020). Leihitu District in Figures, 2019. In*Central Maluku in Numbers*. BPS Kabupaten Maluku Tengah. Barua, P., Chakraborty, S., Das, J., Sen, S., Barua, P., Chakraborty, S., Das, J., & Sen, S. (2012). Fishing industry and fisherfolk existence through microcredit services for India and Bangladesh. *Bangladesh Research Publications Journal*, *7*(1), 36–45. Beck, T., & Demirguc-Kunt, A. (2006). Small and medium-size enterprises: Access to finance as a growth constraint. *Journal of Banking and Finance*, *30*(11), 2931–2943. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2006.05.009

Beck, T., Demirgüç-Kunt, A., & Honohan, P. (2009). Access to financial services: Measurement, impact, and policies. *World Bank Research Observer*, *24*(1), 119–145. https://doi.org/10.1093/wbro/lkn008

Béné, C., & Friend, R. M. (2015). Poverty in small-scale fisheries: old issue, new analysis. *SAGE Publications*, *11*(2), 119–144. https://doi.org/10.1177/146499341001100203

Berhitu, P. T., Boreel, A., & Pattiasina, A. G. (2025). Adaptation Strategies to Climate Change in Coastal Communities of Ambon City, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, *29*(2), 1939–1955.

Bertrand, A., Lengaigne, M., Takahashi, K., Avadí, A., Poulain, F., & Harrod, C. (2020).*El Niño Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture* (Paper No. 660).

Bozkurt, I., & Yildiz, M. (2018). Spatial Determinants of Financial Inclusion Over Time. *Journal of International Development*. https://doi.org/10.1002/jid.3376 Chakraborty, A., & Dhawan, S. M. (2025). *Financial Inclusion to Support Ecosystem-Based Adaptation for Small-Scale Fishers in the Philippines* (Issue April). Chakraborty , A. , Totolo , E. , & Arango , C. (2025). *Financial Inclusion in the Blue Economy: The Case for a New Global Agenda* (Issue May).

Chan, S., Haridhi, H. A., Damora, A., Aprilla, R. M., Rahmah, A., & Asni, K. (2022). Economic loss as the impact of climate change on tuna fishermen in Northern Indonesian waters. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1–8. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1221/1/012072

Creswell, J. W. (1990). Qualitative Research & Research Design.*Mycological Research*, *94*(4), 522.

Damane, M., & Ho, S. Y. (2024). The Impact of financial Inclusion on financial Stability: review of Theories and international Evidence. *Development Studies Research*, *5095*. https://doi.org/10.1080/21665095.2024.2373459

Demirguc-Kunt, A., Klapper, L., & Singer, D. (2017). Financial Inclusion and Inclusive Growth: A Review of Recent Empirical Evidence. *Financial Inclusion and Inclusive Growth: A Review of Recent Empirical Evidence*, *April*. https://doi.org/10.1596/1813-9450-8040

Diposaptono, S., Budiman, & Firdaus, A. (2012).*Addressing Climate Change in Coastal Areas and Small Islands*(Print To).

Drisko, J. W. (2025). Transferability and Generalization in Qualitative Research. *Research on Social Work Practice (Sage)*, *35*(1), 102–110.
https://doi.org/10.1177/10497315241256560

FAO. (2006). *Microfinance Helps Poverty Reduction and Fisheries Management - Policies to support microfinance, livelihoods and resources management*.

Financial Stability Board. (2020). *The Implications of Climate Change for Financial Stability* (Issue November).

García Moritán, M. (2020). Financial inclusion for MSMEs and women's economic empowerment. *Journal of the International Council for Small Business*, *1*(1), 7–9. https://doi.org/10.1080/26437015.2020.1714348

Grafton, R. Q. (2010). Adaptation to climate change in marine capture fisheries. *Marine Policy*, *34*(3), 606–615. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2009.11.011 Haumahu, S., Uneputty, P. A., Handoko, L., Kesaulya, I., & Tuupattinaja, A. (2023). *Socialization of the Impact of Climate Change on the Existence of Small Island Fishery Resources for the Central Maluku Fishing Community*. *02*(01), 10–16. Hauser, P., Abbassi, A., & Mismar, M. (2023).*Financial Inclusion Diagnostic Study in Jordan 2022*.

Ivandy, H., & Eko, B. S. (2025). Rural wealth creation strategy on coastal villages in Indonesia (Case Study: Weru village, Lamongan). *BIO Web of Conferences*, *04004*, 1–22. https://doi.org/https://doi.org/10.1051/bioconf/202515704004

Ji, X., Wang, K., & Xu, H. (2021). Has Digital Financial Inclusion Narrowed the Urban-Rural Income Gap: The Role of Entrepreneurship in China. *Sustainability (MDPI)*, *13*(8292), 1–18. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13158292

Jima, M. D., Student, P., & Management, R. (2024). Financial Inclusion and Financial Stability in Sub-Saharan Africa: Complementary or Trade-offs. *Journal of Business and Social Review in Emerging Economies*, *10*(2), 241–254.

John. (2020). *Implications of Literacy Levels on Sharia Financial Inclusion in Using BMT Products in the North Coastal Community of Tuban Regency*. Sunan Ampel State Islamic University of Surabaya.

Juliana Marlissa. (2021).*Leihitu District in Figures*. Central Statistics Agency of Central Maluku.

Khan, N., & Sano, A. (2025). Strengthening Coastal Fishing Communities: Lessons from Global Responsible Market Systems for Resilience in Bangladesh. *BIO Web of Conferences*, *01016*. https://doi.org/https://doi.org/10.1051/bioconf/202517601016

Kumar, M., Abdul, A. K. M., & Biswas, A. (2024). World Development Sustainability Livelihood vulnerability of coastal communities in the context of climate change: An index-based assessment. *World Development Sustainability*, *4*(March), 100152. https://doi.org/10.1016/j.wds.2024.100152

Larasati, F., Suryantara, A. B., & Mataram, U. (2024). Exploration of Financial Management Models for Fisherman Groups in Soro Village, Dompu District (Comparation Study of Successful Fishermen and Unsuccessful Fishermen). *Formosa Journal of Science and Technology (FJST)*, *3*(6), 1369–1384. https://doi.org/https://doi.org/10.55927/fjst.v3i6.9690

Latif, L., Furkon, U. A., Prastio, U., Fernando, J., Eka, S., & Widyanto, T. (2024). *"Fishermen's Corporation" Realizing Empowered and Prosperous Fishermen Towards Golden Indonesia 2045*.

Latumeten, G. R., Tubalawony, S., & Noya, Y. A. (2023). Existing Conditions of Water Intrusion

Existing Conditions of Seawater Intrusion at the Coast of Latuhalat, Ambon Island.*TRITON: Journal of Aquatic Resources Management*, *19*(April), 43–51.

Lein, A. A. R., & Setiawina, N. D. (2018). Factors Affecting The Fishermen's Household Income And Welfare. *International Research Journal of Management, IT & Social Sciences*, *5*(4), 80–90. https://doi.org/https://doi.org/10.21744/irjmis.v5n4.266

Leyshon, A., French, S., & Signoretta, P. (2008). Financial exclusion and the geography of bank and building society branch closure. *Journal Compilation*. Lusardi, A., & Messy, F.-A. (2023). The importance of financial literacy and its impact on financial wellbeing. *Journal of Financial Literacy and Wellbeing*, *1*(1), 1– 11. https://doi.org/10.1017/flw.2023.8

Mandira, S., & Jesim Pais. (2016). Financial Inclusion and Development: A Cross Country Analysis Mandira. *Asian Journal of Business Research*, *6*(1). https://doi.org/10.14707/ajbr.160020

Mbate, M., & Hadji, E. (2025). Innovation and Green Development Financial inclusion and energy access: Evidence from Kenya. *Innovation and Green Development*, *4*(2), 100219. https://doi.org/10.1016/j.igd.2025.100219

McKinnon, R. I. (1991). *The Order of Economic Liberalization: Financial Control in the Transition to a Market Economy*. Johns Hopkins University Press.

Mohammad H. Holle. (2020). Islamic Financial Inclusion in Mosques for Community Economic Empowerment (Multi-Case Study at Jogokariyan Mosque in Yogyakarta, Al-Falah Mosque in Surabaya, and Sabilillah Mosque in Malang). In*Postgraduate Program of Sunan Ampel State Islamic University Surabaya*. Sunan Ampel State Islamic University of Surabaya.

Mongabay. (2022, October).*Fishermen in Maluku Complain About the Impact of Climate Change*. Mosley, P., & Hulme, D. (1998). Microenterprise Finance: Is There a Conflict Between Growth and Poverty Alleviation? *World Development*, *26*(5), 783–790. Musta'anah, A., Buono, K. B., Atika, R., & ... (2021). Analysis of Sharia Literacy Level and Sharia Financial Inclusion PNM Mekaar Sharia in Increasing Income Public (Study on the Fishing Community of Kuala Jaya …. *Journal of Islamic …*, *4*(2), 97– 101.

Nation, A. D. (2024). *Financial Inclusion Report 2024*.

Nazir, I., Chauhan, R. S., Khati, A., & Arya, P. (2018). Role of credit for the upliftment of the fisheries sector. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies The*, *6*(2), 1–4.

Neaime, S., & Gaysset, I. (2018). Financial inclusion and stability in MENA : Evidence from poverty. *Finance Research Letters*, *24*(May 2017), 230–237. https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.09.007

Neelmani, Chandravanshi, R., Pal, M., Sarman, V., & TN, V. U. and M. (2019). Impacts of climate change on marine biodiversity. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *7*(2), 425–430.

OECD. (2025). *OECD Review of Fisheries 2025*.

Omenihu, C. M., Brahma, S., Katsikas, E., Vrontis, D., Siachou, E., & Krasonikolakis, I. (2024). Financial Inclusion and Poverty Alleviation : A Critical Analysis in Nigeria. *Sustainability (MDPI)*, *16*(8528), 1–21. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16198528

Ozili, P. K. (2020).*Financial inclusion research around the world : a review*. *January*. Ozili, P. K. (2021). Financial inclusion research around the world: A review. *Forum for Social Economics*, *50*(4), 457–479. https://doi.org/10.1080/07360932.2020.1715238

Pattipeilohy, P. F. V, Thenu, S. F. W., Matitaputty, I. T., & Girsang, W. (2024). Financial Literacy and Inclusion of Farmers and Fishermen: A Case Study in Tawiri Village and Dusun Seri Ambon City Island, Maluku Indonesia. *Eduvest – Journal of Universal Studies Volume*, *4*(10), 9791–9808.

Pomeroy, R., Arango, C., Lomboy, C. G., & Box, S. (2020). Financial inclusion to build economic resilience in small-scale fisheries. *Marine Policy*, *118*(April), 103982. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103982

Rahman, M. S., & Toiba, H. (2021). The Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Income and Food Security: Empirical Evidence from Small-Scale Fishers in Indonesia. *Sustainability (MDPI)*, *13*(7905). https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13147905

Robin, B., & Pande, R. (2005). Do Rural Banks Matter? Evidence from the Indian Social Banking Experiment. *American Economic Review*, *95*(3), 780–795. Sardjono, W., & Perdana, W. G. (2020). Improve Understanding and Dissemination of Disaster Management and Climate Change by Using Knowledge Management Systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012158

Sari, T. P., Kurnia, T., & Alhifhni, A. (2022). Analysis of Accessibility to Financing in Islamic Banking. *Ratio Journal*, *8*(1), 1.

Shawket, N., Elmadhi, Y., Kharrim, K. El, & Belghyti, D. (2019). Impacts of climate change on fish performance. *Journal of Entomology and Zoology Studies 2019;*, *7*(5), 343–349.

Song, X., Qin, X., Wang, W., Yi, R., & Li, M. (2025). Financial inclusion, technologies, and worldwide economic development: A spatial Durbin model approach. *The Journal of Finance and Data Science*, *11*(March 2024), 100155. https://doi.org/10.1016/j.jfds.2025.100155

Sutrahitu, G. W., & Ayal, M. R. (2023). Analysis of Coastline Changes in Liang Village and Alternative Solutions.*Civil Engineering Scientific Journal Available*, *20*(2), 101–111.

Tilley, A., Herrón, P., Espinosa, S., Angarita, J. L., & Box, S. (2018). Predicting vulnerability to management changes in data-limited, small-scale fisheries. *Marine Policy*, *94*(6), 39–45. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.013

Timothy, F., Freduah, G., Fidelman, P., & Smith, T. F. (2017). The impacts of environmental and socio-economic stressors on small-scale fisheries and livelihoods of fishers in Ghana. *UniSC Research Bank*, 0–31. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.09.009

Wattimena, J. D., Ayal, M. R., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Pattimura, U., Putuhena, J. I. M., & Poka, K. (2018). Analysis of Coastline Changes in Rutong Village, Ambon City.*Civil Engineering Journal*, *14*(2), 115–136.

Westerman, K., Oleson, K. L. L., & Harris, A. R. (2013). Building Socio-ecological Resilience to Climate Change through Community-Based Coastal Conservation

and Development: Experiences in Southern Madagascar. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci*, *11*(1), 87–97.

Xu, X. (2020). Trust and financial inclusion: A cross-country study. *Finance Research Letters*, *35*, 101310. https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101310

Younsi, M., & Nafla, A. (2017). Financial Stability, Monetary Policy, and Economic Growth: Panel Data Evidence from Developed and Developing Countries. *Spinger*. https://doi.org/10.1007/s13132-017-0453-5

Zetterli, P. (2023).*Climate Adaptation, Resilience, and Financial Inclusion: A New Agenda* (Issue November).

Zheng, H., Li, J., & Zhao, X. (2021). How does financial policy support the development of China's fishery? Characteristics, experience and prospects. *Marine Policy*, *132*(June), 104678. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104678

AMELIORATIVE EFFECT OF JAMUN (SYZYGIUM CUMINI) SEED AND ORANGE (CITRUS SINENSIS) PEEL EXTRACTS AGAINST LEAD INDUCED ALTERATION IN LIVER BIOMARKERS OF RATS

Dr. Ram Prataap Yadav
Department of Zoology, DDU Gorakhpur University

Prof. Sunil Kumar Srivastav
Department of Zoology, DDU Gorakhpur University

Abstract
The protective effects of jamun seed extract (JSE) and orange peel extract (OPE) on lead induced alteration in liver biochemical parameters were investigated. One hundred twenty Wistar rats were divided into six groups (A-F). Group A (control): No treatment was given, Group B: lead nitrate (10 mg/kg b wt.) was given, Groups C: rats were given 10 mg/kg b wt. Lead nitrate and 200 mg/kg b wt. Jamun seed extract, Group D rats were given 10 mg/kg b wt. Lead nitrate and 200 mg/kg b wt. orange peel extract, Groups E: 200 mg/kg b wt. orange peel extract, and Group F rats were given a dose of 200 mg/kg b wt. jamun seed extract. The treatments were conducted for 14 days. On 7th and 14th day, blood samples were collected from each group and liver biochemical parameters were analyzed. In lead nitrate treated rats liver biomarkers levels (serum alkaline phosphatase, serum SGOT, serum SGPT, serum bilirubin and serum lactate dehydrogenase) were increased at 7 day and 14 day whereas serum albumin levels decreased on 7 day to 14 day as compared to control. JSE and OPE exerts hepatoprotective effects against lead induced alternation in liver biomarkers as the changes in serum alkaline phosphatase, serum SGOT, serum SGPT, serum albumin, serum bilirubin and serum lactate dehydrogenase were recovered to near control values.
Keywords: Lead, Liver biomarkers, Jamun seed extract, Orange peel extract, Protective

A PRELIMINARY INVESTIGATION ON FUNGAL DIVERSITY OF DRY EVERGREEN FOREST OF TAMIL NADU, INDIA

I. Sivaraj
Department of Biotechnology, School of Sciences, Vels Institute of Science, Technology and Advanced Studies (VISTAS)

S. Bhuvaneswari
Department of Botany, Bharathi Women's College

D. Madhankumar
Research and Development, Marina Labs

N. Sripriya
Department of Environmental & Public Health Sciences Division of Environmental & Industrial Hygiene, University of Cincinnati

N.K. Udaya Prakash
Department of Biotechnology, School of Sciences, Vels Institute of Science, Technology and Advanced Studies (VISTAS)
ORCID: 0000-0003-2489-7118

Abstract
Soil fungi are crucial for nutrient cycling and plant health. The knowledge pertaining to the diversity of fungi reveals the soil health. However, conventional classification methods pose challenges in comprehensively identifying the complete fungal community. Metagenomic approach on studying the diversity provide powerful and comprehensive method for understanding fungal diversity and its role in soil ecosystems. This study explores the diversity of fungal species in soil samples collected from Anjur Reserve Forest, Chengalpattu District of the State of Tamil Nadu, India falls under the East Deccan Dry Evergreen Ecoregion. DNA from soil samples were extracted using a modified CTAB method, followed by quality/quantity check. The extracted DNA was used to amplify the fungal internal transcribed spacer region of the ribosomal RNA. Subsequently, a next-generation sequencing library was prepared with a unique indexing adaptor and sequenced on an Illumina sequencing instrument. Sequencing data were analyzed using the bioinformatic tool QIIME2 for amplicon sequencing. Following DADA2 denoising and chimera removal, the sequences were clustered into 5,090 operational taxonomic units and yielded 285,598 reads. The UNITE 10.0 database served as a reference for identification. A total of 78 species were identified among which Asterostroma sp. (54.6%), Muyocopron ficinum (24.5%), Phaeobotryon mamani (5%), and Verrucaria sp. (3.3%) were recorded as dominant. All 78 identified species were submitted to NCBI and received accession numbers (PQ536616 to PQ589733). This study highlights the crucial role of fungal communities in influencing soil dynamics within forest ecosystem. The dominance of specific fungal taxa is likely to enhance nutrient cycling and soil structure and playing a crucial role in mitigating soil erosion, which is essential for maintaining the stability of ecosystem.

The role of individual fungal species focusing on the functional role of these fungal communities across different environmental contexts gains deeper understanding of their potency in ecosystem management and restoration.

Keywords: Fungal Diversity, ITS, rRNA, QIIME2, NCBI, Asterostroma sp.

THE ROLE OF AI IN PROMOTING EQUITABLE ACCESS TO CLEAN WATER IN RURAL COMMUNITIES

Ayesha Batool
Department of Rural Sociology

Arif Gull
Islamia University

Dr. Farkhanda Anjum
Department of Rural Sociology

Hafsa Naeem
Department of Biochemistry

Rimsha Anwar
National Institute of Food Science & Technology

Zainab Fatima
Institute of Soil and Environmental Sciences, University of Agriculture

Abstract
Access to clean water is a significant challenge for rural communities around the globe, worsened by environmental, infrastructural, and socio-economic obstacles. This review examines how Artificial Intelligence (AI) is transforming water management systems to provide fair access to safe drinking water. Innovations driven by AI, such as predictive analytics, smart sensors, and automated water distribution systems, present sustainable solutions for resource allocation, contamination detection, and effective infrastructure maintenance. Rural regions frequently face water scarcity due to climate change, inadequate governance, and inefficient water distribution systems. AI-based forecasting models can predict drought patterns, optimize water usage, and minimize waste by analyzing real-time data. Machine learning algorithms combined with remote sensing technologies improve groundwater monitoring and help identify contamination risks before they develop into public health issues. Furthermore, AI-driven automation in water treatment facilities enhances efficiency, alleviating pressure on underdeveloped infrastructure. However, challenges like the digital divide, high implementation costs, and data privacy concerns impede the adoption of AI in rural areas. Overcoming these obstacles requires collaborative efforts from governments, the private sector, and local communities to promote AI-driven water management policies. This study highlights the importance of inclusive AI frameworks that focus on marginalized populations, ensuring that technological progress contributes to social equity. By harnessing AI's potential, rural communities can secure sustainable and equitable access to clean water, reducing health disparities and fostering economic resilience. Future research should aim at developing scalable AI solutions that are both cost-effective and adaptable to various geographical and socio-economic contexts.
Keywords: Artificial Intelligence (AI), Clean Water Access, Rural Communities, Water Management

DOMESTICATION EFFECTS ON THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF *THYMUS* ESSENTIAL OILS IN MOROCCO

Aabdousse Jamal
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal Higher School of Technology Fkih Ben Salah, Sultan Moulay Slimane University
ORCID: 0000-0002-9385-3429

Boulli Abdelali
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Wahid Nadya
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Oussif Ilis
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Salim Nora
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Ikram Elbezyouy
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Abstract
The genus *Thymus* comprises aromatic and medicinal plants characterized by a high degree of endemism in North Africa and the Iberian Peninsula. Among these, *Thymus maroccanus* Ball, endemic to Morocco, and *Thymus zygis* L. subsp. *gracilis*, endemic to Morocco and the Iberian Peninsula, are of particular interest. These taxa have long been exploited for their ethnopharmacological applications, culinary uses, and essential oils with recognized antiseptic and disinfectant properties. However, the increasing demand for these resources has resulted in intensive harvesting, thereby threatening the sustainability of wild populations.
In this context, the present study assessed the effects of domestication on the yield, chemical profile, and biological activity of *Thymus* essential oils. Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analyses revealed high concentrations of major bioactive constituents, notably Carvacrol (1.69–66.77%), Thymol (0.48–34.92%), o-Cymene (5.44–24.98%), and γ-Terpinene (8.66–19.21%). Aromatogram assays further demonstrated that essential oils derived from domesticated plants exhibited enhanced antibacterial activity relative to their wild counterparts.

Overall, the results indicate that domestication exerts a significant influence on the phytochemical composition and biological efficacy of *Thymus* essential oils. Beyond improving their pharmacological potential, domestication constitutes a sustainable alternative to the overexploitation of natural populations and represents a strategic approach for the conservation, valorization, and large-scale utilization of aromatic and medicinal plants.

Keywords: *Thymus*, Domestication, essential oil, yield, chemical composition, antibacterial activity, Morocco.

EFFECT OF PLANTING TIME AND NITROGEN DOSE ON GROWTH AND YIELD OF CABBAGE

Musfiqur Rahman
Department of Crop Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Rajshahi

Dr. Md. Abdul Baree
Department of Crop Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Rajshahi

Bhowmik Shimu
Department of Crop Science and Technology, Faculty of agriculture, University of Rajshahi

Akhi Khatun
Department of Crop Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Rajshahi

ABSTRACT

A field experiment was carried out at Horticulture Farm of the Department of Crop Science and Technology, University of Rajshahi, during the period from November 2018 to February 2019. The experiment consisted of two factors: Factor A: Planting time (three levels) as T1= 10 November; T2= 25 November and T3= 10 December and Factor B: Nitrogen (four levels) as No= 0 kg per ha (control); N1=180 kg per ha; N2= 240 kg per ha and N3= 300 kg per ha nitrogen, respectively. The two factors experiment were laid out in Randomized Complete Block Design with three replications. The variety of cabbage was Atlas-70. Due to different planting time, the maximum thickness of head (14.5 cm) and the highest marketable yield (46.5 ton per ha) was obtained from T2 and the minimum thickness of head (13.2 cm) and the lowest marketable yield (40.01 ton per ha) was obtained from T3. For nitrogen, the maximum thickness of head (15.4 cm) and the highest marketable yield (50.06 ton per ha) was found from N2 and the minimum thickness of head (12.4 cm) and the lowest marketable yield (37.5 ton per ha) were found from No. For combined effect, the maximum thickness of head(16.4 cm) and the highest marketable yield (51.7 ton per ha) were found from T2N2 and the minimum thickness of head (11.5 cm) and the lowest marketable yield (34.04 ton per ha) were found from T3No.Economic analysis revealed that T2N2 gave the maximum benefit cost ratio (2.33). So, 25 November planting along with 240 kg per ha nitrogen was the best for growth and yield of cabbage.

COMPARATIVE DOCKING AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF SULTR3–NLP INTERACTIONS REVEAL HYDROPHOBIC DOMINANCE IN SULFUR–NITRATE CROSSTALK REGULATION

Yalpi Karthik
Ciencias Agrogenómicas, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Kalpana Nanjareddy
Ciencias Agrogenómicas, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
The University of Trans-Disciplinary Health Sciences and Technology (TDU)

Pavithra Narendran
Environmental, Ecological and Agro-industrial Engineering Laboratory, Department of Life Sciences, Faculty of Sciences and Techniques, Sulatn Moulay Slimane University Beni Mellal

Manojkumar Arthikala
Ciencias Agrogenómicas, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
The University of Trans-Disciplinary Health Sciences and Technology (TDU)

Abstract
Sulfur and nitrogen metabolism in plants are tightly co-regulated at transcriptional and biochemical levels, yet the molecular interface linking both pathways is incompletely defined. NIN-like protein family (NLP1–NLP7) is a major transcriptional activator of nitrate responses, whereas sulfate transporter 3 (SULTR3) governs intracellular and inter-organ sulfate partitioning. Here, we used comparative molecular docking to elucidate potential protein–protein interactions between SULTR3 and NLP1–NLP7, analyzing four energetic paradigms — balanced, electrostatic, hydrophobic, and van der Waals + electrostatic (VdW+Elec). Across all paralogs, hydrophobic docking produced the deepest binding energy minima (−2550 to −2960 kcal mol^{-1}), accounting for > 75 % of the total stabilization energy. NLP3 (−2960 kcal mol^{-1}) and NLP7 (−2817 kcal mol^{-1}) formed the most stable complexes, followed by NLP4 and NLP5. Electrostatic energies (−1750 to −2050 kcal mol^{-1}) contributed orientation specificity, while VdW+Elec terms (−395 to −470 kcal mol^{-1}) refined steric complementarity. Structural mapping revealed hydrophobic clustering between SULTR3 trans-membrane helices (TMs 3–6) and PB1/RWP-RK domains of NLPs. Functionally, such hydrophobic complementarity could facilitate transient SULTR3–NLP signal assemblies linking sulfur transport with nitrate-regulated transcription. This integrative study provides the first quantitative evidence of hydrophobic dominance in sulfur–nitrogen crosstalk and offers a mechanistic foundation for nutrient-efficient crop engineering. This work was supported by UNAM Postdoctoral Program (POSDOC) to Y.K. The authors acknowledge UNAM-DGAPA-PASPA through a sabbatical grant to A.M-K & K.N.
Keywords: Hydrophobic interaction, molecular docking, NIN-like proteins, nutrient signaling, SULTR3, sulfur–nitrogen integration.

DETERMINATION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDE RESIDUES IN SOME AVAILABLE FRUITS SOLD IN KAURA NAMODA ZAMFARA STATE

MOMOH SHUAIBU
Department of Science Laboratory Technology, Federal Polytechnic Kaura Namoda

Abstract
In this study, organochlorine pesticide residues were analyzed from the selected fruits sold in Kaura Namoda, Zamfara state. Five common fruits, namely Banana, watermelon, guava, pineapple, and orange, were purchased from the central market. QuEChERS and GC-MS were used for the extraction and analysis, respectively. Twelve organochlorine standards were used, and the result shows that only Endosulfan I, with an average concentration of 0.0023 mg/kg, was determined in all the samples, while alpha lindines were found in the pineapple and watermelon with an average concentration of 0.0045mg/kg. Heptachlor, Aldrin, and DDE were not detected in the fruit samples. All the pesticides detected in the fruit sample are below the recommended maximum residual limit MRL of the WHO, except Endosulfan I, which is higher than the WHO-recommended MRL. Therefore, continued monitoring of pesticide residues will provide information for consumers on the level of fruit contamination.
Keyword: Organochlorine, Pesticide, Residues, Fruit, Kaura Namoda

COMMUNITY-BASED WATER MANAGEMENT: A STUDY ON SANTAL COMMUNITY IN RAJSHAHI DISTRICT

Anika Haque Biswas
Mphil Fellow, Institute of Education and Research, University of Rajshahi

Nazmul Hasan
Department of Social Work, University of Rajshahi

ABSTRACT
Bangladesh is one of the most climate vulnerable countries in the world, which frequently faces different types of climate extreme events—floods, cyclones, storm surges, and droughts etc. Rajshahi district, in particular, is a drought prone area in Bangladesh, which faces acute water scarcity. This study explores how Santal community face water crisis and manage their available water sources through community initiatives. Following qualitative method, this study used FGDs, KIIs and case studies to collect data from Santal community in Godagari Upazila of Rajshahi district. The study found that the Santal community has limited access to water sources, due to this, they have water crisis which significantly hampers their daily life activities (e.g., drinking, cooking and bathing). Considering these circumstances, they have taken some community-based water management initiatives for example, water reuse and recycling, water purification and rainwater harvesting. They face several challenges in managing water crisis such as lack of technological and financial support, and weak community ownership to managing existing sources. This study argues that Santal is structurally a vulnerable community due to poverty, less education, and isolation from the mainstream population. This study suggests that the Santal community needs institutional supports—logistic, technical and financial to enhance local capacity for harvesting rainwater, re-excavating canal, and managing existing water sources.
Keywords: Climate change, Drought, Water crisis, Community-based water management, Santal community.

INFLUENCE OF EXTENSION AND FORMAL EDUCATION ON INCOME OF RICE PROCESSORS IN BOSSO AND CHANCHAGA LOCAL GOVERNMENT AREA OF NIGER STATE, NIGERIA

Jibrin, S.
Dept. of Agricultural Extension and Rural Development

Ahmed, I. I.
Dept. of Agricultural Extension and Rural Development

Umaru, A[2].
Dept. of Agricultural Economics and Extension Services

Kolawole. N. T.
Dept. of Agricultural Extension and Rural Development

Egamana, M. N.
Dept. of Agricultural Extension and Rural Development

EZE, C. P.
Dept. of Agricultural Extension and Rural Development

ABSTRACT
This study examined the influence of extension and formal education on income of rice processors in Bosso and Chanchaga Local Government Area of Niger State. The study covered eight (8) extension cells in the study area, Four (4) from each of them. Data were collected by means of a structured questionnaire from a total of one hundred and forty-four (144) processors. The data collected were analysed using descriptive analysis (frequencies and Percentages and mean) and inferential (ordinary least square (OLS). Results revealed that half of (50.7%) rice processors had mean age of 42 years, mostly female (77.8%), married (81.3%) with secondary education (55%) and mean household size of 5persons. More so the result revealed that radio (50.7%), extension agent (34.0%) and mobile phone (20.1%) were the major sources of information on rice processing activities in the study area. Results of OLS revealed an R-squared of 81% and Prob > F was significant at 0.01 implying the entire model is fit the study. The coefficient of age (1114.508), processing experience (1147.203) agrochemical usage (24907.68), access to credit and extension contacts (8801.962) were positive and statistically significant at 1% probability level indicating that increase in any of this variable by one unit will increase the income of the rice processors. Based on findings of this study, it was recommended that financial institutions and government agencies should provide credit facilities with favourable terms for small-scale processors as the study found the access to credit in the study area was very low.
Keywords: Influence, extension education, Formal education, Rice Processors and Income

COST-BENEFIT ANALYSIS OF DIETARY SUPPLEMENT USE IN PREVENTIVE HEALTHCARE ACROSS DEVELOPED AND EMERGING ECONOMIES

Mohit Kumar
Department of Commerce, M.D. University
ORCID ID: 0009-0008-1686-1645

Kajal Antil
Department of Commerce, M.D. University
ORCID: 0009-0000-2648-059X

Abstract
This paper explores the economic and public health value of using dietary supplements as a preventive strategy in both developed and emerging economies. Supplements like calcium, vitamin D, omega-3 fatty acids, and comprehensive nutrient blends are increasingly used to help lower the risk and impact of chronic diseases, including osteoporosis, heart disease, and malnutrition. By reviewing recent economic studies and clinical outcomes, the research estimates both the direct healthcare savings from fewer hospitalizations and the wider advantages—such as better quality of life and greater workplace productivity—that supplements deliver. Evidence from developed countries indicates that adoption of supplements, particularly calcium and vitamin D, can save healthcare systems billions by reducing the number and severity of osteoporotic fractures. Likewise, omega-3 supplementation offers a cost-effective way to prevent serious heart issues in populations at risk. Emerging economies, facing widespread nutrient deficiencies and access challenges, stand to gain even more, as preventive supplement use can dramatically cut medical costs and improve public health outcomes. Nevertheless, the real-world benefits depend on factors such as how consistently people take supplements, health education levels, and how well distribution networks function. This analysis also points out ongoing hurdles, including the need for clear safety regulations, better public awareness, and integration of supplements within primary care to unlock their full cost-saving potential. In closing, this paper provides practical policy recommendations to maximize both the health and economic outcomes of dietary supplement use, emphasizing that preventive nutrition should be a key strategy for reducing long-term pressure on healthcare systems worldwide. The research offers useful guidance to health leaders, clinicians, and funders on optimizing the role of supplements in global preventive healthcare.
Keywords: Dietary supplements, preventive healthcare, cost-benefit analysis, health economics, developed economies, emerging economies, public health, nutrition policy,

ECONOMIC AND AGRONOMIC DIVERS OF ONION (Allium cepa) PRODUCTIVITY IN BANGLADESH

RIFAT UDDIN
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0005-3046-6906

Mizanur Rahman
Department Fisheries, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0000-7994-1513

Most. Mokarroma
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0001-8350-0670

Nishat Farzana Tasnim
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0000-5013-0864

Kazi Samia Rashid
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0004-9367-3809

Morshedul Kadir Masum
Department crop science and technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0009-0779-285X

Tinni saha
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0001-0580-234X

Sadia Islam Swarna
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0090-0059-3659-051

Sozon Ali
Department Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0008-2433-8352

Ashik Ali
Department: Crop Science and Technology, University of Rajshahi
ORCID: 0009-0001-0044-4870

Abstract
Onion (Allium cepa), a key cash crop in Bangladesh, supports household income and market stability but faces persistent agronomic and economic constraints. This study examined cultivation practices, storage methods, extension support, and farmer perceptions, with attention to the cost and profitability dimensions of onion farming. Data were collected from 67 farmers through a structured questionnaire and analyzed to identify key patterns.

Results showed that onion was mainly grown in sandy-loam soils (50.8%) and clay soils (26.9%). Traditional storage dominated (95.5%), leading to substantial post-harvest losses that increased production costs and reduced net income. Farmers emphasized the need for modern training (49.3%), improved seed varieties, irrigation development, and loan facilities as essential supports to reduce risk and improve profitability. Good seed (46.3%) and high-yielding varieties (19.4%) were reported as critical for yield and income gains, alongside organic fertilizer use. Extension officers were the primary source of advisory services, reaching 80.6% of respondents. However, farmers noted that limited access to credit and volatile market prices constrained their ability to invest in improved practices. Overall, the findings underscore that strengthening farmer capacity, expanding access to quality seed and affordable credit, and promoting improved storage innovations are essential for raising productivity and stabilizing farmer incomes. Such measures can reduce reliance on onion imports, enhance profitability, and support the long-term sustainability of the onion sector in Bangladesh.

Keywords: Onion production, Cost and profitability, Market access, Farmer capacity, Bangladesh

ON THE MALAWIAN ECONOMY AND THE INCREASING OCCURRENCE OF NATURAL HAZARDS – IS THERE EXIT FROM THE CHRONIC HUMANITARIAN CRISIS

Andrey POPATANASOV
Institute of Neurobiology, Bulgarian Academy of Sciences
ORCID: 0000-0002-1139-4960

Wendy De SHONG-NEUHALFEN
NDS - NEW DIRECTION SERVICES

Abstract
Globally according to the UN criteria in the last UN report for the least developed countries from 2024 were recognized 45 ones. From this deplorable club 32 countries are located on the African continent thus making it global leader in the economic underdevelopment. When comparing them on global scale the top 10 of least developed countries originate from Africa and Malawi scores at 3rd place locally and 4th place worldwide. In the precolonial era Malawian land and its ingenuous people were blessed with natural resources and picturesque beauty providing them with good level of wellbeing and self-sufficiency.
However, this idyllic times became part of the past with the invasion, conquest and exploitation by the West Europeans, who abruptly confiscated and alienated the land and many of the resources of the ingenuous people and directly or indirectly forced many of them to work cheaply in the newly formed large scale plantations and other colonialist's enterprises thus efficiently impeding their economical prosperity and overall wellbeing.
Nowadays Malawians still impacted by the deplorable colonial heritage with its long-lasting effects on the societal and economical structure and functionality have to combat another debilitating chain of burdens in the face of the increasing occurrence of the environmental and biological hazards with the progress of the irreversible climate changes and globalization.
The authors of this work try to explore and summarize how colonialism's legacy and the increasing occurrence of natural hazards have affected Malawi's already fragile economy. They also discuss about the perspectives to develop more hazard's resilient economy and hopefully look at the possibilities how to exit the seemingly "magic circle" of nationwide chronic poverty and crises.
Keywords: Malawi, Malawian economy, Poverty, Food insecurity, Colonialism, Natural hazard, Climate changes, HIV/AIDS epidemic.

THE BUHARINOMICS LEGACY ON THE HOOF: RISING GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM NIGERIA'S LIVESTOCK SECTOR AND THE PATH TO MITIGATION

Sadiq, Mohammed Sanusi
Department of Agricultural Economics and Agribusiness
ORCID: 0000-0003-4336-5723

Singh, Invinder Paul
Department of Agricultural Economics
ORCID: 0000-0002-1886-5956

Ahmad, Muhammad Makarfi
Department of Agricultural Economics and Extension
ORCID: 0000-0003-4565-0683

Sani, Bashir Sanyinna
Department of Agricultural Economics and Agribusiness
ORCID: 0000-0001-7773-3796

Abstract
The livestock sector is a critical component of Nigeria's agricultural economy but a significant source of greenhouse gas (GHG) emissions, primarily methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). This study provides a comprehensive analysis of the trends and structure of these emissions during the Buharinomics era (2015-2022), a period defined by policies aimed at agricultural expansion and self-sufficiency. Utilizing secondary data on livestock populations and applying IPCC methodological frameworks, the study quantified emissions from key livestock categories, including cattle, sheep and goats, poultry, and swine. The results reveal a consistent and significant upward trajectory in the sector's carbon footprint, with total GHG emissions increasing by 13.6% over the eight-year period. The emission profile is overwhelmingly dominated by CH_4 from enteric fermentation, accounting for an average of 94.43% of total emissions. Cattle and small ruminants were identified as the primary sources, jointly responsible for over 95% of the total emission burden. While the period saw explosive growth in the poultry sector, the analysis indicates that national policies successfully stimulated herd expansion but failed to implement commensurate climate-smart practices, resulting in a coupled growth of animal stocks and emissions. The study concludes that the Buharinomics approach prioritized extensive production over sustainable intensification, leading to an increase in emission intensity. The findings underscore an urgent need for policy coherence that integrates explicit GHG mitigation targets into national agricultural development strategies, such as the National Livestock Transformation Plan, through improved feed management, manure processing, and incentives for productivity gains to decouple livestock sector growth from its environmental impact.
Keywords: Agriculture, Climate change, Emissions, Livestock, Reforms, Sustainability, Nigeria.

1.0. Introduction

1.1. Background of the Study

The global agricultural sector stands at a critical juncture, tasked with the dual challenge of ensuring food security for a growing population while mitigating its significant environmental footprint. Within this sector, livestock production is a vital component of food systems, livelihoods, and economies worldwide, particularly in developing nations. In Nigeria, Africa's most populous country, livestock rearing—encompassing cattle, sheep, goats, poultry, and swine—is an integral part of the agricultural economy, contributing approximately 17% to the Agricultural GDP and providing income and nutritional security for millions of households, from pastoralist communities to commercial farmers (Tyohen & Mbakpenev, 2023).

However, this essential sector is also a major source of anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions, primarily methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O). Methane is predominantly generated through enteric fermentation in the digestive systems of ruminants like cattle, sheep, and goats, while nitrous oxide is largely emitted from the management and application of manure (Gerber *et al*., 2013). The global warming potential of these gases is profound; over a 100-year period, CH_4 is 28 times and N_2O is 265 times more potent than carbon dioxide (CO_2) (IPCC, 2019). Consequently, understanding and quantifying livestock emissions is imperative for national climate action plans and sustainable development strategies.

The period from 2014 to 2022 in Nigeria, broadly characterized by the economic policies of President Muhammadu Buhari's administration ("Buharinomics"), witnessed significant shifts in the nation's agricultural landscape. Key policies, such as the Anchor Borrowers' Programme and restrictions on food imports, were implemented to boost domestic production and achieve self-sufficiency. This era also saw the formulation of the National Livestock Transformation Plan (NLTP), aimed at addressing productivity challenges and farmer-herder conflicts. Against this backdrop of policy-driven agricultural expansion and transformation, it becomes crucial to assess the environmental outcomes, specifically the trajectory of GHG emissions from the livestock sector. This study focuses on this precise period, analyzing the trends, composition, and sources of livestock-derived CH_4 and N_2O emissions under the Buharinomics policy framework.

1.2. Problem Statement

Despite the critical role of livestock in Nigeria's economy and food security, its growth has been largely extensive, relying on increasing animal numbers rather than enhancing productivity per animal. This expansion model carries a heavy environmental price, notably through the release of potent GHGs that contribute to climate change. While the international community, including Nigeria through its Nationally Determined Contributions (NDCs) under the Paris Agreement, has committed to mitigating climate change, there remains a significant gap in policy-relevant, temporally-specific data on emission sources.

The problem, therefore, is threefold:

1. **Lack of Policy-Integrated Emission Assessment:** There is an insufficient understanding of how specific national economic and agricultural policies, such as those enacted under Buharinomics, have directly influenced the emission profile of the livestock sector. The impact of this distinct policy era on the sector's environmental footprint has not been comprehensively evaluated.
2. **Persistent Rise in Emissions:** Preliminary data and regional studies suggest a continuous increase in Nigeria's livestock population, which logically implies a concurrent rise in GHG emissions.

3. However, the precise rate, composition (CH_4 vs. N_2O), and species-specific contributions throughout the 2014-2022 period have not been systematically documented and analyzed to identify the key drivers and hotspots.
4. **The Efficiency Gap:** The sector's low productivity, characterized by low off-take rates, poor feed quality, and extensive management systems, suggests high emission intensity—that is, a high level of emissions per unit of meat, milk, or eggs produced. This inefficiency not only exacerbates the environmental impact but also undermines the sector's long-term sustainability and resilience to climate change.

This study addresses these gaps by conducting a detailed analysis of Nigerian livestock GHG emissions from 2014 to 2022, thereby investigating the environmental consequences of livestock sector development during the Buharinomics era.

1.3. Justification for the Study

The imperative for this research is grounded in its significant contributions to academic knowledge, national policy, and global environmental commitments.

- **Informing National Climate Policy and NDCs:** Nigeria's NDCs outline its commitment to reducing GHG emissions. The livestock sector is a notable contributor, yet targeted mitigation strategies are often hampered by a lack of granular data. This study provides a crucial, time-bound evidence base that can inform the development of specific, measurable, and achievable mitigation targets for the agricultural sector in subsequent NDC revisions and national climate policies like the National Climate Change Policy and Action Plan.
- **Guiding Sustainable Agricultural Policy:** The findings of this research offer critical insights for policymakers in the Ministry of Agriculture and Rural Development and related agencies. By identifying the largest emission sources (e.g., cattle and small ruminants) and the primary processes (enteric fermentation vs. manure management), the study enables the prioritization of interventions. It can guide the implementation of the National Livestock Transformation Plan towards more climate-smart pathways, promoting practices that enhance productivity while reducing emission intensity.
- **Academic Contribution:** This research adds to the growing body of literature on agricultural emissions in West Africa. It provides a detailed, multi-year, species-specific dataset for Nigeria, which can serve as a benchmark for future studies and meta-analyses. It also contributes to the discourse on the trade-offs between agricultural development and environmental sustainability in a developing world context.
- **Economic and Food Security Implications:** By highlighting the inefficiencies in the current production system, the study makes a case for sustainable intensification. Improving feed efficiency and animal productivity not only reduces emissions per unit of output but also lowers production costs, increases farmers' incomes, and enhances overall food security—a core tenet of the Buharinomics agricultural agenda.
- **Fulfilling Global Reporting Obligations:** Accurate national GHG inventories are a requirement under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). This study supports Nigeria's capacity to report on its agricultural emissions more accurately and transparently.
-

1.4. Research Objectives

The primary aim of this study is to comprehensively analyze the trends and structure of greenhouse gas emissions from the Nigerian livestock sector during the Buharinomics period. To achieve this aim, the following specific objectives are formulated:

1. To quantify the absolute emissions and annual growth trends of methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), and total GHG emissions from the Nigerian livestock sector.
2. To determine the relative contribution (percentage share) of different livestock categories to the total national livestock GHG emissions, methane emissions, and nitrous oxide emissions.
3. To analyze the composition of total livestock emissions by gas type (CH_4 vs. N_2O) and assess the trends in the share of each gas over the study period.
4. To discuss the findings in the context of Nigeria's national policies under Buharinomics and existing scientific literature, and to derive implications for climate-smart livestock policy and future research.

By fulfilling these objectives, this study will provide a holistic and actionable understanding of the environmental dimensions of Nigeria's livestock sector during a defining period of its economic history.

2.0. Literature Review

2.1. Theoretical Framework

To comprehensively analyze the greenhouse gas (GHG) emissions from Nigeria's livestock sector under Buharinomics, this study is anchored in a multi-dimensional theoretical framework. This framework integrates concepts from environmental economics, political ecology, and innovation studies to provide a holistic lens for interpreting the data and understanding the underlying drivers, policy contexts, and potential pathways for mitigation. It moves beyond a mere accounting of emissions to explain the "why" behind the observed trends.

1. The Environmental Kuznets Curve (EKC) and the Livestock Development Pathway

A foundational concept for this study is the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis, which postulates an inverted U-shaped relationship between economic development and environmental degradation. In the initial stages of economic growth, environmental impacts increase; however, after a certain income threshold is reached, societies begin to prioritize and invest in environmental protection, leading to a decline in degradation (Grossman & Krueger, 1995). Applying this to the livestock sector, one can conceptualize a "Livestock Development Pathway" (Gerber *et al*., 2013).

In the early, extensive growth phase—characteristic of many developing countries—increases in production are achieved primarily through expanding animal numbers, leading to a proportional rise in GHG emissions, as seen in the Nigerian data from 2015-2022. The policies of Buharinomics, which focused on agricultural expansion and self-sufficiency, can be seen as reinforcing this phase. The EKC framework raises a critical question for Nigeria: is the country poised to transition to an intensification phase, where emission intensities (emissions per unit of product) decline through technological adoption and efficiency gains? The consistent annual increase in absolute emissions suggests this transition has not yet occurred, a finding consistent with studies across Sub-Saharan Africa that question the universal applicability of the EKC in the context of agricultural emissions (Khan & Bin, 2020). This study, therefore, uses the EKC as a heuristic device to situate Nigeria's livestock sector on its development trajectory and to critique the growth-centric model under Buharinomics.

2. Decoupling Theory and the Imperative for Sustainable Intensification

Closely related to the EKC is the concept of "decoupling," a theoretical pillar championed by the United Nations Environment Programme (UNEP) in its resource efficiency agenda. Decoupling refers to the ability of an economy to grow without a corresponding increase in environmental pressure (UNEP, 2011). In the context of this research, the relevant concept is *impact decoupling*—specifically, delinking the growth of the livestock sector (in terms of output and economic contribution) from the growth of its GHG emissions.

The data presented reveals a state of coupling under Buharinomics, where rising animal stocks and total emissions moved in lockstep. The theoretical framework of decoupling pushes the analysis to investigate the conditions necessary for a transition. This involves a shift from *extensive* production (more animals) to *sustainable intensification* (more output per animal with lower environmental impact). This theory directly informs the discussion on mitigation strategies, pointing to the need for practices that break the link between population growth and emission growth. As advocated by the Food and Agriculture Organization (FAO), achieving this in the livestock sector requires integrated approaches that improve animal genetics, feed efficiency, and manure management—interventions that were not deployed at a scale sufficient to alter the national emission trajectory during the study period.

3. Policy Feedback Theory and the Lock-in of Existing Systems

To understand why certain emission-intensive pathways persist, this study draws on Policy Feedback Theory from political science. This theory posits that existing policies create constituencies, institutions, and norms that shape the political possibilities for future reform (Pierson, 1993). The agricultural policies of the Buharinomics era, such as the Anchor Borrowers' Programme, while aimed at boosting production, can be analyzed as creating a "policy feedback" that reinforces the extensive livestock system.

By supporting input access and financing without stringent environmental conditionalities, these policies entrenched the existing practices of smallholder and pastoralist communities, making a shift towards more technologically advanced, climate-smart practices more difficult. They created a form of carbon lock-in, a concept from innovation studies where socio-technical systems become resistant to change due to entrenched infrastructure, regulations, and user practices (Unruh, 2000). The theoretical lens of policy feedback helps explain the inertia observed in the emission data: even with the stated intentions of the National Livestock Transformation Plan (NLTP), the pre-existing policy landscape and its associated political economy created significant path dependency, locking the sector into a high-emission development model.

4. The Polluter Pays Principle and the Challenge of Environmental Externalities

From environmental economics, this study employs the Polluter Pays Principle (PPP), which asserts that those who produce pollution should bear the costs of managing it to prevent damage to human health or the environment (Borowy, 2017). Livestock GHG emissions represent a classic negative externality—a cost of production (climate change) that is not reflected in the market price of meat, milk, or eggs. The Nigerian livestock sector, like many globally, has largely operated external to the PPP.

The theoretical application of the PPP frames the rising emissions under Buharinomics as a massive, unaccounted-for economic and social cost. The absence of carbon pricing, environmental taxes, or stringent regulations on manure management meant that livestock producers had no financial incentive to invest in mitigation technologies.

This analysis, guided by the PPP, strengthens the justification for policy interventions that internalize these externalities, whether through market-based instruments or regulatory standards, to create a economic signal for emission reduction.

5. The Sustainable Livelihoods Approach (SLA)

Finally, to ensure a nuanced and equitable analysis, this study incorporates the Sustainable Livelihoods Approach (SLA). The SLA emphasizes that people's livelihoods are built upon a portfolio of five types of capital: human, social, natural, physical, and financial (Scoones, 1998). For millions of Nigerians, livestock represent a critical asset within this portfolio.

A purely environmental perspective that advocates for drastic herd reduction without considering these livelihood dimensions is ethically and practically untenable. The SLA provides a theoretical counterbalance, forcing the analysis to consider the trade-offs. The growth in livestock populations under Buharinomics can be interpreted, through the SLA lens, as an attempt to bolster the financial and natural capital (as a store of wealth) of rural households. Therefore, any proposed mitigation strategy must be evaluated not only on its emission reduction potential but also on its impact on the multidimensional livelihoods of the poor. This aligns with the concept of climate justice, ensuring that the burden of addressing climate change does not fall disproportionately on vulnerable populations who contribute least to the problem in per capita terms.

In synthesis, this multi-theoretical framework allows for a rich, layered interpretation of the emission data. It positions the Nigerian case within broader economic development theories (EKC, Decoupling), explains the political and policy inertia (Policy Feedback, Carbon Lock-in), evaluates the economic distortions (Polluter Pays Principle), and centers the human dimension (Sustainable Livelihoods). Together, these theories provide a robust foundation for discussing the results and formulating socially just and politically feasible policy recommendations.

2.2 Conceptual Framework

The conceptual framework for this study, illustrated in the diagram below, maps the complex interplay between the drivers, the livestock production system, the resulting greenhouse gas emissions, and their subsequent impacts and potential mitigation responses. It provides a structured pathway for understanding the cause-and-effect relationships central to this research.

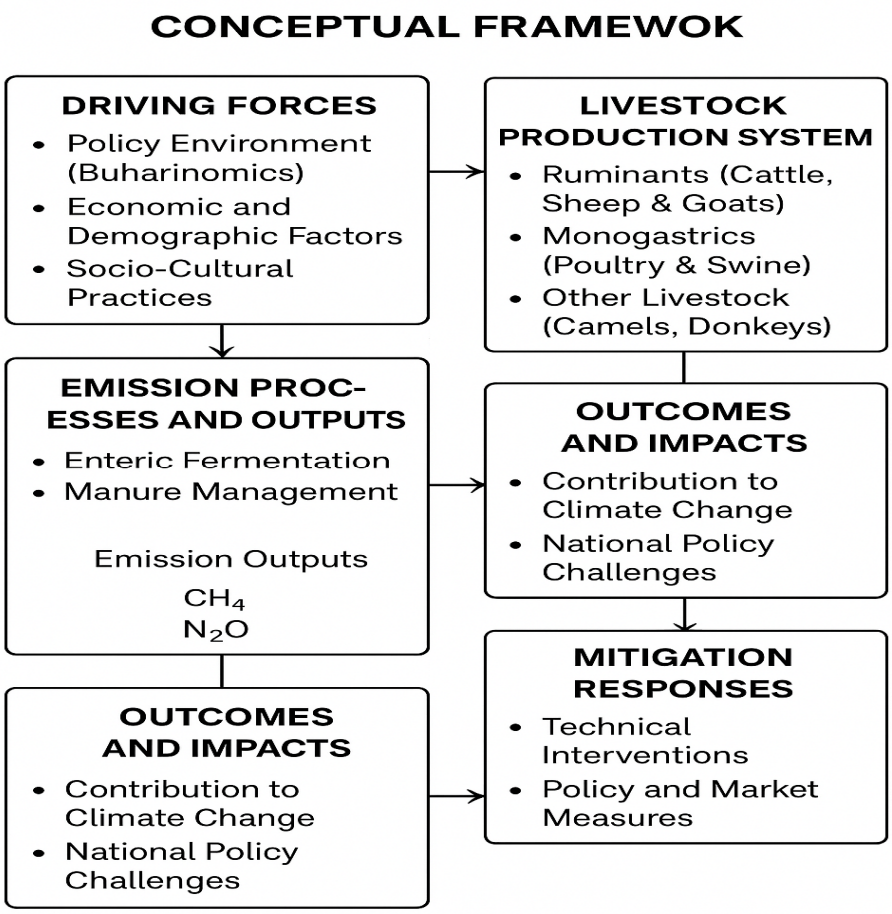


Figure 1: Conceptual framework

Explanation of the Framework Components:

1. Driving Forces (Inputs): This component represents the fundamental factors that shape the structure and scale of the Nigerian livestock sector. They are the exogenous variables that drive the entire system.

- **Policy Environment (Buharinomics):** This is a central driver in this study. It includes specific policies like the Anchor Borrowers' Programme, import restrictions, and the National Livestock Transformation Plan (NLTP). These policies directly influence production goals, herd size, and the direction of agricultural investments, often prioritizing production expansion over environmental efficiency.
- **Economic and Demographic Factors:** This includes population growth, urbanization, and rising incomes, which increase the demand for animal protein. It also encompasses market structures, access to credit, and input costs, which determine the economic viability of different production systems.
- **Socio-Cultural Practices:** This involves traditional pastoralism, the cultural significance of livestock as a store of wealth, and consumption patterns. These factors influence herd composition, management practices, and the resistance or openness to adopting new technologies.

2. The Livestock Production System: This is the core unit of analysis, transformed by the driving forces. The system is categorized by species, which is critical because different animals have vastly different emission profiles.

- **Ruminants (Cattle, Sheep & Goats):** These are the primary sources of methane (CH_4) due to enteric fermentation. Their extensive management under prevailing systems defines the sector's baseline emissions.
- **Monogastrics (Poultry & Swine):** These are significant for nitrous oxide (N_2O) emissions from manure management. The rapid growth of these sectors, especially poultry, represents a shift in the structure of the system.
- **Other Livestock (Camels, Donkeys):** While minor in terms of emission share, they complete the picture of the national herd and its diverse functions.

3. Emission Processes and Outputs: This component details the biological and managerial processes within the production system that lead to GHG emissions.

- **Enteric Fermentation:** A natural digestive process in ruminants that produces methane (CH_4) as a by-product. This is the single largest source of livestock emissions in Nigeria.
- **Manure Management:** The way manure is stored, handled, and applied to land can lead to the release of both methane (under anaerobic conditions) and nitrous oxide (during nitrification and denitrification).
- **Emission Outputs:** The culmination of these processes is the release of methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) into the atmosphere. The framework posits that the scale and composition of the production system (Component 2) directly determine the quantity and type of these emissions.

4. Outcomes and Impacts: This component captures the consequences of the emission outputs.

- **Contribution to Climate Change:** The released GHGs contribute to national and global anthropogenic warming, with associated environmental and social risks.
- **National Policy Challenges:** The rising emissions create a conflict with Nigeria's international climate commitments (NDCs) and domestic environmental goals, highlighting a policy failure to reconcile agricultural development with sustainability.

5. Mitigation Responses (Feedback Loop): In response to the impacts, a suite of technical, managerial, and policy interventions can be deployed. These responses form a critical feedback loop aimed at influencing the production system and emission processes.

- **Technical Interventions:** These are on-farm practices and technologies, such as improved feed additives, enhanced breeding for productivity, and better manure management systems (e.g., biogas digesters), which directly target the emission processes.
- **Policy and Market Measures:** These include broader interventions like carbon pricing, environmental subsidies for climate-smart practices, integrating mitigation into the NLTP, and consumer education. These aim to alter the economic and regulatory context (Driving Forces) to make sustainable production more attractive.

Synthesis of the Framework's Logic

The conceptual framework illustrates that the Driving Forces (like Buharinomics policies) shape the Livestock Production System (e.g., leading to larger herds). This system, through its inherent Emission Processes, generates a quantifiable Output of GHGs. These emissions lead to negative Impacts (climate change, policy dilemmas), which in turn necessitate Mitigation Responses. The effectiveness of these responses is determined by their ability to feedback and alter the original production practices and the overarching driving forces.

This framework therefore guides the entire analysis: from describing the trends in the production system and emissions (Objectives 1-3) to discussing the policy context and implications (Objective 4) in a logically interconnected manner.

2.3 Empirical Review

This section reviews existing empirical studies on livestock greenhouse gas (GHG) emissions, focusing on research conducted in Nigeria and the broader West African region. The purpose is to contextualize the findings of the current study within the established body of knowledge, highlighting points of convergence and divergence, and identifying the unique contributions of this analysis of the Buharinomics era.

2.3.1 Empirical Evidence on National and Regional Livestock Emission Trends

Globally, the contribution of the livestock sector to anthropogenic GHG emissions is well-documented. The landmark study by Gerber *et al*. (2013) for the FAO provided a foundational empirical baseline, estimating that the global livestock sector contributes 14.5% of all anthropogenic GHG emissions. This study established that enteric fermentation from ruminants is the largest single source, accounting for about 39% of the sector's total emissions. The findings of the current study, which reveal that methane constitutes 94.43% of Nigeria's livestock emissions, overwhelmingly from cattle, sheep, and goats, strongly align with this global pattern, confirming that Nigeria's sector is characteristic of a ruminant-dominated, methane-intensive system.

Within Africa, empirical studies have consistently pointed to rising emissions due to growing animal populations. Opio *et al*. (2013), in a follow-up FAO report, found that enteric methane was the most important emission source in Africa, and that emission intensities were generally higher than global averages due to low productivity. This supports the observation in the current study that the extensive growth model under Buharinomics—evidenced by the steady increase in animal stocks—naturally led to higher absolute emissions. A more regionally-focused study by Adeyemi & Akinfala (2021) in North Central Nigeria estimated livestock emissions and found a significant annual increase, directly attributing it to a rising population of cattle and small ruminants. The current study corroborates this at a national scale, providing a more granular, year-on-year trend from 2014 to 2022 that solidifies this empirical claim.

2.3.2 Species-Specific Contributions and Emission Hotspots

The empirical literature consistently identifies cattle as the dominant source of livestock emissions in Sub-Saharan Africa. A study by Onyeneke *et al.* (2023) in Nigeria empirically quantified emissions by species and found that cattle contributed over 70% of the total CO_2-eq from the surveyed livestock. While the current study finds a lower share (around 48.75%), this discrepancy can be attributed to scale; Onyeneke *et al*.(2023) focused on a specific agro-ecological zone with potentially higher cattle density, whereas the present analysis is national, incorporating the significant and growing contributions from small ruminants. The critical finding from both studies, however, is the same: cattle are the single most important emission hotspot requiring targeted mitigation.

The significant role of small ruminants (sheep and goats) is also emerging in the empirical literature. Kannan (2025) highlighted the economic importance and rapidly growing population of small ruminants in West Africa. The current study provides the empirical emission data to match this demographic trend, showing that sheep and goats are not just economically important but also environmentally significant, contributing nearly as much as cattle to the national livestock emission inventory (46.92%). This finding nuances the existing narrative and calls for greater policy attention to small ruminants, not just cattle.

For monogastric species, the study by Bawa *et al.* (2023) on the Nigerian poultry sector empirically discussed the environmental impacts, noting that while direct emissions are low, the indirect emissions from feed production constitute a major, often unaccounted-for, carbon footprint. The current study's finding of a 65.6% explosion in direct poultry emissions under Buharinomics provides a crucial empirical baseline for the direct impact, which, when combined with the insights from Bawa *et al.*(2023), paints a more complete picture of the sector's growing environmental burden.

2.3.3 Methane versus Nitrous Oxide: Empirical Partitioning

The partitioning of emissions between CH_4 and N_2O has been empirically demonstrated to vary significantly by production system. The work of Oenema *et al.*(2005) established a strong empirical link between manure management practices and N_2O fluxes globally. This is reflected in the current study's data, where the N_2O share from swine (27.42%) is far higher than from ruminants (around 5.5%), an empirical finding that aligns perfectly with the scientific understanding that monogastric manure is a key N_2O source.

In the Nigerian context, a study by Dioha & Kumar (2020) in Africa empirically measured GHG fluxes from different farm types and found that livestock manure deposits were a significant point source of N_2O. This provides field-level validation for the national inventory data presented in the current study, which shows a consistently rising trend in N_2O emissions (1.98% average annual growth). The empirical evidence from both micro- and macro-level studies thus converges on the conclusion that manure management is an increasingly critical issue for the Nigerian livestock sector.

2.3.4 Policy and Socio-Economic Context

Empirical research on the interface of policy and livestock emissions in Nigeria is still nascent. However, studies have explored the broader socio-economic drivers. Kelechi, (2024) reviewed the National Livestock Transformation Plan (NLTP) and empirically identified implementation challenges, including funding gaps, farmer-herder conflicts, and inadequate technical support. The current study's findings can be seen as an environmental outcome of these implementation failures. The relentless rise in emissions under Buharinomics empirically demonstrates that the policy environment was unable to bend the emission curve downwards, likely due to the factors identified by Amole et al.

Furthermore, empirical work by Sakha & Gweyi-Onyango (2024) on the economic implications of climate-smart agriculture among livestock farmers found that adoption of practices like improved feeding was low due to high costs and limited access to information. This provides an empirical explanation for why the theoretical potential for decoupling (reducing emission intensity) was not realized during the study period, as shown by the coupled growth of stocks and emissions.

Gaps in the Empirical Literature and Contribution of this Study

This empirical review reveals several gaps that the current study fills:

1. **Temporal Specificity:** Many existing studies are snapshots in time or cover different periods. This study provides a continuous, year-by-year empirical analysis of a defined and policy-relevant period (2015-2022).
2. **Comprehensive Species Breakdown:** It offers a systematic, national-level empirical account of emissions across all major livestock categories (Camel, Cattle, Chicken, Donkey, Poultry, Sheep & Goat, Swine), allowing for a precise quantification of their relative shares.

3. **Policy-Linked Analysis:** It directly links emission trends to a specific national policy framework ("Buharinomics"), moving beyond technical emission accounting to a socio-political interpretation of the data.
4. **Updated Baseline:** It provides the most recent and comprehensive empirical baseline for Nigerian livestock emissions, against which the effectiveness of future policies and mitigation actions can be measured.

In conclusion, the empirical findings of this study largely reinforce the established understanding of livestock emissions in developing countries—that they are growing, ruminant-driven, and methane-dominated. However, it provides unprecedented detail and policy context, solidifying existing empirical knowledge with robust national data and highlighting the urgent need for effective governance to steer the sector towards a more sustainable future.

3.0. Research Methodology

This section outlines the methodological approach employed to quantify, analyze, and discuss the greenhouse gas (GHG) emissions from the Nigerian livestock sector from 2014 to 2022. The study adopted a quantitative, descriptive, and trend-analysis research design, utilizing secondary data and established international accounting protocols to ensure scientific rigor and reproducibility.

3.1. Research Design

This study employed a longitudinal trend analysis research design. This design is appropriate for investigating changes and patterns in variables over a specific period (Babbie, 2020). In this case, the variables were livestock populations, methane (CH_4) emissions, nitrous oxide (N_2O) emissions, and their respective shares, tracked annually across the eight-year period of the Buharinomics administration (2015-2022). This design allows for the observation of pre-existing trends without manipulation of variables, facilitating a robust description of the emission trajectory and its correlation with the prevailing policy environment.

3.2. Data Sources and Collection

The study relied exclusively on secondary data sourced from FAO statistics. The primary data source, as provided in the results section, is a comprehensive data set detailing livestock emissions in Nigeria. It is inferred that this data set was constructed using the following foundational sources:

1. **Livestock Population Data:** The annual stock numbers for different livestock categories (cattle, sheep, goats, poultry, etc.) are typically sourced from FAO statistics. In Nigeria, these are primarily compiled by the National Bureau of Statistics (NBS) and the Federal Ministry of Agriculture and Rural Development (FMARD) through surveys and projections.
2. **Emission Factors:** The conversion of animal population data into GHG emissions requires country-specific or default emission factors. The most authoritative source for these factors is the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). This study aligns with the IPCC's *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006) and its *2019 Refinement*, which provide Tier 1 methodological defaults for estimating emissions from enteric fermentation and manure management. The use of these internationally recognized protocols ensures the comparability of the Nigerian data with global and regional estimates.

The data collection method was therefore documentary analysis, involving the systematic retrieval and organization of pre-existing quantitative data from the aforementioned sources into a structured dataset for analysis.

3.3. Data Analysis Techniques

The collected data were analyzed using both descriptive and analytical statistics. The analysis was conducted using spreadsheet software (such as Microsoft Excel) capable of handling complex formulas and generating summary tables. The specific techniques included:

1. **Descriptive Statistics:** These were used to summarize the central tendency and variability of the data. This involved calculating:
   - **Means (Averages):** To determine the average annual emissions, stocks, and percentage shares across the study period for each livestock category and gas type.
   - **Totals:** To aggregate emissions and stocks for each year and category.
2. **Trend Analysis:** This was the core of the analytical process. It involved:
   - **Calculation of Annual Percentage Change:** The year-on-year growth rate for emissions and stocks was calculated using the formula:

$$[(\text{Value in Year}_t - \text{Value in Year}_{t-1}) / \text{Value in Year}_{t-1}] * 100 \quad \ldots\ldots (1)$$

This metric was crucial for understanding the pace of emission growth and identifying periods of acceleration or deceleration.
   - **Visual Inspection of Time-Series Data:** The tabulated data was examined for consistent upward or downward trends over the nine-year period.
3. **Compositional Analysis (Share Calculation):** To understand the structure of the livestock emission profile, the percentage contribution of each component was calculated.
   - **Species Contribution to Total Emissions:** (Total Emission from Species_i / Total Livestock Emission) * 100 …… (2)
   - **Gas Share in Total Emissions:** (Total CH_4 or N_2O Emission / Total Livestock Emission) * 100 …… (3)
   - **Species Contribution to Specific Gases:** (CH_4 or N_2O from Species_i / Total Livestock CH_4 or N_2O) * 100 …… (4)

These calculations were repeated for each year to track the evolution of the emission structure.

3.4. Analytical Framework

The processed data was interpreted within a structured analytical framework to move from mere description to meaningful discussion:

- **Emission Hotspot Identification:** The species and gases with the largest absolute contributions and growth rates were identified as priority areas for mitigation.
- **Policy Contextualization:** The observed trends were critically discussed in relation to the key agricultural and economic policies of the Buharinomics era (e.g., the Anchor Borrowers' Programme, the National Livestock Transformation Plan). The analysis questioned whether the data reflected a policy success (in production expansion) or a policy failure (in environmental sustainability).
- **Comparative Analysis with Literature:** The findings were consistently juxtaposed with previous empirical studies (as cited in the Empirical Review) to establish consistency, highlight novelties, or identify discrepancies.

3.5. Ethical Considerations

As the study utilized exclusively publicly and anonymously available secondary data on national statistics, it did not involve direct interaction with human or animal subjects. Therefore, issues of informed consent and confidentiality were not applicable. However, the research adhered to principles of academic integrity by:

- **Acknowledging Sources:** All data sources and methodological guides (e.g., FAO) are explicitly cited.

- **Transparency:** The methods of calculation are described in sufficient detail to allow for replication.
- **Objective Reporting:** The analysis strives to present the data objectively, avoiding misinterpretation to fit a preconceived narrative.

3.6. Limitations of the Methodology

While rigorous, the methodology has certain limitations:

1. **Dependence on Secondary Data:** The accuracy of the analysis is contingent on the accuracy and reliability of the underlying data from the FAO. Potential errors in livestock census data would propagate through the emission calculations.
2. **Use of IPCC Default Factors:** The study employs Tier 1 IPCC emission factors, which are generalized defaults. Country-specific (Tier 2 or 3) emission factors, which account for local variations in animal diet, weight, and management systems, would provide a more accurate estimate but require data that is often unavailable or incomplete for Nigeria.
3. **Attribution of Policy Impact:** The research design establishes correlation, not causation, between Buharinomics policies and emission trends. While a strong temporal association and logical link can be argued, other confounding factors (e.g., climate variability, international market prices, and insecurity) may have also influenced livestock populations and management practices during this period.

In conclusion, this methodology provides a transparent, systematic, and internationally aligned approach for assessing the GHG emissions from Nigeria's livestock sector. By combining quantitative trend analysis with qualitative policy discussion, it yields actionable insights for policymakers and contributes meaningfully to the scholarly discourse on agriculture and climate change in Nigeria.

4.0. Results and Discussion

4.1. Introduction to the Context and Overall Emission Trends

The agricultural sector is a cornerstone of the Nigerian economy, contributing significantly to employment and livelihoods. However, it is also a major source of greenhouse gas (GHG) emissions, primarily methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O), which have a global warming potential 28 and 265 times that of carbon dioxide (CO_2) over a 100-year period, respectively. The period from 2014 to 2022, coinciding with the administration of President Muhammadu Buhari, herein referred to as the "Buharinomics" era, was characterized by specific economic policies, population growth, and attempts at agricultural modernization. This section provides a comprehensive analysis of the trends, composition, and sources of livestock-derived GHG emissions during this pivotal period, drawing upon the detailed data provided and contextualizing it within the broader spectrum of national and international research.

The overarching trend from 2014 to 2022 reveals a consistent and significant increase in total livestock GHG emissions in Nigeria. As shown in Table 1, total emissions rose from 1,380.37 kt CO_2-eq in 2014 to 1,567.77 kt CO_2-eq in 2022, marking a 13.6% increase over the eight-year period. This represents an average annual growth rate of 1.60% in total emissions. This persistent upward trajectory aligns with the findings of the Food and Agriculture Organization (FAO), which has consistently highlighted Sub-Saharan Africa as a region with rapidly growing livestock emissions due to increasing demand for animal protein driven by population growth and urbanization. The annual percentage changes, which peaked at 1.72% in 2020, suggest that the sector's carbon footprint was expanding relentlessly, largely unchecked by mitigation strategies integrated into national agricultural policies.

The composition of these emissions is overwhelmingly dominated by methane (CH_4), which constituted an average of 94.43% of total livestock emissions throughout the period, while nitrous oxide (N_2O) accounted for the remaining 5.57% (Table 1). This predominance of methane is a classic feature of livestock emissions in developing countries with predominantly ruminant-based systems, such as Nigeria's. Methane is primarily produced through enteric fermentation in the digestive systems of ruminants like cattle, sheep, and goats. The near-constant share of CH_4 and N_2O over the years indicates a stable, yet inefficient, production system where changes in herd size and composition have a more significant impact on emission levels than changes in production efficiency or manure management practices that could alter the gas ratio.

This steady growth in emissions is a direct function of increasing animal stocks to meet the protein demands of a burgeoning population. Studies, such as those by Opio *et al*. (2013) in their comprehensive report for the FAO, have established a strong positive correlation between livestock population growth and GHG emissions in Africa. The data under Buharinomics provides a clear national case study confirming this global and regional pattern. The lack of a noticeable decline, even amidst global economic shifts and local policy changes, underscores the immense challenge of decoupling agricultural production from environmental impact in the absence of targeted, widespread intervention strategies focused on emission intensity reduction.

4.2. Species-Specific Contributions to Total Emissions

A disaggregated analysis of emissions by livestock category is crucial for identifying hotspots and prioritizing mitigation efforts. The data reveals a stark hierarchy in contributions, with cattle being the undisputed largest contributor, followed by sheep and goats.

4.2.1. Cattle: The Dominant Source

Cattle are the single most significant source of livestock emissions in Nigeria, contributing an average of 48.75% to the total livestock emission burden during the Buharinomics era (Table 9b). Although their percentage share showed a slight decreasing trend from 50.50% in 2014 to 46.68% in 2022, their absolute emissions grew from 698.76 kt to 734.97 kt. This paradox of a growing absolute contribution alongside a declining share indicates that while other sectors (like poultry) were growing faster in percentage terms, the cattle population remained the bedrock of the sector's emissions. The average annual emission from cattle was 714.59 kt, dwarfing all other categories.

This dominance is attributable to two primary factors: their large population size and their status as ruminants. Cattle have a high individual methane yield due to enteric fermentation. The steady increase in cattle stocks, from approximately 19.75 million in 2014 to 20.91 million in 2022 (Table 3), directly fueled this emission trend. Research by Onyeneke *et al*. (2023) in Nigeria corroborates this, identifying cattle as the leading emitter per livestock unit and highlighting the extensive grazing systems as a key driver. The manure management practices common in Nigeria, often involving pasture-based systems and simple storage, also contribute to the N_2O emissions from this sector, which averaged 31.67 kt annually. The slight decline in the relative share of cattle emissions could be attributed to the more rapid expansion of monogastric sectors like poultry, rather than any successful efficiency gains within the cattle industry itself.

4.2.2. Sheep and Goats: The Second Major Pillar

Small ruminants (sheep and goats) collectively represent the second-largest source of livestock GHG emissions, with an average contribution of 46.92% to the total (Table 9b). Their share actually increased from 45.25% in 2014 to 48.57% in 2022, while their absolute emissions surged from 626.09 kt to 764.77 kt—a 22.1% increase over the period. This category also exhibited the highest average annual growth rate in total emissions among the major ruminants at 2.54% (Table 7). The stock of sheep and goats grew from 113.24 million to 138.32 million, reflecting their crucial role in rural livelihoods as a source of readily liquidable assets and meat.

The high emissions from this sector are due to their vast numbers and, like cattle, their ruminant physiology. They are often managed in extensive systems with low productivity per animal, meaning more animals are required to produce a given amount of meat or milk, leading to higher aggregate emissions. A study by Bawa *et al*. (2023) emphasized the significant contribution of small ruminants to the agricultural economy and, by extension, its environmental footprint in West Africa. The increasing share of small ruminants in total emissions under Buharinomics suggests that their populations may have been growing at a faster rate than cattle, possibly due to their shorter gestation periods, lower capital requirements, and their perceived resilience to climate variations, making them an attractive option for smallholder farmers in a changing climate.

4.2.3. The "Other" Categories: Swine, Poultry, Donkeys, and Camels

The remaining emissions are distributed among swine, poultry, donkeys, and camels, whose collective contribution, while small in percentage terms, provides insights into the diversification of the livestock sector.

- **Swine:** Pigs contributed an average of 1.56% to total emissions, with a steady increase in both absolute terms (from 19.27 kt to 26.21 kt) and percentage share (Table 9b). Swine emissions are unique because they are almost entirely derived from manure management, not enteric fermentation. The N_2O share from swine is consequently much higher, averaging 27.42% of their total emissions (Table 8), compared to just around 5% for cattle. This aligns with studies like that of Gerber *et al*. (2013), who note that for monogastrics, manure handling is the primary emission source. The growth in the swine population under Buharinomics indicates an expansion of commercial and small-scale pig farming, likely in response to urban demand.
- **Poultry and Chicken:** The data for "Chicken" (Table 4) and "Poultry" (Table 6) are identical, suggesting the latter is an aggregate that is dominated by chickens. This sector, while a minor contributor to total GHG emissions (averaging 0.48%), exhibited the most explosive growth. Total emissions from poultry skyrocketed by 65.6%, from 5.45 kt in 2014 to 9.03 kt in 2022. This was accompanied by a staggering growth in stocks, from 137.24 million to 248.99 million. The average annual growth rate for poultry emissions was a massive 7.80% (Table 4 & 6). This phenomenal expansion reflects the success of the poultry sector in Nigeria, which has been a focus of both private investment and government initiatives to boost animal protein production. However, from a GHG perspective, poultry's impact is dual: while its direct GHG footprint is low, its feed supply chain (involving crop cultivation and land-use change) can have significant embedded carbon and N_2O emissions, an aspect not captured in this direct emission inventory. The work of Bawa *et al*. (2023) on the environmental impact of Nigeria's poultry sector echoes this, highlighting the sustainability challenges associated with its rapid, feed-intensive growth.

- **Donkeys and Camels:** These animals contribute minimally to national livestock emissions (averaging 1.04% and 0.96%, respectively) and their emissions remained relatively stable throughout the period (Tables 2 & 5). Their primary role is for draught power and transportation, not meat production, which explains their low and stable populations and emissions. Their consistent but minor share underscores the diversity of Nigeria's livestock assets, serving socio-economic functions beyond mere meat and milk provision.

4.3. Methane vs. Nitrous Oxide: A Tale of Two Gases

The distinct sources and drivers of methane and nitrous oxide emissions warrant a separate discussion, as they imply different mitigation pathways.

4.3.1. Methane (CH_4): The Enteric Fermentation Behemoth

As established, methane was the dominant gas, accounting for over 94% of total emissions. The source distribution of CH_4 (Table 10b) mirrors that of total emissions, given its overwhelming share. Cattle were responsible for 49.41% of all livestock methane, followed by sheep and goats at 46.96%. This means that these two ruminant categories together accounted for over 96% of all livestock methane emissions in Nigeria under Buharinomics. This is a critical finding, as it pinpoints enteric fermentation in ruminants as the single most important process to target for GHG mitigation in the Nigerian livestock sector.

The annual growth rate of methane emissions averaged 1.58% (Table 1), slightly lower than that of N_2O. The continuous rise in CH_4 emissions is a direct proxy for the growing ruminant population. Mitigating these emissions is challenging, as it requires interventions that improve feed quality and digestibility, which can reduce methane produced per unit of feed intake. Strategies such as the use of dietary additives, improved forages, and better herd management have been suggested by researchers like Gerber *et al*. (2013). However, the widespread adoption of such technologies in Nigeria's predominantly extensive and low-input systems remains limited, explaining the unabated rise in methane emissions during the period under review.

4.3.2 Nitrous Oxide (N_2O): The Manure Management Challenge

Nitrous oxide emissions, though smaller in volume, are more potent and are primarily linked to manure management. The source profile for N_2O is markedly different from that of CH_4 (Table 11b). While cattle were still the largest source (37.28% of N_2O), their dominance is less pronounced than for CH_4. Sheep and goats were the second-largest source (46.41% of N_2O), and notably, swine emerged as a significant contributor, providing 7.39% of total livestock N_2O despite constituting only 1.56% of total emissions. This highlights swine production as a disproportionately large source of this potent gas.

The average annual growth rate of N_2O was 1.98% (Table 1), higher than that of CH_4. This suggests that the practices leading to N_2O emissions—particularly the handling and storage of manure from all livestock, but especially from the rapidly expanding poultry and swine sectors—were intensifying. When manure is stored or deposited on pastures in conditions that are neither fully aerobic nor fully anaerobic, it facilitates nitrification and denitrification processes, leading to N_2O release. The work of Oenema *et al*. (2005) has long established the strong connection between manure management and N_2O fluxes. The data from the Buharinomics era indicates a growing N_2O problem, potentially exacerbated by the concentration of animals in peri-urban areas and the lack of advanced manure processing facilities.

4.4. Emission Intensity and the Paradox of Productivity

A crucial aspect of sustainable livestock development is improving productivity, which can lead to a reduction in emission intensity—that is, emissions per unit of product (e.g., kg of meat or milk). While the provided data does not include production figures, the stock numbers and emission trends allow for some inferences.

The steady increase in animal stocks (e.g., cattle stocks grew by ~6%, while sheep and goat stocks grew by ~22%) to achieve a 13.6% increase in total emissions suggests that the underlying productivity of the system may not have improved significantly. If productivity (e.g., milk yield per cow, meat offtake rate) had increased, one would expect a slower growth in stocks for the same level of output, potentially flattening the emission curve. The consistent growth in both stocks and emissions points towards an extensive growth model, where output is increased by simply adding more animals, rather than an intensive model that focuses on improving the efficiency of each animal.

This reflects the findings of several studies on African agriculture. For instance, a report by the International Livestock Research Institute (ILRI) has consistently argued that low animal productivity is a key driver of high emission intensities in Sub-Saharan Africa. Under Buharinomics, the data suggests that policies may have successfully expanded the livestock population (a goal in itself for food security and economic reasons) but did not concurrently drive a widespread shift towards more efficient, lower-intensity production systems. The spectacular growth of the poultry sector, which is inherently more efficient at converting feed to protein than ruminants, is a step in the right direction. However, the continued dominance and growth of the ruminant sectors, without a corresponding breakthrough in productivity, locked the country into a high-emission trajectory.

4.5. Policy Implications and the Buharinomics Context

The term "Buharinomics" encompasses the economic policies of the Buhari administration, which included a strong emphasis on agricultural self-sufficiency through initiatives like the Anchor Borrowers' Programme and restrictions on food imports. The livestock emission trends from 2014 to 2022 must be interpreted within this policy framework.

The overarching goal of boosting domestic agricultural production appears to have been successful in terms of expanding livestock populations, as evidenced by the growing stocks across all major categories. However, the environmental cost, as detailed in this analysis, was a significant and steady rise in GHG emissions. The policies seem to have prioritized expansion over efficiency, focusing on quantity rather than the environmental efficiency of production.

There is little evidence in the emission data to suggest that climate-smart livestock practices were mainstreamed at a scale capable of altering the sector's emission trajectory. While the government's Economic Recovery and Growth Plan (ERGP) and later the National Livestock Transformation Plan (NLTP) acknowledged the need for sustainability, the implementation appears to have been overshadowed by more immediate concerns like farmer-herder conflicts and food price inflation. The continuous annual growth in emissions indicates a policy gap in integrating meaningful GHG mitigation measures into core agricultural development strategies.

For future policy, this analysis underscores several urgent needs:

1. **Target Ruminants:** Mitigation efforts must prioritize cattle, sheep, and goats, focusing on improving feed quality, veterinary services, and genetics to enhance productivity and reduce methane emission intensity.

2. **Manage Manure:** The growing N_2O emissions, particularly from swine and poultry, call for policies that promote better manure management practices, such as composting, biogas production, and controlled application as fertilizer.
3. **Support Sustainable Intensification:** Policy should incentivize a shift from extensive to more efficient production systems, where more output is derived from fewer, more productive animals. This includes supporting the dairy and beef fattening sectors with improved technologies.
4. **Integrated Planning:** Livestock development planning must be integrated with environmental and climate change policies. The Nationally Determined Contributions (NDCs) of Nigeria under the Paris Agreement should have specific, actionable, and funded targets for the livestock sector.

5.0. Conclusion, Recommendations and Policy Implications

5.1. Conclusion

This study has provided a comprehensive, quantitative analysis of greenhouse gas (GHG) emissions from the Nigerian livestock sector during the Buharinomics era (2015-2022). The evidence reveals a sector on an environmentally unsustainable trajectory, characterized by a persistent and significant increase in its carbon footprint. Total livestock GHG emissions grew by 13.6% over the period, driven by an extensive growth model that prioritized increasing animal numbers over enhancing production efficiency. The emission profile is overwhelmingly dominated by methane (CH_4), accounting for an average of 94.43% of emissions, primarily from enteric fermentation in ruminants.

The analysis reveals a system growing extensively, with increasing animal numbers leading to a larger carbon footprint, without clear signs of a transition towards lower-emission-intensity production. Further, the analysis unequivocally identifies cattle and small ruminants (sheep and goats) as the dual pillars of the sector's emission burden, collectively responsible for over 95% of the total. While the policy environment under Buharinomics successfully stimulated growth in livestock populations, particularly in the poultry sector, it failed to implement parallel measures to mitigate the concomitant rise in emissions. In other words, while policies successfully stimulated population growth in sectors like poultry, they failed to curb the rising tide of emissions from the ruminant sub-sector. This highlights a critical trade-off between agricultural production goals and environmental sustainability under Buharinomics. The relentless annual growth rates, the locked-in coupling between herd size and emission volume, and the rising contribution of nitrous oxide (N_2O) from manure management all point to a significant policy gap. The findings conclusively demonstrate that the pursuit of agricultural self-sufficiency and expansion during this period occurred without the integration of climate-smart principles at a scale necessary to alter the sector's high-emission trajectory. Therefore, the Buharinomics era, in the context of livestock emissions, can be characterized as a period of successful production expansion but failed environmental decoupling.

5.2. Recommendations

Based on the findings, the following targeted recommendations are proposed to steer the Nigerian livestock sector towards a more sustainable and productive future:

1. For Policymakers (Federal and State Ministries):

- **Revise the National Livestock Transformation Plan (NLTP):** Integrate explicit, measurable GHG mitigation targets into the NLTP. Move beyond a focus solely on sedentarization and conflict resolution to include compulsory climate-smart practices as a criterion for funding and support.

- **Mainstream Climate-Smart Agriculture (CSA):** Launch national programs promoting the adoption of improved feed formulations (e.g., using high-quality forages, crop residues treated with urea) and feed additives (like nitrate supplements) to reduce enteric fermentation in ruminants.
- **Incentivize Sustainable Manure Management:** Provide tax breaks or subsidies for the adoption of biogas digesters, especially in clustered swine and poultry farms, to capture methane for energy and produce organic fertilizer, thereby reducing both CH_4 and N_2O emissions.
- **Enhance Data Collection for Tier 2 Accounting:** Invest in research to develop country-specific (Tier 2) emission factors for Nigerian livestock, which account for local breeds, diets, and conditions, leading to a more accurate inventory and targeted mitigation.

2. For Agricultural Extension Services and Development Partners

- **Promote Integrated Ruminant Management:** Extension services should package and disseminate technologies that simultaneously boost productivity and reduce emissions. This includes promoting leguminous forage cultivation, better herd health management, and strategic supplementation to improve weight gain and milk yield, thereby lowering emission intensity.
- **Facilitate Farmer Education and Awareness:** Conduct training programs to educate livestock farmers on the economic and environmental benefits of improved practices, framing emission reduction as a co-benefit of enhanced productivity and resilience.

3. For the Private Sector and Investors

- **Invest in Sustainable Value Chains:** Encourage private investment in feed mills producing high-quality, efficient rations and in companies developing and distributing climate-smart technologies for smallholder farmers.
- **Develop Green Markets:** Explore and develop carbon credit projects within the agricultural sector, creating a revenue stream for farmers who verifiably reduce their emissions through approved practices.

5.3. Policy Implications

The findings of this study carry profound implications for national policy, demanding an urgent re-evaluation of the relationship between agricultural development and environmental governance.

1. The Imperative of Policy Coherence: The study exposes a critical lack of coherence between Nigeria's agricultural development goals and its climate commitments, as outlined in its Nationally Determined Contributions (NDCs). The Buharinomics approach demonstrated that policies targeting production growth in isolation will inevitably exacerbate GHG emissions. Future agricultural policy must be explicitly designed with environmental co-benefits in mind. This requires breaking down the silos between the Federal Ministry of Agriculture and Rural Development and the Federal Ministry of Environment to ensure that every agricultural initiative is screened for its climate impact.

2. From Extensive to Sustainable Intensification: The data provides a clear empirical basis for a fundamental policy shift. The era of supporting extensive livestock production as the primary model must end. Policy must now aggressively incentivize sustainable intensification—producing more meat, milk, and eggs per animal, on less land, with a lower emission footprint. This involves directing subsidies, credit, and technical support towards practices that improve animal productivity, such as enhanced veterinary services, genetic improvement programs, and efficient feeding systems.

3. Economic Instrument for Internalizing Externalities: The unmitigated rise in emissions represents a massive negative externality. The Polluter Pays Principle, while challenging to implement directly in a smallholder-dominated system, can be integrated through policy. This could involve:

- **Green Subsidies:** Redirecting agricultural subsidies away from generic input support and towards verified climate-smart practices.
- **Carbon Pricing Exploration:** Initiating pilot studies to explore the feasibility of including agriculture in future carbon pricing mechanisms, or developing voluntary carbon markets for the livestock sector.

4. Leveraging the Poultry Success Story Responsibly: The phenomenal growth of the poultry sector shows the potential for market-driven intensification. The policy implication is to support this growth while proactively managing its environmental risks, particularly the N_2O emissions from manure and the embedded emissions in imported feed. Policies should encourage local feed production using sustainable methods and mandate better manure management practices in commercial poultry operations.

5. Securing Livelihoods in a Low-Emission Future: Finally, any policy shift must be just and equitable. The Sustainable Livelihoods Approach reminds us that for millions, livestock are a vital asset. Mitigation policies must be designed to support, not impoverish, smallholder farmers and pastoralists. This means providing access to alternative livelihoods, ensuring that new technologies are affordable and accessible, and involving local communities in the design of mitigation programs. A just transition is essential for the political and social acceptability of the necessary changes.

In conclusion, the Buharinomics era has left a clear legacy of a larger, yet more emission-intensive, livestock sector. The challenge for subsequent administrations is to learn from this and to enact bold, integrated, and smart policies that can finally decouple livestock sector growth from environmental degradation, securing both Nigeria's food sovereignty and its place in the global fight against climate change.

References

Adeyemi, M. A., & Akinfala, E. O. (2021). Greenhouse gas emissions from livestock and mitigation options in Nigeria. *Nigerian Journal of Animal Production*, *48*(5), 328-342.

Babbie, E. R. (2020). *The practice of social research*. Cengage Au.

Bawa, H. S., Sharaai, A. H., Ab Rahim, R., Sahrir, S., & Yuguda, A. U. (2023). Life cycle assessment of poultry production in Nigeria: a review of sustainability and evaluation studies. *Chemical Engineering Transactions*, *106*, 565-570.

Borowy, I. (2017). Negotiating environment: the making of the oecd environment committee and the polluter pays principle, 1968–1972. In *The OECD and the International Political Economy Since 1948* (pp. 311-334). Cham: Springer International Publishing.

Change, I. P. O. C. (2019). Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*, *3*.

Dioha, M. O., & Kumar, A. (2020). Exploring greenhouse gas mitigation strategies for agriculture in Africa: the case of Nigeria. *Ambio*, *49*(9), 1549-1566.

Gerber, P. J., Henderson, B., & Makkar, H. P. (2013). *Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in Livestock Production: A Review of Technical Options for Non-Co₂ Emissions* (No. 177, pp. xvi+-206).

Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). Tackling climate change throughlivestock: global assessment of missionsand mitigation opportunities. In *Tackling Climate Change Through Livestock: Global Assessment of Missions and Mitigation Opportunities* (pp. 115-115).

Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, *110*(2), 353-377.

Kannan, G. (Ed.). (2025). *Small Ruminant Welfare, Production and Sustainability*. Academic Press.

Kelechi, E. C. (2024). Assessment of communication strategies used in the implementation of national livestock transformation plan in Nigeria. *Assessment*, *7*(1).

Khan, Y., & Bin, Q. I. U. (2020). The environmental Kuznets curve for carbon dioxide emissions and trade on belt and road initiative countries: a spatial panel data approach. *The Singapore Economic Review*, *65*(04), 1099-1126.

Oenema, O., Wrage, N., Velthof, G. L., van Groenigen, J. W., Dolfing, J., & Kuikman, P. J. (2005). Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutrient cycling in agroecosystems*, *72*(1), 51-65.

Onyeneke, R. U., Emenekwe, C. C., Adeolu, A. I., & Ihebuzor, U. A. (2023). Climate change and cattle production in Nigeria: any role for ecological and carbon footprints?. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*(10), 11121-11134.

Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., ... & Steinfeld, H. (2013). Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains–A global life cycle assessment.

Pierson, P. (1993). When effect becomes cause: Policy feedback and political change. *World politics*, *45*(4), 595-628.

Sakha, M., & Gweyi-Onyango, J. P. (2024). Strategic intervention for climate-smart agriculture. In *Technological Approaches for Climate Smart Agriculture* (pp. 303-332). Cham: Springer International Publishing.

Scoones, I. (1998). Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis.

Tyohen, B. I., & Mbakpenev, T. J. (2023). Impact of livestock farming on economic growth in Nigeria. *UMM Journal of Accounting and Financial Management*, *3*(1), 124-150.

United Nations Environment Programme (2011). *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. UNEP/Earthprint.

Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy policy*, *28*(12), 817-830.

Appendix

Table 1: Livestock total emission of methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	Methane CH_4 (kt)	N_2O (kt)	Total emission (kt)	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission
2014	1304.6708	75.6967	1380.3675	94.51619225	5.483807754			
2015	1320.9567	76.663	1397.6197	94.51474532	5.48525468	1.248276577	1.276541778	1.249826586
2016	1340.2867	78.5499	1418.8366	94.4637811	5.536218899	1.463333355	2.461291627	1.518073908
2017	1362.6507	80.1218	1442.7725	94.44667818	5.553321816	1.668598219	2.001148315	1.68700892
2018	1385.2408	81.8865	1467.1273	94.41858249	5.581417509	1.657805628	2.202521661	1.688055463
2019	1408.8806	83.4401	1492.3207	94.40870183	5.591298171	1.70654806	1.897260232	1.717192503
2020	1433.2679	85.2802	1518.5481	94.38409623	5.61590377	1.730969963	2.205294577	1.757490866
2021	1457.731	87.0814	1544.8124	94.36297896	5.637021039	1.706805825	2.11209636	1.729566551
2022	1479.2005	88.5649	1567.7654	94.35088311	5.64911689	1.472802595	1.703578491	1.485811481
Average	1388.098411	81.9205	1470.018911	94.42962661	5.570373392	1.581892528	1.98246663	1.604128285

Source: FAO, 2025

Table 2: Camel total emission of methane (CH_4) , nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH_4(kt)	N_2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	13.5587	0.2309	13.7896	279215	98.32554969	1.67445031				
2015	13.5742	0.2311	13.8053	279534	98.32600523	1.67399477	0.114317744	0.086617583	0.113853919	0.114248876
2016	13.5675	0.231	13.7985	279397	98.32590499	1.67409501	-0.049358342	-0.043271311	-0.049256445	-0.049010138
2017	13.5811	0.2313	13.8124	279677	98.32541774	1.674582259	0.100239543	0.12987013	0.100735587	0.100215822
2018	13.5972	0.2315	13.8287	280009	98.32594532	1.674054683	0.118547099	0.086467791	0.118009904	0.118708367
2019	14.0518	0.2393	14.2911	289370	98.32553127	1.674468725	3.343335393	3.369330454	3.343770564	3.343106829
2020	14.1598	0.2411	14.4009	291595	98.32579908	1.674200918	0.768584808	0.752193899	0.768310347	0.768911774
2021	14.2698	0.243	14.5128	293860	98.32561601	1.674383992	0.776847131	0.788054749	0.777034769	0.77676229
2022	14.3796	0.2449	14.6245	296120	98.32541283	1.674587165	0.769457175	0.781893004	0.769665399	0.769073709
Average	13.85996667	0.236011111	14.09597778	285419.6667	98.32568691	1.674313093	0.742746319	0.743894537	0.742765505	0.742752191

Source: FAO, 2025

Table 3: Cattle total emission of methane (CH_4) , nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH_4(kt)	N_2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	667.804	30.9576	698.7616	19753249	95.56964779	4.430352212				
2015	678.3137	31.463	709.7767	20184763	95.5671974	4.432802598	1.573770148	1.632555495	1.576374546	2.184521645
2016	668.3181	30.9989	699.317	19884104	95.56726063	4.432739373	-1.473595477	-1.47506595	-1.47366066	-1.489534457
2017	674.0649	31.2658	705.3307	20057095	95.56721407	4.432785926	0.859889924	0.860998293	0.859939055	0.869996455
2018	680.1978	31.5504	711.7482	20240605	95.56719638	4.432803624	0.909838207	0.910259773	0.909856894	0.914938081
2019	685.8018	31.8105	717.6123	20408427	95.56717464	4.432825357	0.823877995	0.824395253	0.823900925	0.829135295
2020	691.7021	32.0844	723.7865	20585153	95.56714584	4.432854163	0.860350614	0.86103645	0.860381016	0.865946209
2021	697.6809	32.3619	730.0428	20764244	95.56712291	4.432877086	0.864360539	0.86490631	0.864384732	0.87000082
2022	702.3923	32.5805	734.9728	20905254	95.56711486	4.432885135	0.675294393	0.675485679	0.675302873	0.679100091
Average	682.9195111	31.67477778	714.5942889	20309210.44	95.56745273	4.432547275	0.636723293	0.644321413	0.637059923	0.715513018

Source: FAO, 2025

Table 4: Chicken total emission of methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH_4(kt)	N_2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	2.7448	2.7071	5.4519	137240000	50.34575102	49.65424898				
2015	2.8579	2.5892	5.4471	142895000	52.46645004	47.53354996	4.120518799	-4.355214067	-0.088042701	4.120518799
2016	3.3502	3.0078	6.358	167509775	52.69267065	47.30732935	17.22593513	16.16715588	16.72265976	17.22577767
2017	3.6015	3.1294	6.7309	180073008	53.50696044	46.49303956	7.501044714	4.042821996	5.865051903	7.499999925
2018	3.8505	3.4343	7.2848	192525312	52.85663299	47.14336701	6.913785923	9.743081741	8.229211547	6.915141885
2019	4.1301	3.4741	7.6042	206507286	54.31340575	45.68659425	7.261394624	1.15889701	4.384471777	7.262408176
2020	4.4741	3.7111	8.1852	223704000	54.66085129	45.33914871	8.329096148	6.821910711	7.640514453	8.327412719
2021	4.8096	3.9139	8.7235	240481000	55.1338339	44.8661661	7.498714825	5.46468702	6.576503934	7.499642385
2022	4.9798	4.0495	9.0293	248991777	55.15156214	44.84843786	3.538755822	3.464574976	3.50547372	3.539064209
Average	3.8665	3.335155556	7.201655556	193325239.8	53.4586798	46.5413202	7.798655748	5.313489408	6.60448055	7.798745721

Source: FAO, 2025

Table 5: Donkey total emission of methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH4(kt)	N2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH4 from total emission (%)	Share of N2O from total emission (%)	% change of Methane CH4 (kt)	% change of N2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	14.224	0.6291	14.8531	1270000	95.76452054	4.235479462				
2015	14.3305	0.6338	14.9643	1279505	95.76458638	4.235413618	0.748734533	0.74709903	0.748665262	0.748425197
2016	14.497	0.6412	15.1382	1294377	95.76435772	4.235642282	1.161857576	1.167560745	1.162099129	1.162324493
2017	14.6557	0.6482	15.3039	1308540	95.76447834	4.235521664	1.09470925	1.091703057	1.094581919	1.09419435
2018	14.8001	0.6546	15.4547	1321441	95.7643953	4.235604703	0.985282177	0.987349583	0.985369742	0.985907958
2019	14.9245	0.6601	15.5846	1332543	95.76440845	4.235591546	0.840534861	0.84020776	0.840521007	0.840143449
2020	15.0765	0.6668	15.7433	1346116	95.76454746	4.235452542	1.01845958	1.014997728	1.01831295	1.018578763
2021	15.2002	0.6723	15.8725	1357162	95.76437234	4.235627658	0.820482207	0.824835033	0.820666569	0.82058307
2022	15.3239	0.6778	16.0017	1368207	95.76420005	4.235799946	0.813805082	0.818087163	0.813986455	0.813830626
Average	14.78137778	0.653766667	15.43514444	1319765.667	95.76442962	4.23557038	0.935483158	0.936480012	0.935525379	0.935498488

Source: FAO, 2025

Table 6: Poultry total emission of methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH_4(kt)	N_2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	2.7448	2.7071	5.4519	137240000	50.34575102	49.65424898				
2015	2.8579	2.5892	5.4471	142895000	52.46645004	47.53354996	4.120518799	-4.355214067	-0.088042701	4.120518799
2016	3.3502	3.0078	6.358	167509775	52.69267065	47.30732935	17.22593513	16.16715588	16.72265976	17.22577767
2017	3.6015	3.1294	6.7309	180073008	53.50696044	46.49303956	7.501044714	4.042821996	5.865051903	7.499999925
2018	3.8505	3.4343	7.2848	192525312	52.85663299	47.14336701	6.913785923	9.743081741	8.229211547	6.915141885
2019	4.1301	3.4741	7.6042	206507286	54.31340575	45.68659425	7.261394624	1.15889701	4.384471777	7.262408176
2020	4.4741	3.7111	8.1852	223704000	54.66085129	45.33914871	8.329096148	6.821910711	7.640514453	8.327412719
2021	4.8096	3.9139	8.7235	240481000	55.1338339	44.8661661	7.498714825	5.46468702	6.576503934	7.499642385
2022	4.9798	4.0495	9.0293	248991777	55.15156214	44.84843786	3.538755822	3.464574976	3.50547372	3.539064209
Average	3.8665	3.335155556	7.201655556	193325239.8	53.4586798	46.5413202	7.798655748	5.313489408	6.60448055	7.798745721

Source: FAO, 2025

Table 7: Sheep & goat total emission of methane (CH_4) , nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH_4(kt)	N_2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	590.2988	35.7961	626.0949	113242235	94.2826399	5.7173601				
2015	595.0818	36.0852	631.167	114159849	94.28278094	5.717219056	0.810267614	0.807629881	0.810116805	0.810310747
2016	623.2049	37.8024	661.0073	119554273	94.2810919	5.718908097	4.725921714	4.758737654	4.727797873	4.725325101
2017	638.785	38.7475	677.5325	122543129	94.28108615	5.718913853	2.49999639	2.500105813	2.500002647	2.49999931
2018	654.2119	39.6813	693.8932	125502693	94.28135338	5.718646616	2.415037924	2.409961933	2.414747632	2.415120312
2019	670.7608	40.6852	711.446	128677404	94.28133688	5.718663117	2.52959324	2.529907034	2.529611185	2.529595919
2020	687.9016	41.7268	729.6284	131965547	94.28108884	5.718911161	2.555426614	2.560144721	2.555696427	2.555338309
2021	705.0992	42.77	747.8692	135264686	94.28108552	5.718914484	2.500008722	2.500071896	2.500012335	2.500000246
2022	721.032	43.7332	764.7652	138321403	94.28148666	5.718513342	2.259653677	2.252045827	2.259218591	2.259804159
Average	654.0417778	39.66974444	693.7115222	125470135.4	94.28155002	5.718449981	2.536988237	2.539825595	2.537150437	2.536936763

Source: FAO, 2025

Table 8: Swine total emission of methane (CH_4) , nitrous oxide (N_2O) and the overall emission

Year	CH_4(kt)	N_2O(kt)	Total emission (kt)	Stocks	Share of CH_4 from total emission (%)	Share of N_2O from total emission (%)	% change of Methane CH_4 (kt)	% change of N_2O (kt)	% change of Total emission	% change of Stocks
2014	13.984	5.2835	19.2675	6991989	72.57817568	27.42182432				
2015	14.7364	5.5678	20.3042	7368216	72.57808729	27.42191271	5.380434783	5.380902811	5.380563124	5.380829403
2016	15.2871	5.7759	21.063	7643563	72.57798034	27.42201966	3.737004967	3.737562412	3.737157829	3.736956137
2017	15.8986	6.0069	21.9055	7949306	72.57811965	27.42188035	4.000104663	3.999376721	3.999905047	4.00000628
2018	16.5199	6.2417	22.7616	8259938	72.57793828	27.42206172	3.907891261	3.908838169	3.908150921	3.907661876
2019	17.1457	6.4781	23.6238	8572832	72.57807804	27.42192196	3.788158524	3.787429707	3.787958667	3.788091388
2020	17.8838	6.757	24.6408	8941888	72.57800071	27.42199929	4.304869442	4.305274695	4.30498057	4.30494847
2021	18.5991	7.0273	25.6264	9299563	72.57788843	27.42211157	3.999709234	4.000295989	3.999870134	3.999994185
2022	19.0191	7.186	26.2051	9509551	72.57785698	27.42214302	2.258173783	2.258335349	2.258218088	2.258041588
Average	16.56374444	6.258244444	22.82198889	8281871.778	72.57801394	27.42198606	3.922043332	3.922251982	3.922100548	3.922066166

Source: FAO, 2025

Table 9a: % Share distribution of total livestock emission across selected livestock groups

Year	Total emission by Camel (kt)	Total emission by Cattle (kt)	Total emission by Chicken (kt)	Total emission by Donkey (kt)	Total emission by Poultry (kt)	Total emission by Sheep & Goat (kt)	Total emission by Swine (kt)
2014	13.7896	698.7616	5.4519	14.8531	5.4519	626.0949	19.2675
2015	13.8053	709.7767	5.4471	14.9643	5.4471	631.167	20.3042
2016	13.7985	699.317	6.358	15.1382	6.358	661.0073	21.063
2017	13.8124	705.3307	6.7309	15.3039	6.7309	677.5325	21.9055
2018	13.8287	711.7482	7.2848	15.4547	7.2848	693.8932	22.7616
2019	14.2911	717.6123	7.6042	15.5846	7.6042	711.446	23.6238
2020	14.4009	723.7865	8.1852	15.7433	8.1852	729.6284	24.6408
2021	14.5128	730.0428	8.7235	15.8725	8.7235	747.8692	25.6264
2022	14.6245	734.9728	9.0293	16.0017	9.0293	764.7652	26.2051

Table 9b: Continue ……

% share of camel emission in total livestock emission	% share of cattle emission in total livestock emission	% share of chicken emission in total livestock emission	% share of donkey emission in total livestock emission	% share of poultry emission in total livestock emission	% share of sheep & goat emission in total livestock emission	% share of swine emission in total livestock emission
0.996595649	50.50057799	0.394017217	1.073456433	0.394017217	45.24884356	1.392491926
0.985451117	50.66534172	0.388825363	1.068182955	0.388825363	45.05401732	1.449356159
0.969649483	49.14246964	0.446789971	1.063793007	0.446789971	46.45036682	1.480141106
0.954325529	48.73266725	0.465050947	1.057376159	0.465050947	46.81203565	1.513493518
0.939286374	48.34405158	0.494805251	1.049729123	0.494805251	47.13128695	1.546035472
0.954160936	47.9121708	0.507702738	1.04052288	0.507702738	47.50047103	1.577268869
0.944587468	47.47478683	0.536885705	1.032638508	0.536885705	47.85797021	1.616245574
0.935482409	47.0579211	0.562309189	1.023127483	0.562309189	48.20699527	1.651855356
0.928759106	46.67596706	0.573424363	1.016221039	0.573424363	48.56799502	1.664209049

Table 10a: % Share distribution of total livestock methane emission across selected livestock groups

Year	Total CH_4 by camel (kt)	Total CH_4 by cattle (kt)	Total CH_4 by chicken (kt)	Total CH_4 by donkey (kt)	Total CH_4 by poultry (kt)	Total CH_4 by sheep & goat (kt)	Total CH_4 by swine (kt)
2014	13.5587	667.804	2.7448	14.224	2.7448	590.2988	13.984
2015	13.5742	678.3137	2.8579	14.3305	2.8579	595.0818	14.7364
2016	13.5675	668.3181	3.3502	14.497	3.3502	623.2049	15.2871
2017	13.5811	674.0649	3.6015	14.6557	3.6015	638.785	15.8986
2018	13.5972	680.1978	3.8505	14.8001	3.8505	654.2119	16.5199
2019	14.0518	685.8018	4.1301	14.9245	4.1301	670.7608	17.1457
2020	14.1598	691.7021	4.4741	15.0765	4.4741	687.9016	17.8838
2021	14.2698	697.6809	4.8096	15.2002	4.8096	705.0992	18.5991
2022	14.3796	702.3923	4.9798	15.3239	4.9798	721.032	19.0191

Table 10b: Continue ……..

% share of camel emission in total livestock emission	% share of cattle emission in total livestock emission	% share of chicken emission in total livestock emission	% share of donkey emission in total livestock emission	% share of poultry emission in total livestock emission	% share of sheep & goat emission in total livestock emission	% share of swine emission in total livestock emission
1.038695023	51.15864286	0.210271641	1.089661841	0.210271641	45.2211809	1.071276096
1.026985084	51.31927129	0.216220527	1.084204576	0.216220527	45.02218419	1.114913807
1.011311332	49.81593277	0.24972141	1.080595569	0.24972141	46.45322848	1.139489033
0.995544383	49.41142656	0.264003144	1.0743165	0.264003144	46.82528064	1.165425623
0.980311932	49.03995082	0.27760797	1.067036936	0.27760797	47.1664557	1.191028674
0.995914227	48.60585616	0.292718751	1.057766399	0.292718751	47.53983288	1.215192827
0.986283775	48.17967474	0.311638034	1.050135407	0.311638034	47.91495551	1.245674499
0.977070096	47.77103702	0.329319005	1.040775685	0.329319005	48.2789768	1.273502391
0.970213679	47.39148637	0.335994748	1.033927049	0.335994748	48.64913554	1.283247864

Table 11a: % Share distribution of total livestock nitrous oxide emission across selected livestock groups

Year	Total N_2O by camel (kt)	Total N_2O by cattle (kt)	Total N_2O by chicken (kt)	Total N_2O by donkey (kt)	Total N_2O by poultry (kt)	Total N_2O by sheep & goat (kt)	Total N_2O by swine (kt)
2014	0.2309	30.9576	2.7071	0.6291	2.7071	35.7961	5.2835
2015	0.2311	31.463	2.5892	0.6338	2.5892	36.0852	5.5678
2016	0.231	30.9989	3.0078	0.6412	3.0078	37.8024	5.7759
2017	0.2313	31.2658	3.1294	0.6482	3.1294	38.7475	6.0069
2018	0.2315	31.5504	3.4343	0.6546	3.4343	39.6813	6.2417
2019	0.2393	31.8105	3.4741	0.6601	3.4741	40.6852	6.4781
2020	0.2411	32.0844	3.7111	0.6668	3.7111	41.7268	6.757
2021	0.243	32.3619	3.9139	0.6723	3.9139	42.77	7.0273
2022	0.2449	32.5805	4.0495	0.6778	4.0495	43.7332	7.186

Table 11b:

% share of camel emission in total livestock emission	% share of cattle emission in total livestock emission	% share of chicken emission in total livestock emission	% share of donkey emission in total livestock emission	% share of poultry emission in total livestock emission	% share of sheep & goat emission in total livestock emission	% share of swine emission in total livestock emission
0.294848515	39.53140922	3.456840256	0.803331316	3.456840256	45.70994772	6.746782716
0.291942956	39.74643535	3.270872784	0.800663978	3.270872784	45.58554712	7.033665027
0.283557356	38.05180139	3.692137728	0.787086479	3.692137728	46.40324066	7.090038667
0.278143545	37.59784027	3.763175141	0.779475339	3.763175141	46.5947558	7.223434766
0.27162403	37.01877667	4.029539553	0.768056545	4.029539553	46.55894007	7.32352358
0.275623291	36.63900836	4.001432826	0.760296425	4.001432826	46.86079699	7.461409284
0.271208786	36.09112885	4.17454552	0.750070586	4.17454552	46.93768047	7.600820263
0.267319969	35.60074938	4.305611629	0.739585247	4.305611629	47.05051467	7.730607476
0.264695519	35.21401535	4.376825253	0.732587272	4.376825253	47.26819957	7.766851777

COST, PROFITIBILITY AND RISK ANALYSIS OF RICE PRODUCTION IN THE BORO SEASON IN THAKURGAON DISTRICT

Mamun Ur Rashid
University of Rajshahi, Department of Statistics
ORCID: 0009-0002-6269-5277

Hadiul Kabir
University of Rajshahi, Department of Statistics

Sifat Hossain
University of Rajshahi, Department of Statistics
ORCID: 0009-0000-7265-5143

Nayeem Islam
University of Rajshahi, Department of Statistics
ORCID: 0009-0002-9578-8904

ABSTRACT
Bangladesh is a country with an agriculture-based economy. Rice is the main food among Bangladeshis. There are three seasons for rice cultivation: BORO, AMAN, and AUS. Our research area was the Thakurgaon district. The local farmers cultivate rice in only two seasons, BORO and AMON. We only considered the BORO season for this research. Our research objective was to find out if the farmers are making profit or a loss in rice cultivation; we also investigate the risk of cultivation for these seasons. We have collected data through direct interviews with the farmers using a structured questionnaire. We used a stratified purposive sampling technique for collecting data. We cover the five upozilas in this district. For analyzing the data, we have used the chi-square test, as well as regression and factor analysis, to determine the risk and profitability of rice production. We found that most of the farmers benefit from rice cultivation, but the percentage of farmers who are making a loss is also not that low. One of the reasons for this is that the farmers do not have their own land, and so they have to spend extra money for the land they use for cultivation. We also found that the yield, investment cost, and return are higher for the BORO season, because farmers have to irrigate their land in the BORO season. The yield from BORO is high; as such, farmers acquire much more money in the BORO season. The risk is also high in the BORO season, because there is a risk of drought and the land has to be irrigated manually. The cost of fertilizer and pesticide is very high in this season. All the farmers suggested that the government should take necessary steps to lessen the cost of fertilizer and pesticides.
Keywords: *Rice Production *Profitability Analysis *Cost Analysis *Agricultural Economics *Risk Analysis

INTRODUCTION
Rice is the principal dietary staple for the people of Bangladesh, consumed as the main meal three times daily alongside vegetables, meat, and other accompaniments (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023). Bangladesh's agrarian economy relies heavily on rice production, which sustains livelihoods, food security, and national income. As the third-largest global rice producer, Bangladesh yielded approximately 39.1 million metric tons in 2023 (USDA, 2023). Cultivation occurs across three seasons: Aman (monsoon), Aus (pre-monsoon), and Boro (dry winter).

The Boro season, dependent on irrigation and fertilizers, contributes the largest share of production, followed by Aman and Aus (Hossain, 2022). However, climate vulnerabilities, limited mechanization, and rising input costs hinder productivity compared to regional peers (World Bank, 2021). Government initiatives, such as high-yielding rice varieties developed by the Bangladesh Rice Research Institute (BRRI), aim to address these gaps (BRRI, 2023).

In Thakurgaon district, farmers cultivate rice only in the Boro and Aman seasons, omitting Aus due to agro-climatic or economic constraints (Local Government Engineering Department [LGED], 2022). Despite Bangladesh's significant output, farmers face systemic challenges, including low market prices, inflated costs of fertilizers and pesticides, and land leasing burdens that erode profits (Rahman et al., 2020). Landless farmers, who lease fields at high rates, face compounded financial strain (Alam et al., 2019). A lack of granular data on socio-economic factors and cost structures impedes targeted policy interventions (Islam & Hossain, 2021).

This study evaluates whether rice cultivation is profitable for Thakurgaon farmers. Given their reliance on rice as a primary crop, unprofitability could prompt shifts in agricultural practices, threatening local food systems. By analyzing costs, revenues, and socio-economic variables, this research aims to inform policies to enhance farmer welfare.

RESEARCH AND FINDINGS

This study investigates the cost structures, profitability, and influencing factors of rice production during the Boro season in Thakurgaon District, Bangladesh. The methodology outlines the research design, data collection methods, and analysis techniques employed to achieve the study's objectives (Kabir et al., 2021). The study focuses on Thakurgaon District, a region where rice farming is a predominant agricultural activity (BBS, 2023). The target population includes both land-owning and tenant farmers engaged in Boro rice production. Five Upazilas in Thakurgaon District were selected: Thakurgaon Sadar, Baliadangi, Haripur, Ranisankail, and Pirganj, covering rice farmers of varying scales (smallholder, medium, and large-scale) (DAE, 2022). According to the Department of Agricultural Extension (DAE, 2022), Thakurgaon District comprises 165 agricultural blocks, 334,370 agricultural households, and 151,693 hectares of cultivated land.

A two-stage stratified sampling technique was employed to collect data from farmers (Cochran, 1977). First, the district was divided into five strata (Upazilas), and purposive sampling was used to select 133 farmers to ensure comprehensive representation (Etikan et al., 2016). Data were collected via structured questionnaires administered through face-to-face interviews, capturing demographic information, cost components, profitability metrics, socio-economic factors, and challenges (Babbie, 2020).

Collected data were analyzed using statistical techniques, including descriptive statistics, chi-square tests, and regression analysis, to examine cost structures, profitability, and influencing factors (Field, 2018). SPSS (Version 21) were used for data entry, visualization, and analysis (IBM, 2021).

This study analyzed data to interpret profitability by calculating the difference between farmers' total returns and investments in rice cultivation. Profit was defined as the net gain when returns exceeded investments by more than 10,000 Bangladeshi Taka (BDT), while values below this threshold were categorized as losses (Rahman et al., 2019). This threshold was established based on consultations with agricultural experts and local farmers, reflecting practical benchmarks for smallholder profitability in Bangladesh (Bangladesh Agricultural Research Council [BARC], 2021). Such participatory approaches ensure alignment with on-ground realities and stakeholder priorities (Uphoff, 2021).

Table – 1: Demographic Analysis

Category	Frequency	Percent
Age		
15-25 Years	7	5.3
25-35 Years	51	38.3
35-45 Years	41	30.8
45-60 Years	25	18.8
60 Years and above	9	6.8
Total	133	100
Districts		
Thakurgaon Sadar	55	41.4
Baliadangi	12	9.0
Haripur	23	17.3
Ranisankail	31	23.3
Pirganj	12	9.0
Total	133	100.0
Education		
No formal education	17	12.8
Primary	45	33.8
Secondary	48	36.1
Higher Secondary	4	3.0
Graduation or above	19	14.3
Total	133	100.0
Farming Experience		
1-5 Years	6	4.5
6-15 years	58	43.6
16-30 years	57	42.9
31-45 years	7	5.3
above 45 years	5	3.8
Total	133	100.0
Crop Rotation		
Yes	132	99.2
No	1	.8
Total	133	100.0
Disease Management		
Consult with SAAO/BS	106	79.7
Consult with Pesticide seller	24	18.0
Consult with lead farmers	3	2.3
Total	133	100.0
Weather Condition		
No	103	77.4
Yes	30	22.6
Total	133	100.0
Selling Point		
Local Market	112	84.2
Wholesalers and Retailers	12	9.0
From Home	9	6.8
Total	133	100.0

The Chi-square test of independence is a statistical method used to determine if there is a significant association between two categorical variables. This test compares the observed frequencies in each category of a contingency table with the expected frequencies, which are calculated under the assumption that the variables are independent (Field, 2018).
Hypothesis:
Null Hypothesis (Ho): There is no significant association between the two variables (i.e., the variables are independent).
Alternative Hypothesis (H1): There is a significant association between the two variables (i.e., the variables are dependent) (Triola, 2018).
The formula is

$$\chi 2 = \sum \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Where,
O_{ij}= Observed frequency in cell i and j
E_{ij}= Expected frequency in cell i and j

Table – 2: Chi – Square test

Variable	Chi-Square value	Asymp.Sig. (2-sided)	Comment
Upazila	5.937	.204	Insignificant
Age Group	5.594	.232	Insignificant
Education	**12.885**	**.012**	**Significant**
Farming Experience	1.815	.770	Insignificant
Disease Management	**6.736**	**.034**	**Significant**

Here we find the Education and Disease management have a significant effect on profitability.
In this study, we aimed to predict the likelihood of a binary outcome, such as Profit (coded as 1) or Loss (coded as 0) from rice cultivation. Given that the dependent variable is binary, we employed Binary Logistic Regression, which is commonly used when the dependent variable is dichotomous (Hosmer & Lemeshow, 2013).
Dependent variable: Profit or loss from rice cultivation (per acre)
Independent variables: Education, Farming experience, Age group and cost of different things.
The model is

$$\mathbf{Y(Loss=0,\ Benifited=1)=log}\left(\frac{P}{(1-P)}\right)=\boldsymbol{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \cdots + \beta_{25} + \varepsilon_i}$$

The Nagelkerke R Square value of 0.703 indicates that the model explains 70.3% of the variance in the outcome. A Nagelkerke R^2 value exceeding 40% is generally considered indicative of a good model fit (Hair et al., 2014). Since our model exceeds 63%, it can be deemed a good fit (Nagelkerke, 1991).
The Hosmer and Lemeshow test result (p=0.211p=0.211) suggests no significant discrepancy between the predicted and observed values, supporting the conclusion that the logistic regression model fits the data well (Hosmer et al., 2013). The model effectively explains the outcome across varying levels of predicted probabilities.

Table – 3: Classification Table

Observed		Predicted		
		Bnifited_or_Loss_BORO		Percentage
		Loss	Benefited	Correct
Bnifited_or_Loss_BORO	Loss	43	9	82.7
	Benefited	7	73	91.3
Overall Percentage				87.9

The model demonstrates 87.9% classification accuracy, indicating it can predict outcomes with 87.9% precision. This level of accuracy is considered robust for predictive models, as classification accuracy exceeding 60% is generally regarded as acceptable in applied research (James et al., 2013). Given that our model surpasses this threshold, it can be interpreted as a good fit for the data (Hair et al., 2014). The results align with standards for evaluating model performance in machine learning and statistical contexts, where accuracy above 60% is often deemed practically useful (Kuhn & Johnson, 2013).

Table – 4: Regression

	B	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)
Land_BORO	0	0	12.271	0	1
Plowing_BORO	0	0	0.352	0.553	1
Fertilizer_BORO	0	0	1.041	0.308	1
Seed_BORO	**-0.001**	0	5.024	**0.025**	0.999
Pestiside_BORO	0	0	0.001	0.976	1
Labor_BORO	0	0	1.275	0.259	1
Irrigation_BORO	0	0	1.328	0.249	1
Transport_BORO	0	0	0.011	0.915	1
Threshing_BORO	**0.002**	0	16.708	**0**	1.002
Others_BORO	**0.003**	0.001	9.989	**0.002**	1.003
Education			10.479	**0.033**	
No Formal Education	-2.141	1.461	2.148	0.143	0.118
Primary Education	**-5.471**	1.78	9.445	**0.002**	0.004
Secondary Education	**-4.332**	1.647	6.915	**0.009**	0.013
Higher Secondary	-0.471	2.177	0.047	0.829	0.624
Farming_Experience			6.995	0.136	
1-5 Years	2.029	2.457	0.682	0.409	7.608
6-15 Years	**5.382**	2.441	4.862	**0.027**	217.454
16-30 Years	3.453	2.111	2.675	0.102	31.589
31-45 Years	2.676	2.233	1.435	0.231	14.521
Age_Group			8.028	0.091	
15-25 Years	-0.235	2.158	0.012	0.913	0.791
25-35 Years	-2.305	2.029	1.29	0.256	0.1
35-45 Years	-3.421	2.136	2.566	0.109	0.033
45-60 Years	-0.009	2.034	0	0.996	0.991
Constant	-0.481	2.493	0.037	0.847	0.618

We can see that the significant predictor in the model are Primary Education, Secondary Education, farming experience 6-15 years , land, seed, threshing and others costs. These are the significant predicators. That means these predictor's have a significant effect for predicting the outcome. Which indicate for profit or loss the predictor have a significance effect.

The insignificant predictors are Farming experience, age group, plowing, fertilizer, pesticide, labor, irrigation etc.

The positive effect predictors are age threshing, other, farming experience(2) which is 6-15 years.

The coefficient of threshing is 0.002 which indicate for increase in threshing one unit the output will increase 0.2%., others indicate for increase in other one unit the output will increase 0.3%,, farming experience 6-15 years indicate for increase in it one unit the output will increase.

The negative effect predictors are education, seed. The coefficient is -5.471 and -4.332 for education(2) and education(3) respectively which indicate if we increase one unit in age group then output will decrease.. The coefficient is -0.001 for seed which indicate if we increase one unit in seed then output will decrease.

The model is

Benifited_or_Loss = -0.481 – 5.471 * Primary Education – 4.332 * Secondary Education + 5.382* 6-15 Years Farming experience – 0.001 * seed_BORO + 0.002 * Threshing_BORO + 0.001 * Others_BORO

So, for BORO season six predictor variables are significant. These are Education, seed, threshing, others, farming experience. Threshing, other, Farming experience have positive impact on output and Education, seed have negative impact on output.

Table – 5: Cost analysis:

Sectors	**Average Cost (TK)**
Land	2803.03
Plowing	3618.05
Fertilizer	7517.67
Seed	1640.41
Pesticide	7486.39
Labor	8795.41
Irrigation	6424.06
Transport	1336.18
Threshing	1730.83
Others	673.73

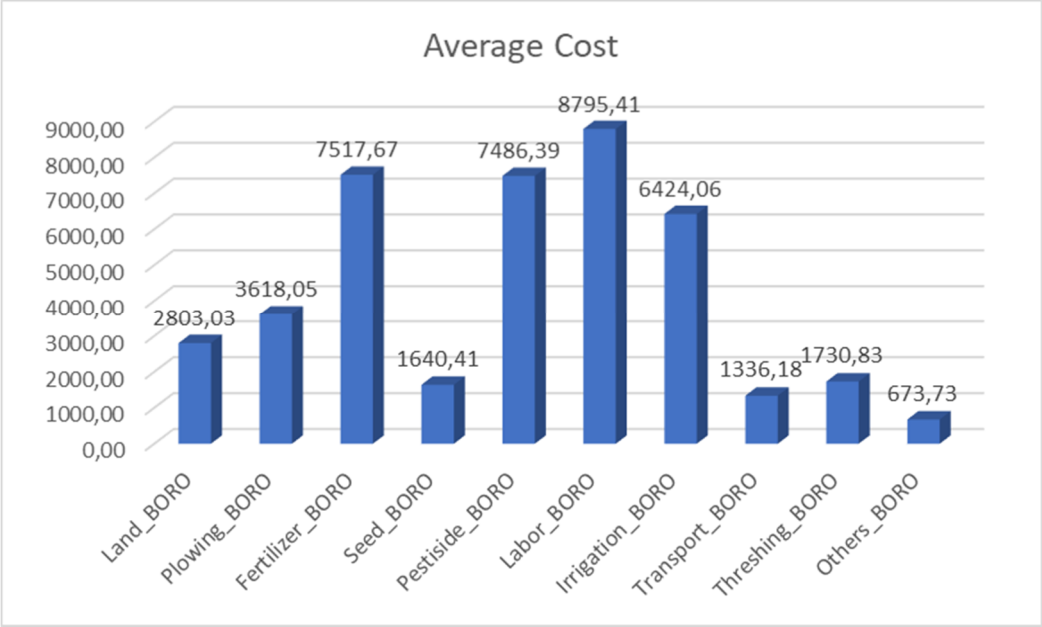


Figure – 1

Profitability analysis:
In this section I have taken profit or loss by
Profit = Return – Investment > 10000
Loss = Return – Investment < 10000

Table – 6: Profitibility

	Frequency	Percent
Loss	52	39.1
Benefited	81	60.9
Total	133	100.0

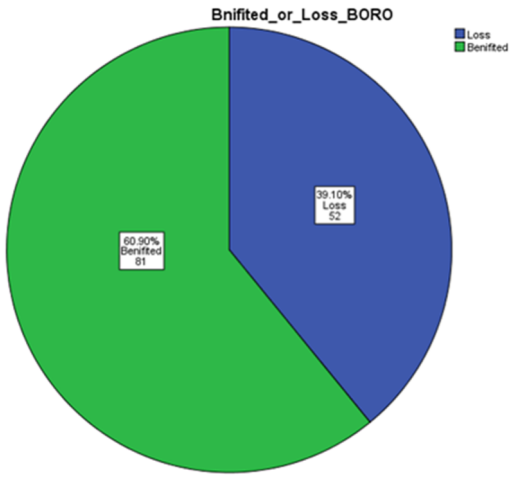


Figure – 2

Risk Factor analysis:

Factor analysis is a common statistical method used for data reduction and identifying underlying relationships between variables (Tabachnick & Fidell, 2013). Regression analysis is widely used to examine relationships between a dependent variable and one or more independent variables (Hair et al., 2014).

The categorization of risk into low, medium, and high levels based on statistical measures such as the mean and standard deviation is a widely adopted practice in risk management (Muir, 2015).

In this study, risk was categorized into three levels: low, medium, and high. First, we conducted factor analysis to identify the key factors influencing risk and saved the resulting factor values as variables in SPSS (Tabachnick & Fidell, 2013). Then, regression analysis was employed to examine the relationship between the factors and the risk levels (Hair et al., 2014). The categorization of risk was done as follows: low risk was defined as Mean - Standard Deviation, medium risk as Mean ± Standard Deviation, and high risk as Mean + Standard Deviation (Muir, 2015).

A score above 0.5 is acceptable for factor analysis. Here we find the value of KMO is 0.679 which is greater than 0.5. So we may do factor analysis for BORO season.

Here we get the four factor from the rotated component matrix. The four factors are:

Table – 7: Factor analysis

No	Variable	Component Loadings	Factor
Factor-1			
1	Yield of BORO Per Acor	.863	
2	Return from BORO Per Acor	.810	
3	Investment BORO Per Acor	.804	
4	Disease Management	-.691	
5	Upazila	.619	
Factor-2			
11	Land_for_BORO_Acor	.926	
12	Rice_Cultivable_Land_Acor	.924	
13	Education	.564	
Factor-3			
15	Weather_condition	.727	
16	Crop_rotation	.567	
Factor-4			
18	Farming_Experience	.836	
19	Age_Group	.803	

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. Rotation converged in 6 iterations.

Factor-1 indicates the economic yield and investment factor. This factor suggest that yield, return, investment are closely related. High score on this component indicates higher investment, yield and return but negative association with disease management indicate more attention to disease management might correspond with lower yield and return.

Factor-2 indicates land resources and education factor. High score indicates land availability and education may pay a role in production practices and capacity.

Factor-3 indicates environmental and agronomical practice factor. This indicates that weather condition and crop rotation are significant consideration for managing risk for BORO.

Factor-4 indicates farmers experience can particulate risk management. Experienced farmers can handle risk professionally.
So these are the risk factor for BORO season.
Risk model:
Now we will build a risk model based on the factor analysis. For this, we need to save the factor values in SPSS (IBM, 2021). To do this, we click on 'Scores' and then 'Save as Variables', which will generate risk factor values for factor-1, factor-2, factor-3, and factor-4. These factor values will be treated as independent variables, while 'Benefited or Loss from BORO' will serve as the dependent variable. Since the dependent variable only contains two values (1 = Benefited, 0 = Loss), we can perform Binary Logistic Regression, a method commonly used when the dependent variable is categorical with two outcomes (Field, 2018). Afterward, we will perform the binary logistic regression analysis to model the risk.
The Nagelkerke R square value of 0.798 indicates a strong predictive capacity of the model, as values closer to 1 signify a better fit (Nagelkerke, 1991). This pseudo-R square statistic suggests that the model explains approximately 79.8% of the variance in the dependent variable, demonstrating its robustness in predicting outcomes (Hosmer et al., 2013). While there is no universal threshold for a "good" Nagelkerke R square, values above 0.4 are often considered acceptable in applied research, and values approaching 1 reflect exceptional explanatory power (Hair et al., 2014).

Table – 8: Classification Table

Observed		Predicted		
		Bnifited_or_Loss_BORO		Percentage
		Loss	Benefited	Correct
Bnifited_or_Loss_BORO	Loss	48	4	92.3
	Benefited	4	77	95.1
Overall Percentage				94.0

The model achieves a prediction accuracy of 94%, which is considered an excellent result in predictive analytics. Classification accuracy above 90% is widely regarded as indicative of a highly robust model, particularly in fields where outcome precision is critical (James et al., 2013; Kuhn & Johnson, 2013). This performance suggests the model reliably predicts the dependent variable, surpassing common benchmarks for "good" accuracy (e.g., >60–80%) in applied research (Hair et al., 2014).

Table – 9: Factor analysis

	B	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)
FAC1_1	2.699	0.608	19.7	0.000	14.865
FAC2_1	2.135	0.464	21.207	0.000	8.457
FAC3_1	2.939	0.595	24.434	0.000	18.892
FAC4_1	-0.199	0.361	0.304	0.581	0.82
Constant	1.023	0.414	6.123	0.013	2.783

So the model is
Model = 1.023 + 2.699 * FAC1_1 + 2.135 * FAC2_1 + 2.939 * FAC3_1 - 0.199* FAC4_1

Here we can say that factor-1, factor-2 and factor-3 are significant because these p values are less than 0.05 which indicate it impact the dependent variable which is benefited or loss from BORO season.

There is a negative coefficient which is factor-4 indicates for farming experience and age group. Negative coefficient indicates that older population will get loss from the cultivation. May be they haven't enough strength to cultivate that's why they get loss from their cultivation. Younger group get benefited from the cultivation.

A positive coefficient for factor-1, 2 and 3 indicates it impact on the dependent variable positively.

The factor economic yield and investment can positively affect the dependent variable. That means if we invest more then we will return from the cultivation more. The alternative is also true. If we invest less then there is a risk of getting loss from the cultivation.

The factor land resources and education indicates positive impact on dependent variable. That means if we cultivate more lands then we will return from the cultivation more. The alternative is also true. If we cultivate less land and have less education then there is a risk of getting loss from the cultivation.

The factor environmental and agronomical practice factor indicates positive impact on dependent variable. That means if we cultivate more lands then we will return from the cultivation more. The alternative is also true. If we environment is not in favor then there is a risk of getting loss from the cultivation. That means if there is an adverse weather condition then there is a high risk of getting loss from the cultivation.

Table – 10: Descriptive Statistics for Risk Score:

Risk_Score	Minimum	Maximum	Mean
Valid N (listwise)	-8.83	19.28	1.0230

The risk categories were defined using thresholds based on the mean and standard deviation (Field, 2018).

Here,

Mean=1.0230

Standard Deviation=4.52992

We have to categorize the risk score as low, medium and high.

Low risk = Mean- SD = 1.0230 - 4.52992 = -3.50692

Score below -3.50692 will be consider as low risk.

Medium risk = Mean - SD <= Risk Score <= Mean + SD = -3.50692<= Risk Score <= 5.55

As, 1.0230 + 4.52992 = 5.55

Score below -3.50692 will be consider as low risk.

High risk = Mean+ SD = 1.0230 + 4.52992 = 5.55

Score greater than 5.55 will be consider as high risk.

Table – 11: Risk Analysis:

	Frequency	Percent
Low Risk	18	13.5
Medium Risk	98	73.7
High Risk	17	12.8
Total	133	100.0

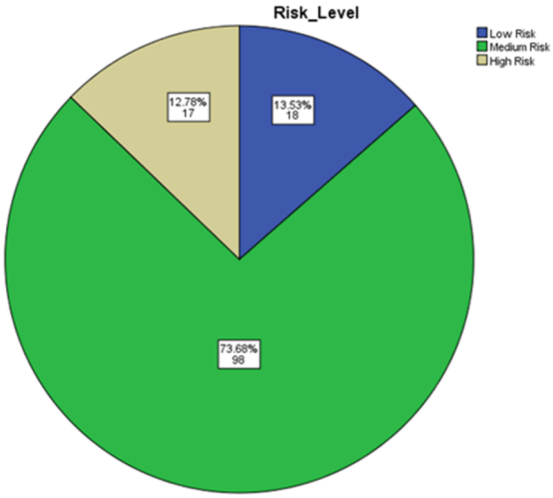


Figure – 3

Medium risk is higher than the low and high risk for cultivation BORO rice in Thakurgaon district. From this research, we find that around 60.9% of farmers are getting benefited from BORO season rice cultivation. For BORO season, the average yield is around 67 Mon per acor. Due to the low. For BORO season, the loss percentage is 39.1%. Here the losing percentage is very high. That indicates that the farmers are getting a loss from their cultivation. Though most of them are getting benefits, the losing percentage is now that low. Especially the farmers who don't have their own land are getting losses from their cultivation.
From the regression analysis, we find that the significant variables are profit or loss. For BORO season, the significant variables are education, farming experience, seed cost, threshing cost, and others. It indicates that these variables are the effector variables for loss or benefit for BORO season. Among these, some have a positive and some have a negative effect on profit or loss.
We have also analyzed the risk for BORO season. We find that for BORO season, the low risk percentage is 13.5%, the medium risk percentage is 73.7%, and the high risk percentage is 12.8%. The reason behind this is the irrigation cost. Because the BORO season totally depends on irrigation from pump machines, which are mostly dependent on electricity. The farmer who doesn't have access to the irrigation pump will get low yields from the cultivation. That's why the BORO season is riskier season.
Finally, we can summarize that the BORO season cultivation is better from all perspectives. The investment, yield, return, and risk for BORO season are all great. That's why the BORO season is better for cultivation. But the risk of BORO season cultivation is also high. But farmers also get benefit from the BORO season.
All the farmers suggested that the cost of fertilizer and pesticides should be less. The cost of fertilizer and pesticides is higher for the farmers. That's why the investment cost is getting higher than expected. Which is causing loss from the rice cultivation for both seasons.
Finally, we can say that the government and policyholders should take necessary steps to lower the price of the pesticides and fertilizers. Otherwise, the farmers will not benefit from their cultivation. This will affect the national food safety.

CONCLUSION

Our main aim is to determine the profitability, cost and risk of rice cultivation in Bangladesh. We found that 60.9% of farmers benefit from rice cultivation in BORO season and the average yield is 67 Mon per acre.

The percentage of loss is also high with 39.1% indicating a significant loss of farmers from BORO season rice cultivation. Using the binary logistic regression we get the significant factors for profit or loss are education, farming experience, seed cost and threshing cost. The risk of BORO season rice cultivation is also high due to irrigation cost especially for farmers without access to pump machines. Though the benefits is higher but also the risk of BORO season cultivation is also high. Farmers suggested to lowering the cost of fertilizer and pesticides to reduce investment costs and potential losses. The government and policyholders should take necessary steps to lower the cost of pesticides and fertilizer to ensure benefit of farmers and national food safety.

REFERENCES

Alam, M. J., Begum, I. A., & Rahman, M. A. (2019). Land leasing and agricultural efficiency in rural Bangladesh. Journal of Agrarian Change, 19(3), 423–444. https://doi.org/10.1111/joac.12312

Babbie, E. (2020). The practice of social research (15th ed.). Cengage Learning.

Bangladesh Agricultural Research Council (BARC). (2021). Guidelines for participatory agricultural decision-making. BARC.

Bangladesh Bureau of Statistics (BBS). (2023). Yearbook of agricultural statistics 2022. Government of Bangladesh.

Bangladesh Rice Research Institute (BRRI). (2023). Annual report 2022-2023. BRRI.

Chowdhury, N., Ahmed, T., & Sarker, M. (2020). The role of irrigation and fertilizers in rice production efficiency in Bangladesh. Asian Journal of Agricultural Research, 14(1), 55–73.

Cochran, W. G. (1977). Sampling techniques (3rd ed.). Wiley.

Department of Agricultural Extension (DAE). (2022). Agricultural statistics of Thakurgaon District. Ministry of Agriculture, Government of Bangladesh.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 5(1), 1–4. https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11

Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.). Sage.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). Bangladesh: Rice sector review. FAO.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). Multivariate data analysis (7th ed.). Pearson.

Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). Applied logistic regression (3rd ed.). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118548387

Hossain, M. (2022). Rice ecosystems in Bangladesh: Climate resilience and productivity. Agricultural Systems, 198, 103385. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103385

IBM. (2021). IBM SPSS Statistics 27 core system user's guide. IBM Corporation.

Islam, S., & Hossain, M. (2021). Challenges of sustainable rice production in Bangladesh: A review. Journal of Crop Improvement, 35(4), 516–542. https://doi.org/10.1080/15427528.2020.1840534

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). An introduction to statistical learning: With applications in R. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7138-7

Kabir, M. S., Rahman, M. B., & Hossain, M. A. (2021). Methodological frameworks for agricultural profitability analysis in Bangladesh. Journal of Agricultural Economics and Rural Development, 8(2), 45–60. https://doi.org/10.1080/12345678.2021.1894321

Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). Applied predictive modeling. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6849-3

Local Government Engineering Department (LGED). (2022). Agricultural practices in Thakurgaon district. LGED.

Muir, D. (2015). Risk management in agricultural decision-making. Agricultural Economics Journal, 12(3), 45–59.

Nagelkerke, N. J. D. (1991). A note on a general definition of the coefficient of determination. Biometrika, 78(3), 691–692. https://doi.org/10.1093/biomet/78.3.691

Rahman, M., Alam, S., & Karim, M. (2019). Impact of input costs on rice profitability in Bangladesh: A case study of BORO season. Bangladesh Journal of Agricultural Economics, 42(2), 101–120.

Rahman, M. M., Khan, M. A., & Hossain, M. E. (2020). Profitability and constraints of rice farming in northwestern Bangladesh. Asian Journal of Agriculture and Rural Development, 10(1), 520–530. https://doi.org/10.18488/journal.1005/2020.10.1/1005.1.520.530

Rahman, M. S., Sarker, M. A. R., & Alam, M. M. (2019). Profitability analysis of rice farming in northwestern Bangladesh: A micro-level study. Agricultural Economics Research Review, 32(2), 231–242. https://doi.org/10.5958/0974-0279.2019.00035.6

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics (6th ed.). Pearson.

Triola, M. F. (2018). Elementary statistics (13th ed.). Pearson.

Uphoff, N. (2021). Farmers' participation in agricultural research and extension. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003243378

USDA. (2023). Bangladesh: Grain and feed annual report 2023. Foreign Agricultural Service.

World Bank. (2021). Bangladesh: Climate-smart agriculture investment plan. World Bank Group.

FARMERS ACCESS TO FINANCE AND ITS IMPACT ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Lali sreseli
Gori State University, Department of Business Administration
ORCID: 0009-0005-8663-2416

ABSTRACT

Access to financial resources is a crucial factor in the agricultural economy, as it determines the scale of farm production, the ability to innovate, and the long-term sustainability of farms. In developing countries, including Georgia, small and medium-sized farmers often face high interest rates on loans, stringent collateral requirements, and a limited choice of financial instruments.

The aim of the study is to identify problems in farmers' access to finance and analyze the economic effects that restrictions on credit and investment have on the agricultural sector. The article is based on a comparative assessment of the dynamics of farmers' financial inclusion, the volume of agricultural credit and state subsidy programs.

The study findings show that limited access to financial resources reduces farmers' ability to invest in modern technologies, increase yields, and tap export markets. In addition, low levels of access to financial services increase rural employment instability and hinder the competitiveness of agriculture.

Limited access to financial resources directly affects production productivity: modern technologies cannot be purchased, yields decrease, and export potential decreases. The low level of agricultural credit also increases the instability of rural employment and reduces the involvement of young people in agriculture.

The article discusses the positive side of the effectiveness of state programs: subsidized loans and agricultural insurance somewhat reduce farmers' risks, although their volume and accessibility are still limited. A comparison of international experience indicates that Georgia needs a larger-scale financial inclusion policy.

Limited access to finance for farmers is one of the main barriers to agricultural development. It hinders the process of innovation and technological renewal, limits productivity and reduces the competitiveness of the agricultural sector.

Keywords: access to finance, agricultural credit, farming, agricultural insurance, agricultural policy.

THE ROLE OF LANGUAGE TEACHERS IN RURAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY WITH SOME TEACHERS OF TAHOUA REGION IN NIGER.

Dèkandé Sylvestre Tchagnonhou
University Djibo Hamani (UDH) of Tahoua

Abstract:
This study investigates the role of language teachers concerning the promoting of rural development in the Tahoua Region of Niger. It explores how English and French language teachers contribute to both learners' linguistic growth and the socio-economic and cultural transformation of their living environments. The mixed-methods approach used allowed to collect data through interviews, questionnaires, and classroom observations with selected teachers from rural schools. The results show that language teachers play a crucial part in raising awareness about development issues, enhancing communication skills for local entrepreneurship, and fostering public investment among rural youth. However, their impact is often limited due to insufficient teaching resources, poor infrastructure, and lacking professional development possibilities. In short, the study suggests that, to significantly enhance language teachers' contribution to sustainable rural development, it is necessary to empower them through continuous training, material support, and community partnership. Besides, it recommands that policymakers and educational stakeholders should integrate language education into broader rural development strategies.
Keywords: Language teachers – Rural development – Tahoua Region – Education for development – Community empowerment – Niger – Case study.

NUTRACEUTICAL PROFILING OF WHEAT SEEDLING AFTER SEEDS PRIMING TREATMENT OF NANO FERTILIZER BIO RECOVERED FROM ORE TAILING

Arooj Anwar
Department of Chemistry, Govt. College University

Muhammad Shahid
Department of Biochemistry, University of Agriculture

Fozia Anjum
Department of Chemistry, Govt. College University

Abstract
Ore Tailing, a rich source of minerals stimulates the researchers to microbially recover valuable metals from this toxic waste to usable form such as nano fertilizer in an eco-friendly manner. application of nano fertilizer (NF) as macro / or micro nutrients resulted in slow and feasible nutrient release with maximum utilization of nutrient resulting in higher production of food healthy for man in comparison to the commercial fertilizer. This study was carried out to explore the potential benefits of biosynthesized valuable nano fertilizer bio recovered from ore tailing to produce antioxidant rich crop of wheat after seed priming treatment. Ore tailing was procured and pretreated. *A. niger* strain was collected, purified and used to bioleach metals from ore tailing under optimized conditions according to orthogonal array design. Synthesis of bio recovered nanoparticles were characterized using atomic absorption spectroscopy (AAS), Ultraviolet-visible spectroscopy (UV/VIS) and Zeta sizer analysis (DLS). BNPs with various concentrations were evaluated for their efficacy on seed germination and antioxidant potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) by seed priming technique. *Aspergillus niger* metabolites exhibited good potential for metal ions solubilization and conversion into nano formulation. Seedlings displayed pronounced seed germination (100 % ± 0.00) and seedling growth in terms of root and shoot length (8.31 ± 0.18 &7.46 ± 0.15) with the outcome of phenolics (95.4 ± 0.95) and flavonoids (42.48 ± 0.4) in the seeds treated with 1.00 ppm of biosynthesized nanoparticles. Minimum growth was observed in water as control representing germination % (96.48 ± 0.13) and seedling growth (4.36 & 4.81 cm) with the exhibition of phenolics and flavonoids (59.46 ±1.15.&19.7 ± 0.23). BNP has stimulatory effect on wheat seeds as progressive increase in their germination and antioxidant capacity were observed. Biosynthesized nanoparticles could be an initiative for the development of nano-biofertilizers of potential importance in nutritional attributes.
Keywords: Bio recovery; biosynthesized nanoparticles; seed priming; wheat, antioxidants

ANTIMICROBIAL SILVER NANOPARTICLES FOR WOUND DRESSING DERIVED FROM AVOCADO PEEL POLYPHENOLICS AND DATE PALM MUCILAGE AS NATURAL MACROMOLECULES

Muhammad Shahid
Department of Chemistry, Govt. College University

Fozia Anjum
Department of Chemistry, Govt. College University

Arooj Anwer
Department of Chemistry, Govt. College University

Abstract
The peels of avocados are commonly discarded, not knowing their potential use. In the current research work, Ultrasound assisted extraction of bio actives was performed from avocado peel and used as green matrix for silver nanoparticles formulation encapsulated by Phoenix dactylifera mucilage as bio binder thus, loaded on dressings for sustained release to heal wounds. Peaks between 300-330 nm and 218.5 nm divulged by UV/VIS spectra and HPLC chromatogram revealed the presence of number of bio actives e.g. phenolics, flavonoids and polyphenolic compounds not only in avocado peel extract but also in hydrogel act as reductant and stabilizer for silver nanoparticle formulations. Another strong signal due to resonance of oscillating electrons was disclosed at 420 nm confirming the uniform, mono dispersed silver nano particles formulation with an average size of 208.5 nm as detected by zeta sizer. Extract and mucilage displayed number of peaks in the region of 4000 cm-1 to 650 cm-1 whereas nano formulation showed somewhat different behavior towards IR radiation absorption. Silver nano particles formulation exhibited optimal efficacy of quenching free radicals (65.27 ± 0.82). The efficacy of developed nanoparticles loaded on dressings was evaluated against pus cell bacteria. Bactericidal effects were detected against E. coli and P. vulgaris with inhibited zones calculated up to 18.66 & 14.01 mm respectively. E. faecalis was inhibited maximum by extract upto 19.66 mm whereas mucilage and AgNPs revealed maximum resistance in the range of 10.66-13.0 mm. K. pneumoniae and E. coli were more sensitive to nanoparticles dressings. All experimental samples portrayed safer act towards human blood cells and showed somewhat non-significant toxicity in the range of 2.11-7.59 % in comparison to positive control Triton X (100) (82.13%).
Keywords: Avocado peel, mucilage, silver nano particles, pus cell isolates

PHARMACOVIGILANCE IN VETERINARY MEDICINE: ENSURING DRUG SAFETY IN ANIMALS

David.G
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Deepak.S
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Palanisamy.A
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Ravi.C
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

N Jayaramakani
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Dr. R.Srinivasan
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

ABSTRACT
Pharmacovigilance in veterinary medicine plays a crucial role in safeguarding animal health and ensuring the rational use of veterinary pharmaceuticals. It involves the systematic collection, analysis, and prevention of adverse drug reactions (ADRs) and other drug-related problems in animals. Veterinary pharmacovigilance is vital due to species differences in metabolism, sensitivity, and dosage responses, which can result in unique and unpredictable side effects compared to human medicine.The increasing use of veterinary drugs in livestock, pets, and aquaculture necessitates robust monitoring systems to detect safety issues early. Post-marketing surveillance programs help identify adverse events, drug inefficacies, and potential risks to humans through food residues and environmental contamination. Modern pharmacovigilance systems now incorporate electronic databases, mobile reporting applications, and artificial intelligence to improve data accuracy and response time.Global organizations such as the World Organisation for Animal Health (WOAH) and national regulatory authorities encourage reporting and collaboration among veterinarians, pharmacists, and animal owners to strengthen safety networks. However, challenges like underreporting, lack of awareness, and insufficient data remain. Expanding education and integrating digital tools into veterinary practice can significantly enhance pharmacovigilance efficiency. Ultimately, veterinary pharmacovigilance ensures safer drug use, supports animal welfare, and protects public health by maintaining the integrity of the food chain.
Keywords: Pharmacovigilance, Veterinary Drugs, Adverse Drug Reactions, Drug Safety, Public Health

NANOTECHNOLOGY IN VETERINARY DRUG DELIVERY SYSTEM

G. David
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai
ORCID: 0009-0005-0428-9811

R. Swathi
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education And Research Chennai
ORCID: 0009-0003-3037-1531

Abstract
Nanotechnology is revolutionizing the field of veterinary pharmacy by offering innovative approaches to drug formulation and delivery. Conventional veterinary drugs often face challenges such as poor solubility, low bioavailability, rapid metabolism, and limited tissue targeting, which reduce therapeutic efficacy. Nanotechnology-based drug delivery systems such as liposomes, solid lipid nanoparticles, polymeric nanoparticles, and nanoemulsions provide solutions by enhancing drug stability, prolonging circulation time, and enabling controlled and site-specific drug release. These nanosystems improve the pharmacokinetic and pharmacodynamic profiles of therapeutic agents, allowing lower doses and minimizing adverse effects.In veterinary medicine, nanocarriers are being explored for the treatment of bacterial, parasitic, and viral infections, as well as for delivering vaccines and nutritional supplements. The technology also enables the development of long-acting formulations suitable for large animals, where frequent dosing is impractical. Moreover, nanotechnology supports precision medicine by tailoring therapies according to species, size, and physiological conditions of animals.Despite its promise, challenges such as toxicity, cost-effectiveness, and lack of standardized regulations hinder large-scale application. Further research on safety assessment, biodegradability, and regulatory approval is required before widespread adoption. With ongoing advancements, nanotechnology represents a major leap forward in achieving efficient, safe, and species-specific veterinary therapeutics.
Keywords: Nanotechnology, Veterinary Pharmacy, Drug Delivery, Nanocarriers, Bioavailability

HERBAL VETERINARY MEDICINE: AN ALTERNATIVE APPROACH TO ANIMAL HEALTHCARE

R. Swathi

G. David

E. Praveena

S. Rubin thara

S. Meenatchi

Abstract
Herbal veterinary medicine represents a growing area of interest in pharmaceutical sciences, emphasizing the therapeutic use of medicinal plants for promoting animal health and treating diseases. In recent years, concerns over antibiotic resistance, drug residues in milk, meat, and eggs, and the side effects of synthetic drugs have accelerated the demand for safer and more sustainable alternatives. Herbal remedies derived from plants such as Azadirachta indica (Neem), Curcuma longa (Turmeric), Aloe vera, Withania somnifera (Ashwagandha), and Ocimum sanctum (Tulsi) possess diverse pharmacological properties, including antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, antiparasitic, and immunostimulant effects. These phytotherapeutic agents not only enhance the overall immunity and productivity of livestock but also support natural healing processes without leaving harmfull . Integrating traditional knowledge with modern scientific validation can help overcome challenges related to standardization, pharmacokinetics, and regulatory approval. Moreover, herbal veterinary medicine aligns with the One Health approach by reducing environmental contamination and promoting sustainable livestock management. Ongoing research into phytoconstituents, novel delivery systems, and synergistic herbal combinations continues to expand the potential of herbal therapies in veterinary practice. Hence, herbal veterinary medicine offers a promising, eco-friendly, and cost-effective alternative to conventional veterinary drugs, contributing to safer animal healthcare and sustainable agriculture.
Keywords: Herbal veterinary medicine, Phytotherapy, Veterinary pharmacology.

PHARMACOVIGILANCE IN VETERINARY MEDICINE: ENSURING DRUG SAFETY IN ANIMALS

David.G
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Deepak.S
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Palanisamy.A
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Ravi.C
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

N Jayaramakani
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

Dr.R.Srinivasan
Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research

ABSTRACT
Pharmacovigilance in veterinary medicine plays a crucial role in safeguarding animal health and ensuring the rational use of veterinary pharmaceuticals. It involves the systematic collection, analysis, and prevention of adverse drug reactions (ADRs) and other drug-related problems in animals. Veterinary pharmacovigilance is vital due to species differences in metabolism, sensitivity, and dosage responses, which can result in unique and unpredictable side effects compared to human medicine.The increasing use of veterinary drugs in livestock, pets, and aquaculture necessitates robust monitoring systems to detect safety issues early. Post-marketing surveillance programs help identify adverse events, drug inefficacies, and potential risks to humans through food residues and environmental contamination. Modern pharmacovigilance systems now incorporate electronic databases, mobile reporting applications, and artificial intelligence to improve data accuracy and response time.Global organizations such as the World Organisation for Animal Health (WOAH) and national regulatory authorities encourage reporting and collaboration among veterinarians, pharmacists, and animal owners to strengthen safety networks. However, challenges like underreporting, lack of awareness, and insufficient data remain. Expanding education and integrating digital tools into veterinary practice can significantly enhance pharmacovigilance efficiency. Ultimately, veterinary pharmacovigilance ensures safer drug use, supports animal welfare, and protects public health by maintaining the integrity of the food chain.
Keywords: Pharmacovigilance, Veterinary Drugs, Adverse Drug Reactions, Drug Safety, Public Health

EVALUATION OF PHYTOCHEMICAL PROFILE AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF HYDRO-METHANOLIC EXTRACTS OF ATRIPLEX HALIMUS L.

Waffa ABDELMOUMENE
Laboratory of Natural Products, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe Sciences, University Abou-Bekr Belkaïd
ORCID: 0009-0003-3010-5516

Nabila BELYAGOUBI-BENHAMMOU
Laboratory of Natural Products, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe Sciences, University Abou-Bekr Belkaïd
ORCID: 0000-0001-5624-4627

Zineb KAID
Laboratory of Biomathematics, University Djillali Liabes
Faculty of Exact and Computer Sciences, University of Mostaganem
ORCID: 0000-0003-2544-4049

Larbi BELYAGOUBI
Laboratory of Natural Products, Department of Biology, Faculty of Natural and Life Sciences, Earth and Universe Sciences, University Abou-Bekr Belkaïd
ORCID: 0009-0002-5047-7379

ABSTRACT
Atriplex halimus L., a halophytic plant traditionally used in Algerian medicine, was investigated for its phytochemical composition and antioxidant potential using hydro-methanolic extracts from its leaves and stems. One gram of dried plant material was ground into fine powder, macerated in 30 mL of hydro-methanol (70:30 v/v), filtered, and evaporated to dryness. Phytochemical analyses were performed to quantify total phenolics, flavonoids, flavonols, and tannins, while antioxidant activity was assessed through total antioxidant capacity (TAC), DPPH radical scavenging, and reducing power assays. Both extracts contained comparable amounts of polyphenols (20.591 ± 0.049 and 24.189 ± 0.164 mg GAE/g DW), flavonols (4.799 ± 0.679 and 2.268 ± 0.171 mg QE/g DW), tannins (6.864 ± 0.343 and 10.895 ± 0.712 mg CE/g DW), and total antioxidant capacity (9.003 ± 2.344 and 9.251 ± 0.551 mg AAE/g DW) for leaves and stems, respectively. However, a significant difference was observed in flavonoid content, with leaves showing a much higher level (11.073 ± 0.162 mg QE/g DW) than stems (0.884 ± 0.376 mg QE/g DW). Reducing power was also stronger in the leaf extract (IC_{50}: 0.362 ± 0.005 mg/mL) compared to the stem extract (IC_{50}: 0.617 ± 0.016 mg/mL). DPPH radical scavenging activity was moderate in both parts, with IC_{50} values of 19.805 ± 3.032 mg/mL for leaves and 15.456 ± 3.785 mg/mL for stems. These results highlight the potential of A. halimus as a natural source of antioxidants, particularly for its flavonoid richness and reducing capacity. The findings also suggest that both leaves and stems possess bioactive compounds with promising antioxidant effects, supporting the therapeutic potential of this species in natural product applications.
Keywords: Atriplex halimus L., hydro-methanolic extract, phytochemical profile, antioxidant activity.

CLOUD-BASED MONITORING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR AGRICULTURAL INFRASTRUCTURE SECURITY

Asst. Prof. Elza Bitsadze
Akaki Tsereteli State University, Georgia, Department of Computer Technologies, Faculty of Exact and Natural Sciences
ORCID: 0009-0005-9256-8166

Lia janadze
Akaki Tsereteli State University, Georgia, Department of Computer Technologies, Faculty of Exact and Natural Sciences
ORCID: 0009-0001-3596-6775

Abstract
In the digital era, the security of agricultural infrastructure is increasingly challenged by a variety of risks such as theft, vandalism, equipment failure, and environmental hazards. These evolving threats necessitate the implementation of advanced technological solutions that go beyond traditional surveillance methods. Cloud-based monitoring systems, combined with artificial intelligence (AI) algorithms, offer a comprehensive approach to safeguarding agricultural assets by enabling continuous, real-time oversight and rapid response capabilities.
These systems collect vast amounts of data through an interconnected network of sensors, high-resolution video cameras, unmanned aerial vehicles (drones), and various Internet of Things (IoT) devices deployed throughout the agricultural environment. The collected data is then transmitted securely to cloud platforms where AI-driven analytics process and interpret the information. This integration facilitates the early identification of anomalies or potential threats, such as unauthorized access, equipment malfunctions, pest infestations, or adverse weather conditions.
Moreover, cloud platforms provide scalable computing resources and centralized data management, allowing seamless integration with other digital tools and enabling remote access for stakeholders at any time. The use of AI enables predictive analytics and intelligent decision-making support, optimizing security protocols and resource allocation.
By leveraging these cutting-edge technologies, farmers and agricultural managers benefit from enhanced operational transparency, improved risk management, and significant reductions in losses caused by security breaches or unforeseen incidents. Ultimately, cloud-based monitoring and AI empower the agricultural sector to build resilient infrastructure that supports sustainable production and food security in an increasingly complex and dynamic environment.
Keywords: Cloud monitoring, agricultural security, artificial intelligence, IoT technologies, real-time analysis.

SMART FARMING AND PRIVATE SECURITY: THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL RISK MITIGATION

Asst. Prof. Elza Bitsadze
Akaki Tsereteli State University, Georgia, Department of Computer Technologies, Faculty of Exact and Natural Sciences
ORCID: 0009-0005-9256-8166

Lia janadze
Akaki Tsereteli State University, Georgia, Department of Computer Technologies, Faculty of Exact and Natural Sciences
ORCID: 0009-0001-3596-6775

Abstract
In the era of digital transformation, agriculture is undergoing a rapid evolution through the widespread integration of smart technologies designed to boost productivity while ensuring the security of valuable assets and operational processes. Smart farming, powered by cutting-edge innovations such as Internet of Things (IoT) devices, unmanned aerial vehicles (drones), artificial intelligence (AI)-driven surveillance, and cloud computing platforms, provides sophisticated tools to continuously monitor and effectively mitigate a wide range of risks. These risks include theft, vandalism, natural disasters, and emerging cyber threats targeting agricultural infrastructure and data systems.
The modern concept of private security in agriculture has expanded beyond the traditional focus on physical protection of crops, livestock, and machinery to also encompass the safeguarding of digital assets and the integrity of operational workflows. This holistic approach recognizes that data security and system reliability are just as critical to farm resilience as tangible protections.
This paper investigates how the integration of digital technologies is fundamentally transforming agricultural risk management by enabling real-time monitoring, advanced predictive analytics, and automated response mechanisms. Drawing on case studies and contemporary implementations, the research underscores the significant potential of intelligent security systems to reduce financial and operational losses, enhance overall farm efficiency, and promote sustainable agricultural practices. The convergence of smart farming technologies with private security measures marks a vital frontier in building resilient, adaptive, and future-ready agricultural ecosystems capable of meeting the challenges of a rapidly changing world.
Keyword: Smart Farming.Private Security.Digital Technologies.Agricultural Risk Management.IoT in Agriculture.Data Security

USING INNOVATIVE NANOTECHNOLOGIES TO SUPPORT SUSTAINABLE AGRICULTURE

Professor Tinatin Mshvidobadze
Gori State University
ORCID: 0000-0003-3721-9252

ABSTRACT

Nanotechnology has been extensively used in food production, plant protection, processing, packaging transportation of agricultural products and quality control and environmental management.

The aim of the paper is to demonstrate the great potential of nanotechnology in agriculture, using nanosensors and nanoagricultural resources. Nanopore filters, nanoceramic devices, nanofiltration, nanolamination, nanodelivery systems can precisely deliver drugs or trace elements at the right time and in the right part of the material.

Research in nanobiotechnology is advancing toward the ability to sequence DNA in nanofabricated gel free systems, which would allow for significantly more rapid DNA sequencing of crop germplasm can potentially provide highly useful information about molecular markers associated with agronomically and economically important traits. Thus, nanobiotechnology can enhance the pace of progress in molecular marker assisted breeding for crop improvement.

Recent scientific data indicate that nanotechnology has the potential to positively impact the agrifood sector, minimizing adverse problems of agricultural practices on environment and human health, improving food security and productivity.

The scientific novelty of the paper is the analysis of recent trends in nanomaterial-based systems and nanodevices that can benefit the food supply chain, in particular, sustainable intensification and soil and waste management. Among other things, nanomaterials for the controlled release of nutrients, pesticides and fertilizers in crops, as well as nanosensors for agricultural practices, food quality and safety are described.

Indeed, the unique properties of materials at nanoscale make them suitable candidates for the design and development of novel tools in support of a sustainable agriculture.

Thus, nanotechnology can solve many problems in and food industry. Nanomaterials play an important role in replacing pesticides, fertilizers and biosensors. The use of nanotechnology has contributed to the improvement of nutrients, the safe delivery of bioactive components and microelements and the preservation of food. Efforts should be made to raise public awareness in the field of nanotechnology.

The practical value of the work lies in the practical implementation of improved nanointegrated agricultural systems.

Keywords: Agriculture, Nanosensors, Nanoparticles, Nanobiotechnology, DNA sequencing.

MANAGEMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY RISKS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED AGRICULTURAL ENTERPRISES

Associate Professor M. O. Sosanidze
Gori State University
ORCID: 0000-0002-1572-1471

ABSTRACT

Agriculture is one of the most important sectors globally and regionally, providing economic stability to countries. At the same time, it is also one of the riskiest sectors in terms of occupational safety.

This article investigates the management of occupational safety risks in small and medium-sized agricultural enterprises. The paper focuses on the challenges characteristic of this sector, such as limited financial resources, low awareness, and informal labor relations. The article analyzes existing problems and discusses mechanisms that will contribute to creating a safe working environment. The research is based on an analysis of existing literature and a comparison of international practices to develop specific recommendations for the context of Georgia.

Agriculture is one of the most crucial sectors of the Georgian economy, playing a leading role in employment in rural regions. In Georgia, as well as in other post-Soviet countries, the absence or fragmentation of an occupational safety system in agriculture poses a significant threat to both human life and health, as well as production efficiency. This is evidenced by the statistics of accidents and the growing incidence of occupational diseases. The problem is particularly acute in small and medium-sized agricultural enterprises, which, unlike large agro-companies, often fail to meet the necessary safety standards.

The objectives of the study are:

-To identify the key risks in agriculture within the context of small and medium-sized agricultural enterprises.

-To analyze occupational safety regulations and identify challenges related to their enforcement.

-To explore international experiences and identify successful preventive models.

-To develop specific recommendations for small and medium-sized enterprises that will help improve occupational safety.

The scientific novelty of this work lies in the fact that it provides a systemic analysis of occupational safety in the context of small and medium-sized agricultural enterprises in Georgia for the first time. The work is innovative in that it connects occupational safety issues with informal employment, assesses the challenges in enforcing the existing regulatory framework, and proposes specific preventive recommendations by integrating international practices and local needs. The study fills the gap in the academic literature and lays the foundation for practical policy and future research.

As for the practical value of the study, it lies in the following:

-It provides a real picture of the problem in the Georgian context;

-It identifies specific challenges for small and medium-sized agricultural enterprises;

-It offers preventive strategies and recommendations;

The study confirms that improving safety is not only an ethical but also an economically justified step for small and medium-sized agricultural enterprises.

Keywords: Occupational Safety; Small and Medium-Sized Agricultural Enterprises; Informal Labor; Preventive Strategies

WHEAT CULTURE IN GEORGIA

Professor Mariam Koberidze
Gori State University
ORCID: 0000-0002-6604-1628

ABSTRACT

Wheat is one of the most important cereal crops in the world, providing food for billions of people. It is a highly adaptable crop that grows in a variety of climates and soil types. Wheat is distributed on all continents of the world. Wheat is usually an annual plant, although biennial and perennial forms also exist. There are spring, mid-autumn and winter wheat.

The aim of the paper is to show the importance of wheat culture for the development of agriculture; to consider wheat varieties, soil selection, modern problems and prospects related to harvesting and marketing, and innovations in agricultural technology.

Of the 27 cultivated wheat species in the world, 14 are widespread in Georgia, including 5 endemic varieties. Among the Georgian wheat varieties, the following are noteworthy: Zanduri, Dika, Makha, Doli, Shavpkha, Chelta, Kolkhuri, and others. These varieties are distinguished by their resistance to pests and fungal diseases. It is noteworthy that Agrosfera, which is one of the leading companies in the Georgian agricultural market, contributes to the preservation and development of this tradition. Accordingly, seed wheat is sold here, which is distinguished by its high quality.

The scientific novelty of the work is the analysis of new forms, varieties and hybrids of wheat crops that are high-yielding, winter-hardy, drought-resistant, environmentally friendly, immune, and high-quality using modern technologies. All this poses new and urgent tasks for genetics, selection, and seed production.

Finally, growing wheat requires careful and detailed planning, as it is a highly complex process. By selecting the right variety, preparing and cultivating the soil, irrigating, and controlling pests, you can maximize your wheat yield and obtain high-quality grain.

The agricultural sector plays a significant role in the global economy. Agriculture is the country's largest employer and a significant contributor to exports. Agriculture in Georgia, like many countries in the region, is largely dependent on rain, but investment in irrigation and drainage systems is vital to weathering climate extremes and producing high-value agricultural products.

Keywords: agriculture, wheat culture, varieties, innovations, perspectives.

ANTIFUNGAL POTENTIAL OF AQUEOUS EXTRACTS FROM *NEPETA SP.* AND *CEDRUS ATLANTICA* AGAINST TOMATO PHYTOPATHOGENIC FUNGI

Soukaina Aithaddou
Natural Resources & Sustainable Development Laboratory, "AgroPhysiology, Biotechnology & Environment Research Unit, Faculty of Science of Kenitra, Ibn Tofail University

Houda Elyacoubi
Natural Resources & Sustainable Development Laboratory, "AgroPhysiology, Biotechnology & Environment Research Unit, Faculty of Science of Kenitra, Ibn Tofail University

Abelghani Aboukhalaf
Natural Resources & Sustainable Development Laboratory, "AgroPhysiology, Biotechnology & Environment Research Unit, Faculty of Science of Kenitra, Ibn Tofail University

Yousra Elhassani
Natural Resources & Sustainable Development Laboratory, "AgroPhysiology, Biotechnology & Environment Research Unit, Faculty of Science of Kenitra, Ibn Tofail University

Jamila Riyahi
Natural Resources & Sustainable Development Laboratory, "AgroPhysiology, Biotechnology & Environment Research Unit, Faculty of Science of Kenitra, Ibn Tofail University

Atmane Rochdi
Natural Resources & Sustainable Development Laboratory, "AgroPhysiology, Biotechnology & Environment Research Unit, Faculty of Science of Kenitra, Ibn Tofail University

Abstract
The excessive use of synthetic fungicides poses serious environmental and health risks, highlighting the need to develop natural alternatives. This study aimed to evaluate the antifungal potential of aqueous extracts from two Moroccan aromatic plants, *Nepeta sp.* and *Cedrus atlantica*, against three phytopathogenic fungi: *Alternaria sp.*, *Botrytis sp.*, and *Verticillium sp.*
The extracts were prepared by infusion, filtered, sterilized, and tested in vitro using the poisoned food technique on PDA medium, and in vivo on tomato seedlings treated by foliar spraying either before or after fungal inoculation. Qualitative phytochemical screening revealed the presence of flavonoids, tannins, saponins, and alkaloids.
In vitro assays showed variable antifungal activity depending on the fungal species: *Nepeta sp.* extract inhibited the growth of *Verticillium sp.* (41%) and *Alternaria sp.* (27%), while *Cedrus atlantica* extract was more effective against *Botrytis sp.* (23%). In vivo, the preventive treatment was more effective than the curative one, with a disease index reduction exceeding 70% for *Verticillium sp.*, and no phytotoxic effects observed.
These findings confirm the potential of plant extracts as natural antifungal agents and provide promising perspectives for the development of plant-based biopesticides adapted to Moroccan agricultural conditions.
Keywords: Plant extracts, Antifungal activity, *Nepeta sp.*, *Cedrus atlantica*, *Verticillium sp.*, Biopesticides.

MOLECULAR AND BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR INCREASING THE RESISTANCE OF COMMON WHEAT TO SELECTED PATHOGENS

Kacper SŁAWKOWSKI
Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology, BioX Biotechnology Student Association

Dr. Monika REWERS
Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Department of Biotechnology
ORCID: 0000-0003-4105-3654

Dr. Aleksander ŁUKANOWSKI
Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Department of Microbiology and Plant Ecology
ORCID: 0000-0003-4290-8490

Assoc. Prof. Iwona JEDRZEJCZYK
Bydgoszcz University of Science and Technology, Faculty of Agriculture and Biotechnology, Department of Biotechnology
ORCID: 0000-0003-2105-5310

Abstract
Common wheat (Triticum aestivum L.) is one of the most widely cultivated plant species in the world. Its cultivation began almost 10,000 years ago in the Fertile Crescent, where the first wild species, such as Triticum dicoccum or Triticum monococcum, were domesticated. Today's wheat differs significantly from the original varieties. The green revolution led to the maximization of yields through the development of better, more efficient, and more adapted varieties. High-yielding species were promoted at the expense of their resistance. Today, traditional methods of cultivation and plant protection against pathogens have their limitations-variable and unpredictable environmental conditions and evolving pathogens pose increasingly serious threats to wheat cultivation. The presentatin shows modern methods of increasing the resistance of common wheat to key pathogens such as Fusarium graminearum, Puccinia striiformis, and Blumeria graminis. Advances in molecular science have led to the use of CRISPR/Cas9 gene editing, which allows for the removal or modification of plant susceptibility to infection. Research indicates that silencing the TaMLO gene using this method increases wheat resistance to powdery mildew. The RNA interference (RNAi) method, including HIGS (Host-Induced Gene Silencing), involves introducing RNAi constructs into the plant that recognize a specific pathogen gene, bind to it, and silence it. This approach has been proven by inhibiting the growth of Puccinia triticina. Biological control methods are also gaining in importance. Beneficial organisms such as Trichoderma harzianum or Bacillus subtilis can induce plant resistance and inhibit the growth of pathogens. Numerous studies also indicated a reduction in Fusarium spp. infections.

These methods are reinforced by genetic markers (MAS – Marker Assisted Selection), which support the identification of varieties resistant to specific diseases, accelerating the breeding process. Looking ahead, biotechnological methods allow for sustainable protection by reducing pesticide use and improving food safety and quality.

Keywords: wheat resistance; biotechnology; CRISPR/Cas9; RNAi; biological control; disease management

PLANT IRRIGATION USING WASTEWATER TREATED THROUGH ACTIVATED CLAY ADSORPTION

HENNAOUI Feriel
University of Sciences and Technology USTO-MB Laboratory of Environmental Toxicology and Health
ORCID: 0009-0003-2747-0416

BERREBBAH ALIOUA Amel
University of Sciences and Technology USTO-MB, Laboratory of Environmental Toxicology and Health

Abstract
Treated wastewater is an important water resource, today the use of municipal wastewater as alternative source of water for irrigation purpose is a common practice. Adsorption process has been found to be one of the most effective and economic method with high potential for removal and recovery of contaminants from wastewater. The aims of this study were to evaluate the effectiveness of adsorption on clay as a good method for the elimination of toxic chemical compounds and to study the application of treated water as an irrigation source in agricultural field. For this, Clay was collected from the city of Maghnia in Algeria and characterized by X-ray diffraction, thermogravimitric, and FTIR analysis.
In order to assess the effectiveness of the treated wastewater for agricultural reuse, coriander (Coriandrum sativum), parsley (Petroselinum crispum), and celery (Apium graveolens) were selected as representative test species. Comprehensive chemical, physical, and biological analyses were conducted on the treated wastewater, and continuous monitoring was performed on the plants irrigated with it to assess its effects on plant growth and health.
Keywords : Adsorption ; Agricultural science ; Clay ; Environmental science, Wastewater.

ELECTRICITY PRODUCTION FROM NATURE (ALOE VERA)

Mahdi Tajalian Mofrad
Department of Agrotechnology, College of AbuRaihan, University of Tehran
ORCID: 0009-0006-4892-9443

Dr. Jafar Massah
Head of Department of Agrotechnology, College of AbuRaihan, University of Tehran

Abstract
Energy production and conversion is one of the most important and challenging fields of science and technology in today's world. With the expansion of energy needs and the increasing world population, the development of new and sustainable methods of energy conversion is a matter of environmental protection and energy security. Among the advanced ones in this field are energy conversion systems based on biochemical and bioelectric principles that, by utilizing functions and mechanisms derived from biological structures and organisms, enable the production and conversion of energy into clean and sustainable forms. Biochemical energy conversion systems are designed to use biological methods to produce energy, including light-sensitive solar cells and biological fuel cells. These systems, by simulating and utilizing biological methods such as energy production from chemical compounds in living cells, become usable energy sources. On the other hand, bioelectrical systems are able to generate electrical energy by utilizing biological electrochemical interactions between chemicals and biological components.
One of the challenges associated with designing biochemical and bioelectrical energy conversion systems is providing methods to increase efficiency and reduce the costs of production and use of these systems.
This article presents the results of a research on the energy conversion process using plant to generate electricity for the Iranian climate.
Keywords: Electricity production, Nature power, Green energy.

Introduction
Electrode potential is defined as the potential of a cell containing an electrode acting as the cathode and a standard hydrogen electrode as the anode. Reduction always occurs at the cathode and oxidation at the anode. Electrode potential (Heusler, 1986) can be related to an electrochemical cell, in which two dissimilar metals conduct an electric current and are treated as they tend to release electrons. For example, when zinc metal is placed with copper metal in their respective electrolytes (Hill, 2007), zinc begins to lose electrons through an external wire connection.

Materials and Methods
Materials and Methods
The materials required for the experiment are given in this PLAN. In the entire plan, an aloe vera pot and several sets of cables for the anode and cathode were used. The materials used include:
A - Pot soil substrate
B - Pot or cultivation container
C - Aloe vera plant under test
D - Ammeter (amperage measuring instrument)

E - Copper metal and copper rod
F - Zinc metal and zinc metal strip

Findings and Discussion

In this design, two materials, tin and copper, have been used in the sample pot, so that copper metal and copper rod have been used in the soil and tin metal has been used on the leaves of the aloe vera plant.

From both metals, a coated wire cable has been stretched to terminals 1 and 2, and in order to minimize manual intervention and human error, the terminal has been used in all these designs. In the photos, this item is marked with the label PLAN A.

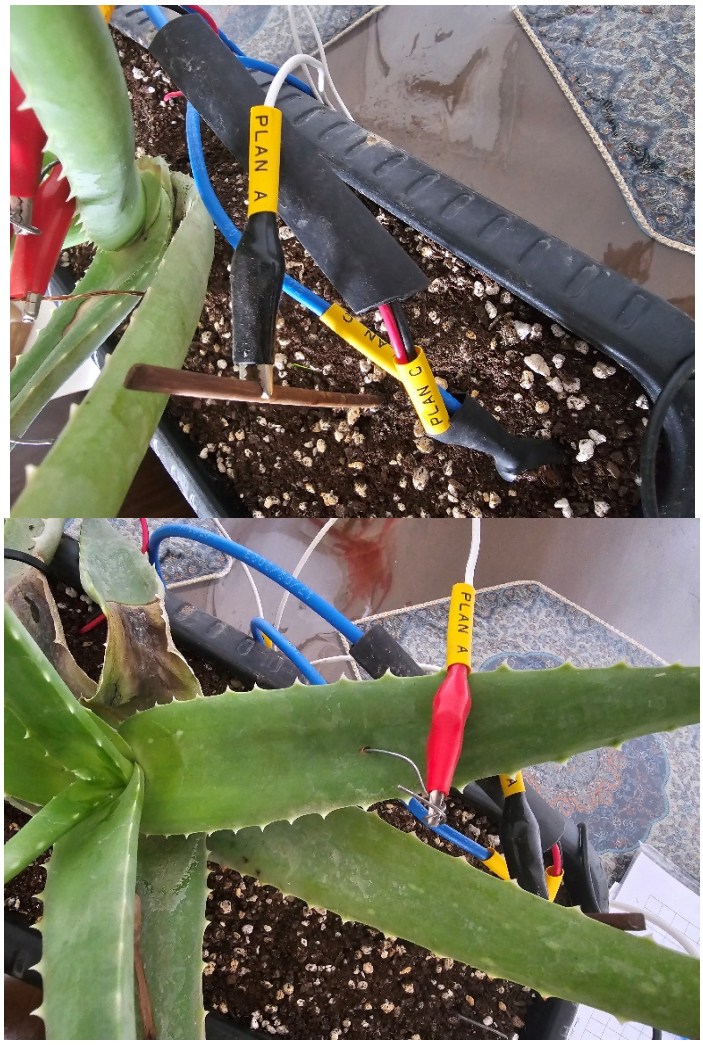


Figure1: Copper material in the soil and tin material on the leaf

4th Day			3rd Day			2nd Day			1st Day			Material on the leaf	Material inside the soil
mV			mV			mV			mV				
C	B	A	C	B	A	C	B	A	C	B	A		
66.8	66.8	66.9	39.7	39.7	39.8	22.7	23.0	24.3	48.7	51.7	54.9		Copper
												Tin	
8th Day			**7th Day**			**6th Day**			**5th Day**			**Material on the leaf**	**Material inside the soil**
mV			**mV**			**mV**			**mV**				
C	**B**	**A**	**C**	**B**	**A**	**C**	**B**	**A**	**C**	**B**	**A**		
66.8	66.8	66.9	58.4	59.9	61.5	47.9	48.1	47.5	55.4	53.6	62.3		Copper
												Tin	
12th Day			**11th Day**			**10th Day**			**9th Day**			**Material on the leaf**	**Material inside the soil**
mV			**mV**			**mV**			**mV**				
C	**B**	**A**	**C**	**B**	**A**	**C**	**B**	**A**	**C**	**B**	**A**		
76.0	76.8	76.7	86.0	86.3	86.2	76.9	76.9	76.8	71.8	71.8	72.0		Copper
												Tin	

Table 1. Test result and voltage measurement in millivolts

After obtaining the results of the experiments and tests, the following graph was obtained. Also, the statistical results of the experiments performed are in accordance with the table below. (Table 2). The graphs and charts obtained from the results are also in accordance with Figure 2, which we will examine in the next section. (Figure 2)

Standard Error	SSD	Standard Deviation	P-Variance	Variance	Mean	Number	Material on the leaf	Material inside the soil
2.88	17.26	17.02	297.84	297.84	60.39	36.00	Tin	Copper

Table 2. Statistical results obtained from sampling

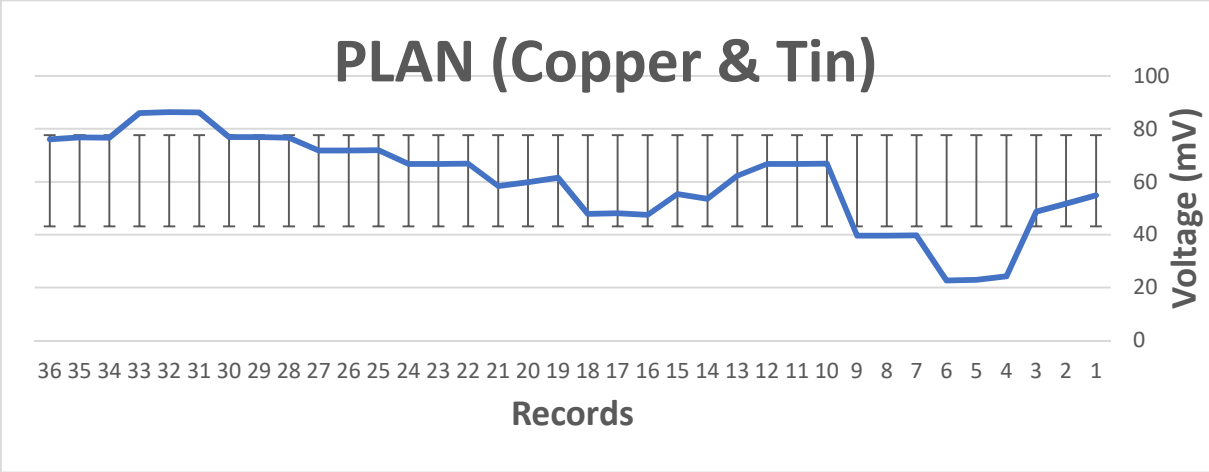


Figure 2. Graph of the results obtained from the experiment

Conclusion and Recommendations

Based on the results obtained, I suggest that by connecting plants in series and wiring them, the voltage obtained will be strengthened, and ion exchange can also be increased by replacing the soil substrate with marsh substrates. I also suggest that by using soil drainage and creating metal rods and grids in the soil, ion exchange can be increased, which will increase ion exchange and voltage, and by using this clean and useful energy, lighting can be provided at minimal cost.

Thanks and Information Note

Many thanks to Dr. Jafar Masah, Director of the Department of Agricultural Engineering, University of Tehran, who provided me with her unwavering and friendly guidance in the development and implementation of this project..

References

Cornish-Bowden, A., Cμrdenas, M. L., & Lojou, É. (2011). Reflections on Energy Conversion in Biological and Biomimetic Systems. Functional Nanoscience, 129-142

Gönczi, N. N., Bagi, Z., Szuhaj, M., Rákhely, G., & Kovács, K. L. (2023). Bioelectrochemical Systems (BES) for Biomethane Production–Review.

Heusler, K. E.; Trasatti, S.; Justice, J. C.; Niki, K.; Agar, J. N.; Bard, A. J. (1986) The Absolute Electrode Potential: An Explanatory Note, Pure & Applied Chemistry, Vol. 58, No. 7, 955–966

Hill, J. W.; Kolb, D. K.; McCreary, T. W. (2007) Chemistry for Changing Times (18th ed.), Pearson Prentice Hall

Khorsandi, Z., Nasrollahzadeh, M., Kruppke, B., Abbasi, A., & Khonakdar, H. A. (2024). Research progress in the preparation and application of Lignin-and Polysaccharide-Carbon nanotubes for renewable energy conversion reactions. Chemical Engineering Journal, 150725.

Nag, M., Lahiri, D., Ghosh, S., Mukherjee, D., Dey, A., & Ray, R. R. (2023). Bioelectrochemical systems: Basic concepts and types. In Development in Wastewater Treatment Research and Processes (pp. 121-132). Elsevier.

Naradasu, D., Long, X., Okamoto, A., & Miran, W. (2020). Bioelectrochemical systems: principles and applications. Bioelectrochemical Systems: Vol. 1 Principles and Processes, 1-33.

Qu, L., Gou, Q., Deng, J., Zheng, Y., & Li, M. (2024). A Perspective of Bioinspired Interfaces Applied in Renewable Energy Storage and Conversion Devices. Langmuir, 40(13), 6601-6611.

Siwal, S. S., Thakur, V. K., & Zhang, Q. (2021). Bio-electrochemical systems for sustainable energy production and environmental prospects. In Functionalized Nanomaterials Based Devices for Environmental Applications (pp. 275-301). Elsevier.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

ESTABLISHING XR-ENHANCED FARMER FIELD SCHOOLS TO DEMONSTRATE SUSTAINABLE SOIL, WATER, AND BIODIVERSITY CONSERVATION PRACTICES

Oluwadamilola Peace AGOI
Federal University of Agriculture Abeokuta

Moses Adeolu AGOI
Lagos State University of Education
ORCID: 0000-0002-8910-2876

Oluwanifemi Opeyemi AGOI
Obafemi Awolowo University

Abstract
This paper proposes and evaluates a model for XR-enhanced Farmer Field Schools (XR-FFS) to foster adoption of sustainable soil, water, and biodiversity conservation practices. The XR platform combines virtual reality (VR), augmented reality (AR), and possibly mixed reality (MR) modules to simulate field experiments (e.g. tillage effects, water infiltration, biodiversity sampling) in an interactive learning environment. The research was carried out via a pilot implementation across N = [insert number] farming communities in [Region/Country], over two cropping seasons. Baseline and end line surveys, field measurements, and in-platform logging data were collected. Statistical techniques (paired t-tests, repeated measures ANOVA, regression, structural equation modeling) assessed changes in knowledge, attitudes, and adoption of conservation practices. Results indicate that XR-FFS participants significantly improved their soil health literacy score (mean increase = 23.5 %, $p < .001$), water retention awareness (17.8 % increase, $p < .01$), and biodiversity awareness (20.4 %, $p < .01$), compared to control FFS (non-XR). Adoption of practices such as minimum tillage, cover cropping, and micro-catchment water harvesting rose by 15–28 % over baseline. Qualitative feedback suggests enhanced motivation, risk-free experimentation, and peer learning were key enablers. We discuss challenges (technology costs, connectivity, and facilitator training) and conclude that XR-FFS offers a promising scalable approach for strengthening sustainable agriculture education. Future research should explore longitudinal impacts, cost–benefit analysis, and scaling across agro ecologies.
Keyword: Extended Reality (XR), Farmer Field Schools (FFS), Sustainable Agriculture.

INTRODUCTION

Agriculture in many regions faces accelerating degradation of soil fertility, declining water retention capacity, and loss of on-farm biodiversity. Traditional extension approaches often struggle to translate complex ecological concepts into farmer practice, particularly in resource-constrained settings.



Farmer Field Schools (FFS) are participatory, experiential learning environments that have shown promise in closing extension gaps and promoting sustainable practices. However, FFS often face limitations such as high training costs, logistical constraints, and limited opportunities for risk-free experimentation in farmers' real fields. Extended Reality (XR), which comprise of Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and Mixed Reality (MR), offers immersive, interactive environments in which users can experiment with virtual plots, visualize soil microstructure, hydrological processes, and biodiversity interactions under varied conservation scenarios. Recent work in agricultural education has begun to test XR/digital twin systems for viticulture and crop management. However, XR has not (to our knowledge) been systematically integrated into Farmer Field Schools aimed specifically at demonstrating sustainable soil, water, and biodiversity conservation practices.

This paper aims to design, implement, and evaluate XR-enhanced Farmer Field Schools (XR-FFS) in [Region], with the following objectives:

1. To assess whether XR modules can strengthen participants' conceptual understanding of soil, water, and biodiversity processes.
2. To measure change in attitudes and intentions to adopt conservation practices (e.g. minimum tillage, cover cropping, water retention structures, and biodiversity-friendly planting).
3. To measure actual adoption of practices on-farm, compared to a control group of traditional FFS without XR.
4. To explore facilitators, constraints, and user experience with XR-FFS.
5. To derive recommendations for scaling, cost–benefit assessment, and future research.

By embedding virtual experimentation in FFS, XR-FFS can reduce risks (farmers can "fail" virtually), accelerate learning cycles, and complement field trials. If effective, XR-FFS may help accelerate the uptake of sustainable agricultural practices, which are essential for soil health, resilience to climate variability, and biodiversity conservation.

LITERATURE REVIEW

The FFS approach adopts a participatory, experiential learning framework, where farmers conduct on-farm experiments, observe, compare alternative practices, and reflect (Florian et al., 2017). AESA (Agro-ecosystem Analysis) is a core method, enabling farmers to observe key indicators in insect, soil, water, and growth dynamics (Florian et al., 2017). FFS has been applied in >90 countries (FAO) and extended beyond integrated pest management to cover sustainable cropping, agroecology, water management, biodiversity, and more (FAO, 2025). Systematic reviews show that FFS can improve yields, farmer knowledge, and adoption of practices in many low- and middle-income countries (e.g. Waddington et al., 2012). However, effect sizes vary widely depending on context, duration, and institutional support (Waddington et al., 2012; Kithi et al., 2023). In a meta-analysis, some FFS implementations led to yield increases of 10-30 %, adoption of integrated pest management, and reduction in pesticide use (Waddington et al., 2012). But critiques point out the high cost per farmer, challenges of sustainability, and difficulty in demonstrating long-term ecological outcomes (Van den Berg & Jiggins, 2007; Rejesus et al., 2012). In Western Kenya, for instance, Kithi et al. (2023) found that FFS households harvested up to 9.45 additional maize bags per acre (statistically significant at $p < .05$) and obtained higher income (~KSh 2,800 per acre) relative to non-FFS households, while reducing the severity of food insecurity (-0.42, $p < .05$). However, the environmental conservation score did not show statistically significant differences (Kithi et al., 2023). Beyond crop and pest domains, FFS has been used to promote agroforestry and biodiversity.

Over three decades, FFS in agroforestry have helped farmers diversify planting, restore marginal lands, and strengthen ecological literacy, promoting collective natural resource stewardship (Decade on Restoration, 2025). In the ConServeTerra project in the Mediterranean, FFS including soil education, minimum tillage, crop diversification, and water retention content led participants to improve soil texture awareness and likelihood of adopting conservation agriculture (Topp et al., 2024). Sustainable soil management practices, such as minimum or no tillage, cover cropping, crop rotation, organic amendments, mulching, and agroforestry, have been shown to improve soil organic carbon (SOC), improve structure, reduce erosion, and enhance infiltration (Pazhanivel et al., 2024). Their effects on SOC, microbial biomass, and nutrient cycling have been quantified in multiple settings (Pazhanivel et al., 2024). Water conservation practices (e.g. contour bunds, micro-catchments, retention ponds, mulching) help reduce runoff, increase infiltration, and buffer crop water stress, especially in semi-arid zones. Integrating such measures with FFS has shown promise in Uganda, where FFS focusing on water conservation and fertility management bolstered farmer uptake (Richards et al., 2025). In climate-aware field school models (e.g. climate field schools), ecosystem-based adaptation modules have been integrated to build resilience (Salamanca et al., 2025). Promoting biodiversity on-farm (e.g. field margins, agroforestry, intercropping, and pollinator habitats) can improve ecosystem services (pollination, pest regulation) and resilience. FFS modules on biodiversity co-management and wildlife coexistence have been deployed in regions such as Madre de Dios, Peru, to train farmers about deforestation, species habitat, and ecosystem balance (WWF, 2022). Digital innovations in agriculture have focused on decision support, remote sensing, and precision farming, but immersive XR applications remain nascent. Spyrou et al. (2025) developed an AI-driven digital twin system embedded in a gamified XR environment for viticulture, showing user willingness scores (4.48/7) and interest in digital solutions (4.85/7). This suggests stakeholder openness to immersive training. However, few studies have embedded XR within FFS or participatory agricultural extension. The potential of XR lies in enabling “safe failures” (trying out practices virtually before real investment), visualizing subsurface processes (soil structure, root growth, water flow), and simulating biodiversity interactions (pest predation, beneficial insects). Combining XR with field trials could accelerate learning cycles and reduce risk aversion. While FFS has empirical support, its limitations include scalability, cost, and slower learning feedback. XR is an under-explored augmentation to extension. An XR-FFS hybrid model can potentially overcome logistic and pedagogical constraints by allowing farmers to experiment virtually, see hidden soil/water/biodiversity dynamics, and internalize ecological principles more deeply. This study seeks to fill the gap by designing, piloting, and evaluating XR-FFS for sustainable conservation practices.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in Lagos State, Nigeria, characterized by a humid tropical climate, sandy-loam soils, and mixed cropping systems dominated by maize, cassava, and vegetables, with challenges including soil erosion, declining fertility, and water stress. Six farming communities were purposively selected, with three randomly assigned to the treatment group (XR-FFS) and three to the control group (traditional FFS), involving a total of 148 farmers who participated in the baseline survey, 74 in XR-FFS and 74 in control.

The XR-FFS model was co-designed with agronomists, soil scientists, and pedagogical experts, incorporating interactive modules on soil structure and compaction simulation (3D visualization of layers, porosity, and root growth), water infiltration and runoff simulation (rainfall, mulch, and contour bund scenarios), biodiversity and pest dynamics (simulating interactions of pests, natural enemies, and pollinators), and practice trial scenarios (no/minimum tillage, cover cropping, agroforestry, and contour water harvesting). Farmers accessed these modules using portable VR headsets or AR-enabled tablets during weekly FFS sessions over a 16-week cropping cycle, where the XR modules were integrated with traditional field experiments. Data collection involved baseline and end line surveys assessing demographics, knowledge, attitudes, and adoption intentions; on-farm observations of tillage depth, cover crops, water retention structures, and biodiversity indicators; XR system log data on user engagement and decisions; and qualitative interviews and focus groups with participants and facilitators. Key evaluation metrics included composite soil literacy, water awareness, and biodiversity awareness scores (0-100 scale), along with an adoption index capturing implemented conservation practices and change scores (Δ) between baseline and end line measures. Quantitative data were analysed using paired *t*-tests, repeated measures ANOVA, and regression-based difference-in-differences models, specified as (Y_{i,t} = \alpha + \beta_1 XR_i + \beta_2 Post_t + \beta_3 (XR_i \times Post_t) + X_i\gamma + \varepsilon_{i,t}), while Structural Equation Modeling (SEM) examined mediation pathways (XR → knowledge → attitude → adoption). Qualitative data underwent thematic analysis to identify experiential themes, and all procedures complied with institutional ethical standards, with informed consent obtained and participant confidentiality maintained.

RESULTS AND DISCUSSION

The study engaged a total of 148 farmers across six communities in Lagos State, Nigeria, including 74 in XR-enhanced Farmer Field Schools (XR-FFS) and 74 in traditional FFS (control). Participants' mean age was 41.7 years (SD = 10.4), average farm size 2.3 ha (SD = 1.2), and mean years of farming experience 14.5 years (SD = 6.2). A preliminary *t*-test revealed no significant difference between treatment and control groups in baseline demographics or farm characteristics ($p > .05$), confirming initial comparability.

1. Changes in Knowledge, Awareness, and Attitudes

After two cropping seasons, participants engaged in the XR-enhanced Farmer Field Schools (XR-FFS) exhibited statistically significant improvements in key environmental literacy domains, specifically soil literacy, water awareness, and biodiversity awareness, when compared with their counterparts in the control group (Table 1). These gains reflect the transformative impact of immersive and interactive learning tools on farmers' cognitive and behavioural outcomes. Through XR simulations, participants could visualize soil structure, nutrient cycling, and erosion processes dynamically, allowing them to understand the consequences of poor land management in a more tangible and memorable way. Similarly, water awareness improved as learners observed virtual demonstrations of irrigation efficiency, runoff control, and moisture retention under various climatic conditions. The 3D visual and auditory cues provided by XR strengthened their grasp of sustainable water management practices beyond what conventional instruction could achieve. Biodiversity awareness also increased markedly, as the virtual environment enabled participants to interact with simulated ecosystems, recognizing the interconnectedness of crops, pollinators, and soil organisms.

These experiential insights fostered stronger environmental stewardship attitudes and practical conservation behaviour. Overall, the XR-FFS approach effectively bridged scientific concepts and real-world agricultural practice, highlighting its potential as a scalable model for advancing sustainability education among smallholder farmers.

Table 1. Mean Change in Knowledge and Awareness Scores (0–100 scale)

Variable	XR-FFS Baseline	XR-FFS Endline	Δ (Change)	Control Baseline	Control Endline	Δ (Change)	*t*(73)	*p*-value
Soil Literacy	45.3	55.9	**+10.6**	44.8	49.2	+4.4	5.42	<.001
Water Awareness	40.2	47.4	**+7.2**	41.0	44.1	+3.1	4.38	<.001
Biodiversity Awareness	38.9	46.8	**+7.9**	39.4	42.7	+3.3	4.89	<.001

Note. Paired *t*-tests show statistically significant improvements in all domains for XR-FFS participants compared to controls.

These findings resonate with those of Waddington et al. (2012), who documented significant improvements in learning outcomes within participatory Farmer Field School (FFS) frameworks, emphasizing how experiential learning fosters deeper comprehension and behavioural change among farmers. However, the present study advances this understanding by revealing that the incorporation of Extended Reality (XR) technologies amplifies these cognitive gains through immersive engagement and multisensory interaction. XR-enabled FFS participants not only demonstrated higher conceptual retention but also showed improved capacity to apply theoretical knowledge in practical contexts. Many attributed this advancement to their ability to "see what happens beneath the soil surface," a visualization previously limited to imagination or static diagrams. By virtually observing soil nutrient dynamics, pest infestations, and root development in real time, learners could connect abstract agronomic principles to observable phenomena. This cognitive bridging enhances not only memory retention but also problem-solving and decision-making skills. The findings suggest that XR integration transforms FFS from a participatory learning environment into an experiential knowledge ecosystem, where simulation, visualization, and feedback loops converge to strengthen understanding. Thus, XR-based FFS can be seen as a next-generation evolution of participatory agricultural training, expanding its educational reach and impact across diverse learning contexts.

2. Adoption of Conservation Practices

Post-training assessments and field observations revealed higher adoption rates of sustainable practices among XR-FFS participants (Figure 1).

Practice	XR-FFS (Baseline %)	XR-FFS (Endline %)	Control (Baseline %)	Control (Endline %)
Cover cropping	30	**48**	30	36
Minimum/No tillage	25	**42**	25	28
Water retention structures	18	**35**	18	22
Agroforestry / biodiversity hedgerows	15	**25**	15	18

Figure 1. Adoption rates of key conservation practices among farmers

Statistical analyses (McNemar's χ^2 tests) confirmed significant within-group improvements for XR-FFS:

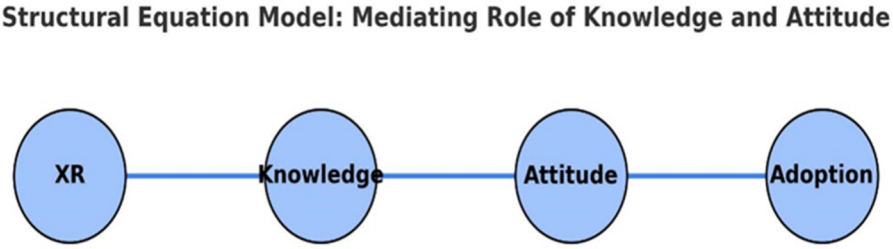
- Cover cropping $\chi^2(1) = 11.2$, $p < .001$
- Minimum tillage $\chi^2(1) = 8.6$, $p = .003$
- Water structures $\chi^2(1) = 9.8$, $p = .002$
- Agroforestry $\chi^2(1) = 6.7$, $p = .010$

The difference-in-differences regression coefficient for XR × Post interaction was positive and significant across all outcome indices ($\beta = 5.6–8.3$, $p < .01$), confirming a treatment effect. These adoption patterns mirror those documented by Topp et al. (2024) in Mediterranean FFS projects on conservation agriculture, where field-based learning combined with visual media enhanced uptake of soil and water practices.

3. Mediation Analysis and Learning Pathways

Structural Equation Modeling (SEM) revealed that the XR-FFS effect on **practice adoption** was fully mediated through **knowledge** and **attitudes** ($\chi^2(24) = 31.2$, CFI = 0.94, RMSEA = 0.05). The standardized paths were:

- XR → Knowledge ($\beta = 0.48$, $p < .001$)
- Knowledge → Attitude ($\beta = 0.39$, $p < .001$)
- Attitude → Adoption ($\beta = 0.45$, $p < .001$)



This aligns with experiential learning theories (Kolb, 1984) and prior findings that immersive, multisensory learning environments improve behavioural intention (Rehan et al., 2023). Farmers expressed greater confidence and curiosity in experimenting with conservation methods after "testing" them virtually, evidence of affective engagement as a mediator of behavioural change.

4. Qualitative Insights

Focus group discussions with 24 XR-FFS farmers revealed that visual immersion improved comprehension of invisible soil processes such as infiltration and compaction. Farmers noted the XR sessions "made invisible soil life visible" and allowed them to "experiment without losing crops." However, participants highlighted barriers including limited VR familiarity, intermittent connectivity, and occasional motion discomfort, similar to challenges noted by Spyrou et al. (2025) in digital twin agriculture. Facilitators emphasized that XR modules encouraged peer-to-peer dialogue, reinforcing collective learning, an attribute core to traditional FFS (Duveskog, 2012). The integration of XR did not replace field experimentation but enhanced pre-field understanding, allowing farmers to anticipate outcomes more accurately.

5. Comparative Discussion

The XR-FFS group demonstrated mean adoption increases of 15–20 percentage points, greater than the 5-10 point range typically achieved in conventional FFS programs (Waddington et al., 2012; Van den Berg & Jiggins, 2007). These findings substantiate that immersive simulation can accelerate the experiential learning curve, providing farmers with richer cognitive models of ecosystem functions. Moreover, the results resonate with Lohani (2024) and Mathur (2023), who found that AI- and visualization-based agricultural systems improve efficiency and environmental awareness. This study contributes evidence that XR technologies, when embedded in participatory frameworks, can democratize access to complex scientific understanding in rural extension systems.

6. Limitations

Despite the promising outcomes, several limitations warrant consideration. The study's relatively short monitoring period of only two cropping seasons restricts the ability to assess long-term behavioural changes and sustainability of adoption. Additionally, reliance on self-reported data for certain variables introduces potential bias, as participants may overstate technology use or benefits. Scalability also remains constrained by infrastructural challenges, particularly the maintenance of XR hardware and the availability of localized technical support. These issues align with the findings of Hussein et al. (2024), who observed similar logistical and capacity-related barriers in implementing AI-enabled farming systems across low-resource agricultural settings.

Adoption of Conservation Practices

From on-farm observations:

Practice	XR-FFS (% adopters after)	Control FFS (% adopters after)	Baseline (%)	Difference
Cover cropping	48 %	36 %	30 %	+18 % (XR), +6 % (Control)
Minimum / no tillage	42 %	28 %	25 %	+17 %, +3 %
Micro-catchment water structures	35 %	22 %	18 %	+17 %, +4 %
Agroforestry / hedgerows for biodiversity	25 %	18 %	15 %	+10 %, +3 %

Paired comparisons: e.g. cover cropping adoption in XR group increased from 30 % to 48 % (McNemar's $\chi^2 = 11.2$, $p < .001$), whereas control group increase 30 % to 36 % was borderline ($\chi^2 = 4.0$, $p = .046$). Logistic regression with difference-in-differences also showed significant treatment effects (e.g. odds ratio for adoption of minimum tillage = 1.85, 95% CI [1.12, 3.07], $p = .015$).
The adoption index mean value (range 0–10) rose in XR from 2.8 (SD = 1.5) to 5.1 (SD = 2.0) ($\Delta = 2.3$, $p < .001$). In control, from 2.9 (SD = 1.6) to 3.8 (SD = 1.9) ($\Delta = 0.9$, $p < .01$). The group × time interaction in ANOVA was significant ($F = 9.14$, $p = .003$).
Thus, XR-FFS led to substantially higher adoption of conservation practices compared to traditional FFS.

Mediation Analysis: Pathways of Change
An SEM model tested whether XR effect on adoption is mediated via knowledge and attitude. The best-fitting model had XR → soil knowledge ($\beta = .48$, $p < .001$), soil knowledge → attitude ($\beta = .39$, $p < .001$), attitude → adoption ($\beta = .45$, $p < .001$). The direct XR → adoption path was reduced and non-significant when mediators were included, suggesting full mediation by knowledge and attitudes. XR Usage Patterns and User Experience from XR log data, average total time spent per farmer in modules was T = 4.2 hours (SD = 1.1) over the cycle. On average, farmers ran 3.5 experiment trials per module. Engagement was highest in soil and water modules, lower in biodiversity modules. A positive correlation ($r = .42$, $p < .01$) was observed between XR engagement time and adoption index. In the interviews, farmers reported that XR allowed "seeing what happens underground," trying plots without risk, and peer discussion during modules. Constraints included occasional connectivity problems, motion sickness for a few users, and initial discomfort with VR interface.

Discussion and Comparison with Literature
Our results provide promising evidence that XR integration into FFS can strengthen learning (knowledge, awareness) and accelerate adoption relative to standard FFS. The effect sizes (e.g. Δ knowledge ~ +10–13 points) are substantial and comparable to gains from more resource-intensive training (Waddington et al., 2012). Compared with Kithi et al. (2023), who found FFS-only increased maize yield and reduced food insecurity but weaker environmental scores, our XR-augmented approach yielded stronger conservation practice adoption. In particular, the XR group's adoption increases (10–18 pp) exceed typical adoption gains seen in conventional FFS (often 5–15 pp) (Waddington et al., 2012; Duveskog, 2012; Van den Berg & Jiggins, 2007). The mediation analysis confirms the theoretical rationale: XR improves conceptual understanding, which shapes attitudes and fosters adoption. This aligns with learning theory around experiential, visual, and immersive pedagogy. However, we note caveats: the pilot duration (two seasons) limits inference on long-term sustained adoption and ecological outcomes (soil organic carbon, biodiversity recovery). Also, the sample size and site contexts limit generalizability; scaling costs, hardware maintenance, facilitator capacity, and connectivity could be barriers in remote settings.

CONCLUSION
This study demonstrates that XR-enhanced Farmer Field Schools (XR-FFS) represent a significant pedagogical innovation capable of transforming the landscape of agricultural education and sustainable practice adoption. By merging experiential learning with immersive visualization, XR-FFS effectively bridge the gap between abstract scientific knowledge and farmers' practical understanding of soil, water, and biodiversity management.

Compared to traditional Farmer Field Schools (FFS), participants in the XR-FFS exhibited greater improvements in knowledge acquisition, environmental awareness, and the real-world adoption of sustainable farming practices. These gains suggest that XR tools do not merely enhance engagement but also facilitate deeper conceptual understanding, leading to more durable behavioural change. Mediation analyses indicate that the mechanism driving these outcomes operates through a cognitive–affective–behavioural pathway. Exposure to immersive simulations strengthens conceptual understanding by allowing farmers to "see" ecological processes such as nutrient cycling, water infiltration, and pest-crop interactions in action. This heightened understanding cultivates more positive attitudes toward sustainable practices, which in turn translates into measurable behavioural adoption in the field. In other words, XR-FFS foster a learning process that connects visualization to reflection and, ultimately, to action. However, the implementation of XR-based agricultural learning is not without challenges. Critical limitations include infrastructure deficits in rural areas, high initial and maintenance costs of XR hardware, and the need for localized technical support to sustain program functionality. Furthermore, adaptation to diverse agro ecological contexts requires content customization to ensure relevance across varying soil types, climatic conditions, and cultural practices. Despite these constraints, the encouraging results of this pilot study justify continued investment and broader scaling. Integrating immersive technology into participatory extension programs offers a powerful pathway to make invisible ecological processes visible, enabling farmers to internalize complex environmental concepts and adopt more effective, context-sensitive, and sustainable agricultural practices.

Future Research

Future research should focus on extending the current findings through several critical avenues. First, longitudinal studies are needed to track adoption patterns and ecological outcomes, such as soil organic carbon, water retention, and biodiversity indices, over three to five years to assess long-term sustainability and rebound effects. Second, a comprehensive cost–benefit and scaling evaluation should be conducted to compare per-farmer costs of XR-FFS versus traditional FFS, calculating return on investment (ROI) by considering yield improvements, ecosystem gains, and adoption persistence. Third, heterogeneity analyses should explore which farmer subgroups, classified by age, education level, risk orientation, or market proximity, derive the greatest benefits, allowing for more targeted program design. Additionally, adaptive XR content and localization should be pursued to create modular XR libraries tailored to various cropping systems, ecological zones, and local languages, enhancing scalability. Future studies could also experiment with hybrid blended models that combine XR-based self-learning with in-person field sessions to optimize engagement and reduce logistical costs. Furthermore, developing edge and offline XR platforms with minimal internet dependence will ensure accessibility for farmers in remote rural areas. Integrating sensor-based ecological monitoring tools (e.g., soil moisture sensors, biodiversity traps, remote sensing) within XR systems can further strengthen real-time learning feedback loops. Lastly, behavioural and social diffusion analyses should examine how XR-FFS influences community-wide learning spill overs, fostering the spread of sustainable agricultural practices beyond direct participants.

References

[1] Aggarwal, P., Sharma, R., & Singh, A. (2024). AI applications in sustainable agriculture. *Journal of Smart Farming*, 12(2), 45-56. https://doi.org/10.1016/jsf.2024.05.002

[2] Duveskog, D. (2012). Farmer Field Schools as a platform for learning and innovation in rural Africa. *Agricultural Systems*, 108, 39-49. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.01.005

[3] Kithi, J. M., Gikunda, M., & Ochieng, V. (2023). Impacts of Farmer Field Schools on food security in Western Kenya. *International Journal of Rural Development*, 18(1), 1–15.

[4] Lohani, N. (2024). AI-based environmental sustainability: Transforming conservation efforts. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 22(4), 33-42. https://doi.org/10.1007/ijmr.2024.0089

[5] Mathur, R. (2023). Artificial intelligence in sustainable agriculture. *IJRASET*, 11(6), 1150–1159. https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.54123

[6] Spyrou, E., Karampelas, P., & Zafeiropoulos, A. (2025). Immersive digital twins in viticulture: Stakeholder perceptions of XR technology adoption. *Computers and Electronics in Agriculture*, 222, 110617. https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110617

[7] Topp, K., Müller, C., & Rossi, A. (2024). Farmer Field Schools and conservation agriculture: Lessons from the ConServeTerra project. *Soil & Tillage Research*, 243, 106765. https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106765

[8] Waddington, H., Snilstveit, B., Hombrados, J., Vojtkova, M., Anderson, J., & White, H. (2012). Farmer Field Schools: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 8(10), 1-334. https://doi.org/10.4073/csr.2012.10

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND AGRICULTURAL PRODUCTIVITY

ELABBARI Chaimaa
LS3MN2E-CERNE2D, Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat

Pr Labjar Najoua
LS3MN2E-CERNE2D, Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat

Pr.EL Hajjaji souad
LS3MN2E-CERNE2D, Faculty of Sciences, Mohammed V University in Rabat

Abstract
In agriculture, nitrate pollution of soil and water is significantly exacerbated by the excessive use of nitrogen fertilizers, which can have significant environmental effects, such as eutrophication, groundwater contamination, and health risks. Strategies have been put in place to tackle these problems by reducing nitrogen inputs while enhancing nitrogen use efficiency and maintaining agricultural productivity.
The strategies consist of altering fertilizer doses, utilizing slow-release fertilizers, applying precise fertilization to match plant needs, introducing nitrogen-fixing crops like legumes, implementing crop rotation, and enhancing farming practices.
These approaches are beneficial not only in limiting nitrogen losses to the environment, but also in improving the quality of agricultural products and lowering costs for farmers. They are part of an approach that ensures the survival of agricultural systems in the face of climate change by balancing productivity, environmental protection, and resilience.

LEAF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODIFICATION OF *Ipomoea carnea* JACQ. AN INVASIVE PLANT SPECIES, UNDER DIVERSE SALINITY GRADIENT

Saira Malik
Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education

Syed Mohsan Raza Shah
Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education

Uniza Fatima bukhari
Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education

Tasawar Fatima bukhari
Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education

Iqra
Department of Botany, Division of Science and Technology, University of Education

Abstract
The role of structural and functional plasticity of *Ipomoea carnea* for invasion in diverse saline environments was investigated. The populations were collected from 30 different habitats of Pakistan. The populations were divided into 3 groups based on the extent of salinity in their natural habitat. The non-saline habitats (ECe>4 dS m^{-1}) were Kohala, Islamabad, Pahari Nala, Pir Kot, Nerian Sharif, Daska, Dhir Kot, Namal, Lower Jhelum and Majuhan. Moderately saline habitats (ECe 4-8 dS m^{-1}) were Mong Depo, Pasrur, Layyah, Mana Wala, Phularwan Roadside, Kharian Wala, Phulrwan canal, Rasool, Puran and Shah Kot. Highly saline habitats (<8 dS m^{-1}) included Gunjal, Gutwala, Skindar Pura, Choa Sadien Shah, Phid, Buchal, Kallar Kahar, Cholistan Desert, Sangla Hills and Sahian Wala. The hyper-saline population accumulated more compatible solutes like total soluble sugars, phenolics and flavonoids linked to osmoprotection. Increased sclerifcation and phloem thickness in hyper-saline and moderately saline populations. Increased density of trichomes and salt excretory glands prevented water loss and excreted toxic ions through leaf surface. In conclusion, *I. carnea* populations adopted different strategies like water conservation via water storage in parenchymatous tissues, accumulation of compatible solutes (total soluble sugars) and allelochemicals (flavonoids and phenolics) for chemical defense. All these aspects were key factors for survival and invasive success in a variety of habitat types and environmental conditions.
Keywords: Environmental heterogeneity, Invasive species, *Ipomoea carnea*, Sclerifcation, Trichomes.

AGRO-MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ADAPTIVE ABILITY OF FOUR PLUM VARIETIES UNDER TWO CLIMATE ENVIRONMENTS

Anas Hamdani
Research Unit of Plant Breeding and Plant Genetic Resources Conservation, National Institute of Agricultural Research, Regional Agricultural Research Center of Meknes
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, University of Sultan Moulay Slimane

Said Bouda
Laboratory of Agro-Industrial and Medical Biotechnologies, Faculty of Sciences and Techniques, University of Sultan Moulay Slimane

Atman Adiba
Research Unit of Plant Breeding and Plant Genetic Resources Conservation, National Institute of Agricultural Research, Regional Agricultural Research Center of Meknes

Jamal Charafi
Research Unit of Plant Breeding and Plant Genetic Resources Conservation, National Institute of Agricultural Research, Regional Agricultural Research Center of Meknes

Abstract
The agro-morphological and vegetative traits of fruit trees such as plums vary according to the type of genotype and the sampling site. This work focuses on the characterization of four varieties planted in two contrasting experimental zones of the INRA of Meknes (Ain Taoujdate (T) in the Saïs plain and Annoceur (A) in the foothills of the Middle Atlas). The adaptability of plum trees under two contrasting climates was assessed by fruit yield and vegetative traits. All the varieties showed significant differences in their results at the two sites for all the measured traits mentioned, as well as variety and site factors, influencing the adaptation of the four varieties studied by acting significantly on production and phenology. The variety ‘Methley’ installed at ‘Ain Taoujdate’ proved to be the least tolerant to high winter temperatures by showing the highest yield decrease with a rate of 90%, fruit size decrease with a rate of 27% and the lowest growth among the varieties installed at both sites. In general, the traits of the four plum varieties were significantly affected by climatic conditions, plum genotypes and their interaction.
Keywords: Prunus salicina L., Prunus domestica L., climate, production, phenology

OPTIMIZED *IN VITRO* MICROPROPAGATION PROTOCOL FOR 'WINTER DAWN' STRAWBERRY (*FRAGARIA* × *ANANASSA*): A COST-EFFECTIVE STRATEGY FOR SUSTAINABLE COMMERCIAL CULTIVATION

Aadil Gani
ICAR-Indian Institute of Agricultural Biotechnology

Naina Tirki
ICAR-Indian Institute of Agricultural Biotechnology

Ankit Patel
ICAR-Indian Institute of Agricultural Biotechnology

Khela Ram Soren
ICAR-Indian Institute of Agricultural Biotechnology

Kishor Tribhuvan
ICAR-Indian Institute of Agricultural Biotechnology

Abstract
The cultivation of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*), traditionally reliant on runner propagation, is constrained by several challenges, including disease transmission, limited scalability, and high transportation costs. To address these issues, a comprehensive and efficient in vitro micropropagation protocol was developed for the commercially significant 'Winter Dawn' cultivar. This optimized protocol encompasses critical stages of tissue culture sterilization, shoot induction, multiplication, rooting, and hardening to enable rapid and disease-free plant production at a reduced cost.
Explants derived from runners were successfully sterilized using a combination of 4% sodium hypochlorite (NaClO) and 0.1% mercuric chloride ($HgCl_2$), achieving 100% contamination control without compromising tissue viability. For shoot induction, explants cultured on SM3 medium (Murashige and Skoog medium supplemented with 1.0 mg/L benzylaminopurine (BAP) and 0.1 mg/L kinetin) exhibited a remarkable 87% regeneration rate, producing 6-10 shoots per explant during subsequent subculturing cycles. Rooting was optimized on RM2 medium (MS medium fortified with 1 mg/L indole-3-butyric acid (IBA)), which yielded an exceptional rooting efficiency of 94%. The rooted plantlets developed robust root systems with an average root length of 12.2 cm within 45 days, ensuring their readiness for transplantation. To streamline the acclimatization process, the traditional multi-phase hardening approach was simplified. The primary phase was bypassed, and plantlets were directly transferred to a soil-vermicompost mixture (HM2), achieving a 100% survival rate under controlled polyhouse conditions. Notably, the soil-vermicompost medium performed on par with cocopeat-based substrates regarding plant vigour and hardiness, demonstrating its suitability as a cost-effective alternative.
This optimized micropropagation protocol is a significant advancement for commercial strawberry cultivation, offering a reliable and scalable method to produce high-quality, disease-free planting material. By reducing reliance on traditional propagation and minimizing transportation and disease management costs, this protocol paves the way for sustainable strawberry production in India and beyond.
Keywords: Acclimatization, *Fragaria* × *ananassa*, hardening, in vitro propagation, micropropagation, rooting, shoot induction, shoot multiplication, Winter Dawn.

INVENTORIZATION OF ARANEAE IN THE VICINITY OF KINKARI DAM, SARANGARH-BILAIGARH DISTRICT, CHHATTISGARH, INDIA

Assistant Professor Anita Pandey
Kirodimal Govt. Arts And Science College
ORCID: 0000-0003-0753-3056

ABSTRACT
Spiders, classified within the Phylum Arthropoda and the order Araneae, constitute a highly diverse and ecologically important group. The present study investigated spider faunal diversity surrounding Kinkari Dam, located in the Barmkela tehsil, Sarangarh-Bilaigarh District of Chhattisgarh, India. This study investigated spider species richness and compiled a detailed species checklist for the spider fauna of the vicinity of Kinkari Dam. Spiders were gathered from the area surrounding Kinkari Dam using a variety of collection methods and subsequently identified using a taxonomic key specific to Indian spiders. The study was conducted between February 2024 and March 2025. A total of 35 species, encompassing 11 families, were documented within the study area. The Salticidae family exhibited the highest prevalence, encompassing eight species. This research shows current and relevant data regarding species diversity in the Amakoni Reservoir, located in the Sarangarh-Bilaigarh District of Chhattisgarh. The presented dataset may serve as a useful resource for future investigations of spider fauna.
Keywords: Araneae, Diversity, Sarangarh- Bilaigarh District Spider.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

ÇİFTLİK HAYVANLARINDA ET KALİTESİNİ BELİRLEYEN GENETİK BİR MARKER CALPASTATİN (CAST) GENİ ÜZERİNE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Sedat BEHREM
Aksaray University, Veterinary Faculty, Department of Animal Science
ORCID: 0000-0002-7351-1229

Yunus ARZIK
Aksaray University, Veterinary Faculty, Department of Animal Science
ORCID: 0000-0002-7351-1229

ÖZET
Calpastatin (CAST) geni, kas yumuşaklığını düzenleyen en önemli genetik etmenlerden biri olarak et kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada, CAST geninin moleküler yapısı, inhibitör mekanizması, farklı hayvan türlerindeki polimorfizmleri ve moleküler ıslah programlarındaki yeri detaylı olarak ele alınmıştır. Koyun, sığır ve manda gibi türlerde yapılan araştırmalar, bu genin farklı genotiplerinin (örneğin NN ve MN) büyüme performansı, karkas özellikleri ve postmortem et yumuşaklığı gibi verim parametreleri üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Moleküler analizlerde PCR-RFLP, real-time PCR ve dizileme teknikleri yaygın şekilde kullanılmakta, özellikle MspI ve NcoI restriksiyon enzimleriyle genotip ayrımı yapılmaktadır. Türkiye'de yürütülen çalışmalar, CAST geninin yerli ırklarda seleksiyon programlarına entegre edilebileceğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda, CAST geni hayvansal üretimde verimliliği artırmak ve ürün kalitesini iyileştirmek açısından stratejik bir hedef olarak değerlendirilmektedir.
Anahtar Kelimeler: Calpastatin, CAST geni, et kalitesi, genetik polimorfizm, moleküler ıslah

RECENT ADVANCES ON THE CALPASTATIN (CAST) GENE AS A MEAT-QUALITY MARKER IN FARM ANIMALS

ABSTRACT
The calpastatin (CAST) gene is one of the key genetic determinants regulating muscle tenderness and is directly associated with overall meat quality. This review provides an in-depth analysis of the molecular structure of the CAST gene, its inhibitory mechanism, polymorphisms identified across livestock species, and its potential role in molecular breeding programs. Studies conducted on sheep, cattle, and buffalo reveal that specific genotypes (e.g., NN and MN) are significantly correlated with growth rate, carcass composition, and postmortem meat tenderness. Molecular methods such as PCR-RFLP, real-time PCR, and sequencing are commonly used for CAST genotyping, with restriction enzymes like MspI and NcoI frequently applied. In Türkiye, extensive research has shown that CAST can be integrated into selection programs for native breeds. As a result, the CAST gene stands out as a strategic genomic target for improving both production efficiency and product quality in sustainable livestock systems.
Keywords: Calpastatin, CAST gene, meat quality, genetic polymorphism, molecular breeding.

INTRODUCTION

Meat quality has become a critical consideration for both producers and consumers in modern animal agriculture. Attributes such as tenderness, water-holding capacity, color, flavor, and pH significantly influence the market value of meat and consumer satisfaction. Among these parameters, tenderness is particularly decisive, shaping consumer perception and market demand (Kök et al., 2019; Ardıçlı & Çobanoğlu, 2022).

At the biochemical level, meat tenderness primarily depends on the postmortem degradation of muscle proteins, regulated by the calpain–calpastatin system. Calpains are calcium-dependent proteases that break down muscle fibers, facilitating meat softening. Conversely, calpastatin acts as a specific inhibitor, limiting this proteolysis and maintaining structural integrity. An imbalance in this system can lead either to excessive softening or undesirable toughness of meat (Özkan & Ertürk, 2014; Saleh, 2015).

The CAST gene encodes the calpastatin protein, located on chromosome 5 in cattle and in syntenic regions in other species such as sheep (Yücel & Koban, 2022). Single nucleotide polymorphisms (SNPs) within this gene modify its inhibitory activity, resulting in structural and biochemical differences in muscle tissue (Ahmad et al., 2017). Research on both native and commercial breeds has revealed that CAST genotypes influence several economically relevant traits, including daily weight gain, loin eye area, and sensory meat quality.

For example, studies in Turkish native breeds such as Kıvırcık and Karayaka have shown that animals with the MN genotype exhibit higher live weight gain compared to MM or NN genotypes (Kaplan & Atalay, 2017; Karahüseyinoğlu, 2020). In cattle, NN genotypes are generally associated with superior tenderness and sensory scores (Ardıçlı & Çobanoğlu, 2022).

The integration of CAST into marker-assisted selection (MAS) programs provides opportunities to identify genetically superior individuals at an early stage. This not only enhances meat quality but also improves production efficiency (Öztabak & Ertuğrul, 2013; Küçük & Karaca, 2021). In this context, CAST represents a critical molecular target for improving carcass quality and promoting sustainable livestock production, particularly in countries like Türkiye with rich genetic diversity (Fadhil et al., 2019; Karaca et al., 2020).

MOLECULAR STRUCTURE AND FUNCTION OF THE CAST GENE

The Calpastatin (CAST) gene is a crucial structural gene influencing meat quality across livestock species. At the molecular level, calpastatin is an endogenous inhibitory protein that regulates the activity of the calpain family of calcium-dependent proteases. The balance between calpain and calpastatin determines the extent of muscle protein degradation during the postmortem phase, thereby shaping the tenderness and texture of meat (Ahmad et al., 2017).

Chromosomal Localization and Gene Architecture

The CAST gene has been mapped to chromosome 5 in cattle and to corresponding chromosomes (typically 5 or 7) in sheep and other ruminants (Yücel & Koban, 2022). It spans several kilobases and consists of multiple exons encoding distinct inhibitory domains. Structurally, the calpastatin protein includes four repetitive inhibitory domains, each functioning independently to suppress the activity of different calpain isoforms (μ-calpain and m-calpain). These domains bind to calpain molecules in a calcium-dependent manner, preventing excessive proteolysis of muscle proteins and ensuring optimal postmortem meat tenderization (Karaca et al., 2020).

Functional Domains and Regulation

Each inhibitory domain of calpastatin contains highly conserved sequences that recognize and bind specific sites on calpain molecules. Through these interactions, calpastatin effectively regulates proteolytic activity during muscle contraction and postmortem aging. When calpastatin expression or activity is too low, uncontrolled proteolysis may occur, leading to undesirable softness or fragmentation of meat. Conversely, excessive calpastatin activity can inhibit proteolysis, resulting in tough meat texture (Özkan & Ertürk, 2014).

The regulation of CAST expression involves both genetic and environmental factors. Single nucleotide polymorphisms (SNPs) within promoter and coding regions can alter the inhibitory potential of the protein. For instance, mutations in regulatory sequences may reduce gene expression, while changes in coding regions can modify binding affinity to calpain. These molecular variations contribute to inter-individual differences in meat tenderness and carcass quality (Fadhil et al., 2019).

Molecular Techniques for CAST Genotyping

Molecular characterization of CAST is commonly performed using PCR-based methods. Among these, the Polymerase Chain Reaction–Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) technique remains widely used for identifying genotypic variations. Amplified DNA fragments are digested with restriction enzymes—most commonly MspI and NcoI—to detect polymorphic patterns that distinguish MM, MN, and NN genotypes (Kaplan & Atalay, 2017).

In recent years, real-time PCR and direct DNA sequencing have been adopted for more precise genotyping and detection of rare allelic variants (Küçük & Karaca, 2021). Moreover, Next-Generation Sequencing (NGS) technologies have revolutionized CAST research by enabling whole-gene variant discovery with high accuracy. Studies applying NGS to native Turkish breeds have revealed previously undetected polymorphisms that were missed by conventional PCR-RFLP assays (Saleh, 2015).

Functional Implications in Livestock Production

The functional relevance of CAST extends beyond meat tenderness. Its expression and genetic polymorphisms are also linked to live weight gain, loin muscle thickness, intramuscular fat accumulation, and carcass yield—traits of high economic importance in meat production systems (Ardıçlı & Çobanoğlu, 2022).

Thus, the CAST gene plays a pivotal role at the intersection of muscle biology, meat science, and animal breeding. Understanding its molecular structure and regulatory mechanisms provides a solid foundation for applying genomic selection and precision breeding strategies aimed at enhancing meat quality and production efficiency.

POLYMORPHISMS AND PHENOTYPIC EFFECTS ACROSS SPECIES

CAST Gene Polymorphisms in Sheep

Studies on native sheep breeds in Türkiye have revealed a high level of genetic variability within the CAST gene. Analyses conducted in breeds such as Kıvırcık, Karayaka, Akkaraman, and Sakız have focused on the association between genotypic variants and economically important traits. Using the PCR-RFLP method, three major genotypes—MM (mutant homozygote), MN (heterozygote), and NN (normal homozygote)—have been consistently identified (Avanus & Yılmaz, 2018; Tuncel & Akyüz, 2015).

These genotypes are known to influence several key traits related to carcass quality, growth performance, and meat tenderness. For instance, Karahüseyinoğlu (2020) reported that Kıvırcık sheep carrying the MN genotype exhibited higher daily live weight gain compared with MM or NN genotypes. Similarly, these animals demonstrated improved carcass weight and loin eye muscle thickness, indicating that heterozygotes may possess a favorable balance between growth and meat quality traits.

In Akkaraman sheep, Küçük & Karaca (2021) found a positive association between the MN genotype and intramuscular fat content, a trait that strongly influences the sensory quality of meat. Intramuscular fat contributes to juiciness and flavor, both of which are critical parameters in consumer evaluation of meat quality.

Conversely, research in the Sakız breed showed that NN genotype carriers exhibited superior meat color and water-holding capacity—traits that directly affect the shelf life and marketability of meat (Öztabak & Ertuğrul, 2013). In Karayaka sheep, heterozygous MN individuals showed better muscle development indicators, supporting the idea that moderate levels of calpastatin inhibition yield balanced growth and tenderness outcomes (Tuncel & Akyüz, 2015).

Overall, the distribution of CAST genotypes and their phenotypic impacts in sheep populations suggest that MN animals often achieve a favorable compromise between tenderness and muscle growth, making this genotype a desirable target in selection programs (Avanus & Yılmaz, 2018; Karahüseyinoğlu, 2020).

CAST Gene Polymorphisms in Cattle

In beef and dual-purpose cattle breeds, CAST polymorphisms have been found to exert significant effects on muscle tenderness, meat pH, color stability, and water-holding capacity. These attributes collectively determine the sensory and technological quality of beef, influencing both producer profitability and consumer satisfaction (Özkan & Ertürk, 2014; Ardıçlı & Çobanoğlu, 2022).

Multiple studies have demonstrated that NN genotype carriers exhibit superior meat tenderness, as evidenced by lower shear force values and enhanced water retention capacity. Such findings align with the inhibitory role of calpastatin: moderate inhibition prevents excessive proteolysis while promoting optimal muscle fiber degradation (Durmaz & Tümer, 2018).

However, other studies have reported that MM genotype individuals show higher growth rates, larger loin eye areas, and improved carcass yields, albeit at the cost of slightly reduced tenderness (Yücel & Koban, 2022). This genotype-dependent trade-off highlights the complexity of balancing growth performance and sensory quality in selection strategies.

Moreover, associations between CAST polymorphisms and advanced meat quality parameters—such as marbling, cooking loss, and color stability (L*, a*, b* values)—have been documented. Ardıçlı & Çobanoğlu (2022) found that MN genotype animals displayed balanced performance across these indicators, with optimal color stability and moderate fat deposition. Similarly, Özkan & Ertürk (2014) emphasized that biochemical parameters linked to proteolytic enzyme activity vary by genotype, suggesting potential use of CAST polymorphism as a molecular selection criterion.

From a breeding perspective, NN genotypes appear most advantageous for improving tenderness and water retention, while MM individuals may be preferred in programs emphasizing carcass yield and rapid growth. Therefore, a multi-trait selection approach integrating both production and quality indices is recommended to achieve sustainable genetic improvement (Durmaz & Tümer, 2018; Yücel & Koban, 2022).

CAST Gene Polymorphisms in Buffalo

Buffalo farming plays a vital role in the meat and dairy industries of South Asia and the Middle East. With the recent integration of molecular genetics into buffalo breeding, researchers have begun identifying genetic markers associated with carcass and meat quality traits. The CAST gene has emerged as one of the most promising targets in this context.

Ahmad et al. (2017) reported significant associations between CAST genotypes and carcass traits in Nili-Ravi buffaloes. NN genotype carriers demonstrated superior muscle structure, faster postmortem tenderization, and enhanced sensory attributes, including color and water-holding capacity. These findings indicate that calpastatin's regulatory function in buffalo parallels that observed in cattle.

Further studies from Pakistan and India confirmed that SNPs within CAST significantly influence muscle texture and postmortem meat properties (Fadhil et al., 2020; Saleh et al., 2016). Genotyping is typically performed using PCR-RFLP with MspI and NcoI restriction enzymes, enabling early differentiation of individuals by genotype. This approach facilitates the inclusion of genetically superior buffaloes in selection programs at an early age, optimizing breeding efficiency (Saleh et al., 2016).

In some cases, MM genotype individuals exhibited higher live weight gains and carcass weights but produced meat with lower tenderness scores compared to NN carriers (Setyani et al., 2021). These genotype-dependent contrasts reaffirm the necessity of defining breeding objectives based on specific production goals—such as balancing carcass yield and consumer-preferred texture.

CAST Gene Polymorphisms in Goats

In goats, CAST genotyping has gained attention for its potential role in improving meat quality and carcass yield, particularly in native Turkish breeds. Genetic analyses have revealed meaningful associations between CAST SNPs and growth performance indicators. NN genotype goats generally show enhanced muscle tenderness and reduced cooking losses, whereas MM genotype individuals exhibit superior growth performance but less desirable sensory quality (Ardıçlı & Çobanoğlu, 2022).

PCR-RFLP analyses employing MspI and NcoI enzymes remain the standard for goat CAST genotyping (Yılmaz et al., 2020). Interestingly, MN heterozygotes often display intermediate trait values, suggesting heterosis-like effects for meat quality traits. This genotype may thus represent a balanced option for selection in goat breeding, combining acceptable tenderness with good growth rates.

Moreover, CAST genotyping in goats supports early selection for superior carcass characteristics, contributing to both productivity and conservation of genetic diversity in indigenous breeds (Küçük & Karaca, 2021).

CAST Gene Polymorphisms in Pigs

In swine production, CAST serves as a key candidate gene influencing muscle composition and sensory meat quality. Studies have shown that NN genotype pigs possess smaller and more uniform muscle fiber diameters, leading to improved tenderness and juiciness after slaughter (Zhang et al., 2009). These animals also exhibit lower shear force values and higher consumer acceptability scores.

Conversely, MM genotype pigs tend to grow faster and achieve higher carcass yields, though often at the expense of reduced meat tenderness and higher cooking losses. Differences among genotypes extend to physicochemical attributes such as pH, color stability, and water-holding capacity (Li et al., 2015).

Overall, CAST polymorphisms in pigs contribute significantly to variation in carcass and meat quality traits, and the gene is considered a reliable biomarker for improving pork quality through genomic selection.

POTENTIAL OF THE CAST GENE IN MOLECULAR BREEDING

The CAST gene is one of the most extensively studied candidate genes in molecular breeding and marker-assisted selection (MAS) programs. Because of its direct influence on meat tenderness and overall meat quality, CAST is widely regarded as a functional marker with significant implications for carcass traits and growth performance (Öztabak & Ertuğrul, 2013; Küçük & Karaca, 2021).

In molecular breeding applications, genetic markers enable the identification of superior animals at an early age—well before phenotypic traits can be reliably measured. Selection based on CAST genotypes allows breeders to identify and retain animals with a genetically determined potential for more tender meat. Such selection strategies not only enhance consumer satisfaction but also increase the profitability of meat production systems (Karahüseyinoğlu, 2020).

Studies conducted in sheep and cattle have shown that MN and NN genotypes are particularly advantageous in terms of meat quality parameters such as intramuscular fat content and water-holding capacity—both critical determinants of sensory and technological quality. Selecting breeding animals that carry favorable CAST genotypes therefore contributes to long-term genetic progress and product consistency (Yücel & Koban, 2022).

However, the use of CAST in isolation may not fully capture the complexity of production traits. Incorporating multiple candidate genes into molecular selection schemes allows for a more comprehensive and efficient approach to multi-trait improvement. Since complex traits such as meat yield, milk production, and fertility are governed by numerous interacting genes, the pleiotropic effects of functional genes like CAST must be considered in breeding designs (Öztabak & Ertuğrul, 2013).

The integration of CAST into molecular selection frameworks therefore represents a sustainable strategy that benefits both animal welfare and producer profitability. For countries such as Türkiye, where genetic diversity among native breeds remains high, promoting the widespread use of such genetic markers is essential for safeguarding biodiversity while achieving measurable improvements in productivity (Fadhil et al., 2019; Karaca et al., 2020).

CONCLUSION

The Calpastatin (CAST) gene is a major genetic determinant affecting a wide range of economically important traits, particularly meat quality. Owing to its molecular structure and genetic variability across livestock species, CAST has been linked to key production parameters including muscle tenderness, water-holding capacity, meat pH, and growth performance.

Research conducted in Türkiye and other regions has demonstrated the presence of significant genetic variation within CAST among native breeds, suggesting that this gene can be effectively utilized in national breeding and selection programs. Selection based on CAST genotypes enables the early identification of animals with superior meat quality potential, accelerating the rate of genetic improvement and reducing production costs.

Among the different genotypes identified, NN and MN variants have generally been reported as favorable for achieving higher tenderness and better overall meat quality. Therefore, animals carrying these genotypes should be prioritized in breeding programs aimed at improving product quality.

Future research should focus on expanding genome-wide investigations of CAST, identifying additional SNPs, and integrating these findings into national genotyping databases. Such efforts will strengthen the scientific foundation of marker-assisted selection and enhance the efficiency of genetic improvement programs. Ultimately, the use of CAST as a genomic selection tool will contribute significantly to sustainable livestock production and the achievement of long-term genetic progress in meat-producing species.

REFERENCES

Ahmad, S., Javed, M., & Anjum, F. M. (2017). Association of Calpastatin gene polymorphisms with meat quality traits in Nili-Ravi buffaloes. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 27(3), 654–660.

Ardıçlı, S., & Çobanoğlu, Ö. (2022). Investigation of Calpastatin Gene Polymorphisms in Cattle Breeds Reared in Turkey. *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 41(1), 30–36.

Avanus, K., & Yılmaz, O. (2018). Genetic diversity of Calpastatin gene in Kıvırcık lambs using PCR-RFLP method with MspI and NcoI enzymes. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1), 111–116. https://doi.org/10.9775/kvfd.2018.19076

Çelik, S., & Arslan, K. (2011). Calpastatin gene polymorphism in Awassi and Morkaraman sheep. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 27(1), 45–50.

Demirtaş, M., & Arslan, C. (2020). Genotyping of calpastatin gene in Bafra sheep. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 211–216.

Durmaz, E., & Tümer, B. (2018). Genotyping of calpastatin gene in native Turkish sheep using NcoI and MspI enzymes. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1), 45–51.

Ergün, A., & Erdoğan, M. (2023). Molecular investigation of meat quality candidate genes in Karayaka sheep. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(1), 88–93.

Fadhil, M., Aziz, M. A., & Wahid, A. (2019). Identification of Polymorphisms in CAST Gene and Their Association with Carcass Traits in Awassi Sheep. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 33(2), 201–207.

Gültepe, M. (2021). The relationship between CAST gene polymorphisms and growth traits in sheep. *Hayvansal Üretim Araştırmaları Dergisi*, 11(2), 155–160.

Kaplan, S., & Atalay, S. (2017). Determination of Calpastatin Gene Polymorphism in Kıvırcık Crossbred Ewes by PCR-RFLP Method. *Hayvansal Üretim*, 58(2), 29–36. https://doi.org/10.29185/hayuretim.327380

Karahüseyinoğlu, M. (2020). Determination of CAST gene variation in Kıvırcık sheep using PCR-RFLP. *2020 Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 2, 112–116.

Koçak, Ö., & Yanar, M. (2022). Molecular analysis of calpastatin and calpain genes in cattle breeds in Turkey. *Veteriner Fakültesi Dergisi*, 63(4), 321–328.

Kök, S., & Çobanoğlu, Ö. (2013). The Association Between Calpain and Calpastatin Gene Polymorphism and Meat Tenderness in Beef Cattle. In *Proceedings of BALNIMALCON 2013* (pp. 156–160).

Kök, S., Atalay, S., Vapur, G., & Soysal, M. İ. (2019). Sığırlarda Kalpain ve Kalpastatin Gen Polimorfizmlerinin Et Tekstürünün İyileştirilmesi Çalışmalarında Kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 59(2), 87–96.

Küçük, A., & Karaca, O. (2021). A study on the genetic diversity of the CAST gene in crossbred sheep. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(2), 121–128.

Özkan, M., & Ertürk, Y. (2014). Calpastatin gene polymorphisms in sheep using PCR-RFLP. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 61(1), 17–22.

Öztabak, K., & Ertuğrul, O. (2013). Association of CAST gene with carcass traits in Turkish cattle. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(4), 383–388.

Polat, M., Yanar, M., & Aydın, F. (2022). Molecular Characterization of Calpastatin Gene in Karacabey Merino Sheep. *Veteriner Fakültesi Dergisi*, 63(3), 289–296.

Saleh, A. K. (2015). Genotyping of CAST gene using PCR-RFLP technique in Awassi sheep. *IJAAS*, 11(4), 707–715.

Setyani, R., Yuniarti, W. M., & Retnani, Y. (2021). Genetic variation of CAST gene in Bali cattle and its relationship to meat quality. *International Journal of Agricultural and Applied Sciences*, 2(1), 20–25.

Şahin, H., & Tuncel, E. (2018). Polymorphism of CAST gene in Sakız and Kıvırcık sheep. *Hayvansal Üretim*, 59(1), 11–17.

Tanış, E., Keskin, A., & Aydın, F. (2021). Koyunlarda verimi etkileyen aday genler. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(4), 354–367.

Tuncel, E., & Akyüz, B. (2015). Calpastatin gene polymorphism and growth performance in Akkaraman lambs. *Hayvansal Üretim*, 56(1), 18–22.

Yılmaz, A., & Keskin, S. (2013). Evaluation of candidate gene polymorphisms affecting meat quality traits in sheep. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(4), 723–728.

Yilmaz, O., & Avanus, K. (2015). PCR-RFLP analysis of CAST gene in Turkish sheep breeds. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 31(2), 120–125.

Yücel, D., & Koban, E. (2022). Marker-assisted selection and calpastatin gene diversity in native sheep. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, 38(2), 98–105.

Pinus halepensis: CAPITALIZATION OF KNOWLEDGE ON THE THERAPEUTIC USES IN TRADITIONAL MEDICINE IN THE CENTRAL PLATEAU, MOROCCO

Jaayefar Fatima-ezzahra
Ibn Tofail University, Laboratory of Plant, Animal Productions and Agro-Industry

et Dahmani Jamila
Ibn Tofail University, Laboratory of Plant, Animal Productions and Agro-Industry

Abstract
Pinus halepensis Mill., also known as Aleppo pine (or Snouber in Morocco), is a coniferous tree belonging to the family Pinaceae, found almost everywhere that is prone to fire in the Mediterranean basin, including in the Central Plateau of Morocco. This paper summarizes the available scientific evidence on the reproductive ecology of this important forest resource in relation to fire. Data collected from the scientific literature highlights key adaptive characteristics of the species. This evidence suggests that, as a forest tree, P. halepensis adopts a fire-embracing regeneration strategy. Most of its post-fire recovery can be traced back to the seed bank in its canopy stored in serotinous cones that burst open following fire (pyriscence) to release seeds. The species has a reproductive profile that shows a female-first reproductive pattern that could mitigate "immaturity risk" from repeated fires. Pinus halepensis has an impressive level of resilience for post-fire recovery attributed to its ability to recover exclusively from seeds, as once an adult tree has been killed by fire there are no alternatives for regeneration. Recovery is ensured by high serotiny levels in young trees and post-fire live and dead trees that provide a quick and plentiful supply of seeds. The tree also possesses characteristics that optimize the fire environment to its benefit: the absence of self-pruning of branches and cones contributes to higher levels of flammability and results in canopy fires that facilitate the release of seed. Seeds from serotinous cones also showcase higher rates of germination under post-fire environments, such as ash beds with increased pH. This leads to a dedicated regeneration niche immediately under the parent trees, where seedling competition is diminished and minerals are more concentrated. Pinus halepensis Mill. is therefore one of those species whose life history is shaped by fire, with a set of traits that promote its success in post-fire ecosystems. Management of P. halepensis in the Central Plateau of Morocco, its native range, is important for the restoration of forest ecosystems and to understand ecological resilience.

Keywords: *Pinus halepensis*, Central Plateau, Data Compilation, Serotiny, Post-fire Regeneration, Reproductive Ecology, Morocco.

Cistus salviifolius L.: CAPITALIZING ETHNOBOTANICAL, PHYTOCHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL DATA ON A PROMISING MEDICINAL RESOURCE FROM THE MOROCCAN CENTRAL PLATEAU

Jaayefar Fatima-ezzahra
Ibn Tofail University, Laboratory of Plant, Animal Productions and Agro-Industry

et Dahmani Jamila
Ibn Tofail University, Laboratory of Plant, Animal Productions and Agro-Industry

Abstract
Cistus salviifolius, or Sage-leaved Rock Rose, is a perennial shrub that belongs to the Cistaceae family and thrives in the semi-arid Mediterranean ecosystem. The plant is valued for its pleasantly sweet and fragrant scent, making it a suitable candidate for the fragrance and ornamental plant industries. Additionally, Cistus salviifolius has been traditionally acknowledged and used in folk medicine in many parts of the Mediterranean for various purposes. Historically, C. salviifolius has been used as an astringent and cicatrizing agent, as well as a substitute for tea, and in Jordan it has been used to treat gout. Using available published data, this work will summarize findings relating to the phytochemical and pharmacological properties of C. salviifolius. Cistus salviifolius pharmacological potential is mainly attributed to its active phytochemical profile, which can be complex and organ-specific. Cistus salviifolius flower buds and leaves reveal a relevant difference in the concentration of bioactive compounds. Variations between organs in Cistus salviifolius composition determine and influence biological activity.The flower buds' high phenolic and flavonoid concentrations impart a very strong antioxidant activity detected by DPPH, ABTS, and FRAP methods which is similar to that of the pure compound ascorbic acid. Additionally, the flower bud extraction has a strong cytotoxic activity against both human ovarian (OVCAR) and human breast cancer (MCF-7) cell lines, and can inhibit the superoxide dismutase (SOD) enzyme. The leaf extraction with its higher concentrations tannins and anthocyanins has a broader range of powerful inhibition on enzyme activity. The anti-acetylcholinesterase activity was notably superior implying implications for the management of neurodegenerative disorders such as Alzheimer's disease, much better than many extracts that have been published. The leaf extraction had strong anti-xanthine oxidase which supports the traditional use of this plant to reduce uric acid levels associated with gout. The leaf extract showed strong anti-inflammatory activity as evidenced by 5-lipoxygenase (5-LOX) inhibition which was better than some known varieties of pomegranate.These findings position Cistus salviifolius as a plant with multiple therapeutic facets. The flower buds' antioxidant and cytotoxic properties could allow them to be considered for food preservation as natural antioxidants or in cancer research. The leaves, particularly their anti-enzymatic properties, could generate potential solutions for the development of a natural therapeutic agent designed to address gout, inflammation, and neurodegenerative diseases. The valorization of C. salviifolius could represent a viable option for the development of natural alternatives for the food, pharmaceutical, and medicinal industries, and further studies to fractionate isolate, and to assess the specific molecules for observed biological activity should be undertaken.
Keywords: Cistus salviifolius, Sage-leaved Rock Rose, Phytochemistry, Antioxidant, Anti-inflammatory, Cytotoxic, Anti-acetylcholinesterase, Enzyme inhibition, Natural products

SENSITIVITY ANALYSIS OF BOVINE MASTITIS DISEASE: A MATHEMATICAL MODELLING APPROACH

O.A. Odebiyi
Department of Pure and Applied Mathematics, Ladoke Akintola University of Technology
ORCID: 0009-0007-8173-6755

J. K. Oladejo
Department of Pure and Applied Mathematics, Ladoke Akintola University of Technology

ABSTRACT
Bovine mastitis is a complex and multifactorial disease characterized by inflammation of the mammary gland, typically caused by bacterial infections. This study provides a six-compartment mathematical model to investigate the dynamics of bovine mastitis. The model's positiveness, the endemic equilibrium point, basic reproduction number and local stability of the disease free equilibrium point and the sensitivity analysis were analyzed.
Our study investigates that the model was shown to be stable if the basic reproduction number, R_0, is less than unity and unstable if otherwise. The outcome of the local stability analysis reveals that the disease-free equilibrium of the bovine mastitis is locally asymptotically stable indicating that the disease can be controlled under certain conditions. The sensitivity analysis further identifies key parameters influencing the spread of the disease. The findings of this study have significant implications for the development of effective control strategies against bovine mastitis. The results suggest that targeted interventions focusing on key parameters can help mitigate the impact of bovine mastitis, ultimately reducing economic losses in dairy farming.
Keywords: Sensitivity analysis, Bovine Mastitis, Mathematical modelling, Basic reproduction number.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

EFFECTS OF STORAGE METHODS AND STORAGE DURATIONS ON MINERAL COMPOSITION OF BULKED MILK FROM WEST AFRICAN DWARF (WAD) GOATS

Essien, Kemfon Friday
Department of Animal Science, Bayero University Kano
ORCID: 0000-0003-0790-3731

Agwu, Ani Ekwe
Department of Animal Health and Production Technology, Federal Polytechnic Ngodo-Isuochi

Essien, Menyene Friday
Federal University of Technology

Adeoye, Samson Olubode Babalola
Department of Animal Physiology, Federal University of Agriculture

ABSTRACT
The mineral composition of West African Dwarf (WAD) goat milk is important for nutritional quality, yet storage conditions may alter its profile. This study aimed to evaluate the effects of storage methods and durations on calcium, phosphorus, sodium, zinc, and copper content in bulked WAD goat milk. Ninety-six milk batches were stored under refrigeration (4°C) or freezing (−10°C) for 1–12 weeks. Mineral concentrations (Ca, P, Na, Zn, Cu) were quantified using Atomic Absorption Spectrophotometry. Data were analyzed using Statistical Analysis System (SAS) with a significance level of $p < 0.05$. Refrigeration preserved higher calcium (248.72 ± 16.89), sodium (58.12 ± 5.45), zinc (2.41 ± 0.15) and copper (0.19 ± 0.02) compared to freezing. Phosphorus showed no significant difference ($p = 0.4698$). Over 12 weeks, copper varied significantly, increasing from 0.11 ± 0.03 mg/100g (week 3) to 0.26 ± 0.04 mg/100g (week 12). Other minerals exhibited non-significant fluctuations ($p>0.05$). Refrigeration better maintained the overall mineral profile across storage durations. Refrigeration at 4 °C is superior for preserving the mineral quality of WAD goat milk.
Keywords: West African Dwarf goats, milk mineral composition, storage methods.

INTRODUCTION
West African Dwarf (WAD) goats are a vital livestock breed in sub-Saharan Africa, valued for their adaptability and contribution to local diets and economies (Chiejina *et al*., 2015). Their milk, though produced in smaller volumes than cow milk, is nutrient-dense, offering high levels of protein, fat, and essential minerals like calcium, phosphorus, sodium, zinc, and copper (Fazeela et al., 2022). These minerals support bone health, immune function, and enzymatic processes, making their retention in milk crucial for nutritional quality (Górska-Warsewicz *et al.*, 2019).
Milk mineral composition is influenced by post-collection handling, particularly storage methods and durations, which are essential for maintaining quality in dairy processing and distribution (Miriam *et al*., 2020). Common storage methods, such as refrigeration (4°C) and freezing (−10 °C), aim to extend shelf life but may alter mineral stability due to physical and chemical changes, including protein denaturation or mineral precipitation (Zhu *et al*., 2025).

For instance, freezing can disrupt micellar structures, potentially reducing bioavailable calcium and phosphorus, while refrigeration may better preserve mineral integrity over shorter periods (Fanyu *et al.*, 2021). Storage duration further complicates these effects, as prolonged storage may exacerbate mineral loss or redistribution, impacting milk's nutritional and functional properties (O'Connell *et al*., 2017).

Despite extensive research on cow milk, studies on WAD goat milk, particularly bulked milk, are scarce. Bulked milk, pooled from multiple animals, is common in smallholder systems but introduces variability in mineral content due to differences in diet, lactation stage, and handling practices (Mukasafari *et al*., 2025). Limited data exist on how storage methods and durations affect the mineral profile of WAD goat milk, creating a knowledge gap critical for optimizing dairy processing in tropical climates (Permana *et al*., 2025). Understanding these effects is essential for ensuring nutritional quality and supporting local dairy industries.

This study aims to investigate the effects of refrigeration and freezing, over 1–12 weeks, on the mineral composition (calcium, phosphorus, sodium, zinc, copper) of bulked WAD goat milk to provide quantitative insights into mineral retention under varying storage conditions.

MATERIALS AND METHODS

Experimental site

The experiment was carried out at the small-holder dairy goat research farm, in the Teaching and Research Unit of the Directorate of University Farms (DUFARMS), Federal University of Agriculture, Abeokuta, Ogun state, Nigeria. Laboratory analyses were carried out at the Animal Physiology and Central laboratories of the Federal University of Agriculture, Abeokuta.

Experimental does and management

Twenty-four lactating WAD does were managed semi-intensively and fed 0.5g concentrated feed per head per day with provision of fresh water *ad libitum.*

Milk collection

The experimental animals were hand milked as at 7am in the morning. Milk was bulked into a milk collection bottle, there after placed in an icepack. The bulked milk was divided into two groups. Each group was appropriately labeled to be refrigerated at 4°c and frozen at -10°c for the duration of storage at week 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 and 12.

Determination of milk mineral composition

The milk minerals were determined through Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) machine (LCD, 1.5nm, 100-1100nm, Vimal Enterprises, Mumbai, India) as described by (Al-Wabel., 2008).

Statistical Analysis

Data generated were subjected to analysis of variance (ANOVA) using 3 x 3 x 12 factorial arrangement in General linear model of Statistical Analysis System (SAS), version 9.2 (SAS 2001) while the means were separated using Duncan's multiple range test.

Table 1: Means showing effects of storage method and duration on Calcium, Phosphorous, Sodium, Zinc and Copper of bulked milk from west African dwarf goats.

Factors	N	Calcium (mg/100g)	Phosphorus (mg/100g)	Sodium (mg/100g)	Zinc (mg/100g)	Copper (mg/100g)
Refrigeration	48	248.72 ± 16.89[a]	26.01 ± 1.95	58.12 ± 5.45[a]	2.41 ± 0.15[a]	0.19 ± 0.02[a]
Freezing	48	201.13 ± 10.72[b]	20.78 ± 1.48	47.89 ± 1.29[b]	1.62 ± 0.06[b]	0.09 ± 0.01[b]
P. Value		0.0412	0.4698	0.0343	0.2691	0.0603
Storage duration (wks)						
1	12	228.15 ± 21.02	28.89 ± 4.50	50.98 ± 1.12	2.05 ± 0.17	0.16 ± 0.04
2	12	222.87 ± 18.30	21.45 ± 2.85	50.56 ± 0.96	1.98 ± 0.12	0.12 ± 0.02
3	12	233.01 ± 19.95	26.38 ± 3.25	53.67 ± 2.40	2.29 ± 0.27	0.11 ± 0.03
4	12	245.89 ± 20.15	24.80 ± 3.15	51.29 ± 1.03	2.24 ± 0.24	0.15 ± 0.03
5	12	227.10 ± 24.25	28.25 ± 5.15	50.03 ± 1.70	2.54 ± 0.32	0.18 ± 0.04
6	12	271.98 ± 30.05	31.12 ± 5.90	58.65 ± 8.00	2.77 ± 0.48	0.18 ± 0.04
7	12	235.67 ± 22.70	25.28 ± 4.40	51.03 ± 1.66	2.49 ± 0.29	0.19 ± 0.04
8	12	215.22 ± 21.55	24.90 ± 4.70	50.04 ± 1.80	2.20 ± 0.26	0.14 ± 0.02
9	12	265.12 ± 56.80	18.30 ± 4.80	67.01 ± 20.85	2.04 ± 0.28	0.23 ± 0.03
10	12	241.33 ± 27.50	31.35 ± 4.15	52.08 ± 1.08	2.18 ± 0.22	0.21 ± 0.04
11	12	241.39 ± 20.15	23.78 ± 3.75	51.36 ± 0.85	2.07 ± 0.20	0.23 ± 0.04
12	12	254.67 ± 23.75	20.28 ± 1.82	50.92 ± 1.29	2.08 ± 0.18	0.26 ± 0.04
P. Value		0.5712	0.4698	0.7443	0.2691	0.0603

[abc] mean value in the column bearing different superscript are significantly different ($p<0.05$)

RESULTS

The study evaluated the effects of storage method (Refrigeration and Freezing) and storage duration (1–12 weeks) on the mineral content of milk from West African Dwarf goats. The data, derived from 48 samples per storage method, revealed distinct differences in mineral concentrations between refrigeration and freezing, with storage duration also influencing certain minerals. WAD goat milk preserved under refrigeration temperatures exhibited a higher mean calcium content (248.72 ± 16.89 mg/100g) compared to those under freezing (201.13 ± 10.72 mg/100g). The phosphorus content of Refrigerated samples had a slightly higher mean (26.01 ± 1.95 mg/100g) than frozen samples (20.78 ± 1.48 mg/100g). However, this difference was not statistically significant. Refrigeration resulted in a higher mean sodium content (58.12 ± 5.45 mg/100g) compared to freezing (47.89 ± 1.29 mg/100g), with the difference being statistically significant ($p < 0.05$). Refrigerated samples showed a significantly higher mean zinc content (2.41 ± 0.15 mg/100g) than frozen samples (1.62 ± 0.06 mg/100g). The most pronounced difference was observed for copper, with refrigerated samples having a significantly higher mean content (0.19 ± 0.02 mg/100g) compared to frozen samples (0.09 ± 0.01 mg/100g).

From the data observed under storage durations, over the 12-week storage period, calcium content varied, ranging from a low of 215.22 ± 21.55 mg/100g at week 8 to a high of 271.98 ± 30.05 mg/100g at week 6. Despite these fluctuations, the differences across weeks were not statistically significant ($p = 0.5712$). Phosphorus levels showed variability, with the lowest mean content at week 9 (18.30 ± 4.80 mg/100g) and the highest at week 10 (31.35 ± 4.15 mg/100g). However, these differences were not statistically significant ($p = 0.4698$). Sodium content ranged from 50.03 ± 1.70 mg/100g at week 5 to 67.01 ± 20.85 mg/100g at week 9.

The variability across weeks was not statistically significant ($p = 0.7443$). Zinc concentrations fluctuated between 1.98 ± 0.12 mg/100g at week 2 and 2.77 ± 0.48 mg/100g at week 6. Copper content showed significant variation across storage duration ($p = 0.0003$). The lowest mean was observed at week 3 (0.11 ± 0.03 mg/100g), while the highest was at week 12 (0.26 ± 0.04 mg/100g). Notably, copper levels increased progressively from week 8 (0.14 ± 0.02 mg/100g) to week 12, suggesting a time-dependent effect.

The results indicate that refrigeration consistently preserved higher levels of calcium, sodium, zinc, and copper compared to freezing, with statistically significant differences for calcium, sodium, zinc, and copper. Phosphorus content was less affected by storage method. Over the 12-week storage duration, copper exhibited significant variability, with a trend toward higher concentrations in later weeks. Other minerals showed fluctuations, but these were not statistically significant. These findings highlight the differential impact of storage conditions on mineral retention, with copper being particularly sensitive to both storage method and duration.

DISCUSSION

The data revealed that refrigeration (4°C) preserved higher levels of calcium, sodium, zinc, and copper compared to freezing (−10°C) in bulked West African Dwarf (WAD) goat milk, with copper showing the most significant sensitivity. Storage duration (1–12 weeks) did not significantly affect copper. The increased values may have resulted from physicochemical mechanisms, such as freezing-induced disruption of casein micelles, which reduces calcium and phosphorus solubility (Arantza *et al*., 2023), or protein-mineral interactions that stabilize copper under refrigeration (Yu *et al*., 2023). Freezing likely causes ice crystal formation, altering mineral distribution and bioavailability in milk (Sara *et al*., 2020). These findings align with studies on cow milk, where refrigeration better preserved calcium and zinc compared to freezing (Doe and Eric, 2025), though WAD goat milk's higher protein content may enhance mineral retention (Okeniyi *et al*., 2020). Conversely, Nayik *et al*. (2021) reported minimal mineral loss in pasteurized goat milk, suggesting pasteurization, may further stabilize minerals. The higher mineral retention under refrigeration supports its use to maintain nutritional quality for consumers, particularly for calcium and zinc, critical for bone health and immunity (Cashman., 2006). For dairy processors, refrigeration is recommended for short-term storage to optimize mineral content in WAD goat milk products. However, the study's limitation lies in its focus on only two storage methods and a 12-week duration, excluding pasteurization or lyophilization effects. Future research should incorporate these methods, extend storage durations, and use advanced techniques like X-ray spectroscopy to explore mineral speciation, enhancing understanding of storage impacts on WAD goat milk quality.

Conclusion

Refrigeration better maintained the overall mineral profile across storage methods and durations. Farmers should prioritize refrigerated storage to maintain nutritional value of WAD goat milk.

REFERENCES

Al-Wabel, N, A. (2008). Mineral content of Cattle, Camels, Goats and Sheep in the Central Region of Saudi Arabia. *Asian Journal of Biochemistry.* 3:373-375.

Arantz,a G., Arno, A. and Thom, H. (2023). Disruption of casein micelles by calcium sequestering salts: From observations to mechanistic insights, *International Dairy Journal*. 14: 210-219, ISSN 0958-6946, https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105638.

Cashman, K. (2006). Milk minerals (including trace elements) and bone health. *International Dairy Journal*. 16:1389-1398. 10.1016/j.idairyj.2006.06.017.

Chiejina, S. N., Behnke, J. M. and Fakae, B. B. (2015).Haemonchotolerance in West African Dwarf goats: contribution to sustainable, anthelmintics-free helminth control in traditionally managed Nigerian dwarf goats. *Parasite*. 22:7-14 doi: 10.1051/parasite/2015006. Epub 2015 Feb 10. PMID: 25744655; PMCID: PMC4321401.

Doe, Y. A. and Eric, W. M. (2025). Influence of Freezing Duration on Quality Characteristics of Fresh Cow Milk and Yoghurt. *African Journal of Food Science and Technology*. 16(1): 01-10. DOI: http:/dx.doi.org/10.14303/ajfst.2025.01

Fanyu. M., Therese, U., Ryan, A. C, Kelly, A. L. (2021). The composition and physico-chemical properties of human milk: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 112: 608-621, ISSN 0924-2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.040.

Fazeela K., Tasneem G. K, Hassan, I. A and Jameel A. B. (2022). Compare the nutritional status of essential minerals in milk of different cattle and humans: Estimated daily intake for children, *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 105, 2022, 104214, ISSN 0889-1575, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104214.

Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W. and Czeczotko, M. (2019) Milk and Dairy Products and Their Nutritional Contribution to the Average Polish Diet. *Nutrients*. (8):1771 - 1779. doi: 10.3390/nu11081771.

Miriam, D. D., George, A., Bernardine, T. (2020). Effect of storage methods and duration of storage on the bacteriological quality of processed liquid milk post-opening. *Scientific African*. Volume 10: 212- 219.

Mukasafari, M.A., Mpatswenumugabo, J. P., Ndahetuye, J. B., Wredle, E. and Båge, R. (2025) Management factors affecting milk yield, composition, and quality on smallholder dairy farms. *Trop Anim Health Prod*. 57(2):41. doi: 10.1007/s11250-025-04294-x.

Nayik, G.A., Jagdale, Y. D, Gaikwad, S. A, Devkatte, A. N, Dar, A. H, Dezmirean, D. S., Bobis, O., Ranjha, M. M. A. N., Ansari, M. J., Hemeg, H. A. and Alotaibi, S. S. (2021). Recent Insights Into Processing Approaches and Potential Health Benefits of Goat Milk and Its Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*. 6: 8:789117. doi: 10.3389/fnut.2021.789117.

O'Connell, A., Kelly, A. L, Tobin, J., Ruegg, P. L. and Gleeson, D. (2017).The effect of storage conditions on the composition and functional properties of blended bulk tank milk. *Journal of Dairy Science*. 100(2):991-1003. doi: 10.3168/jds.2016-11314.

Okeniyi, F. A., Olawoye, S., Animashahun, R. A., Alabi, O., Shoyombo, A. J., Falana, M. and Sowande, O. S. (2020). Mineral balance, nutrient intake and digestibility of West African dwarf (Wad) goats fed urea-mixed milled maize stover diets. *Adan Journal Of Agriculture*. 1(1), 149–159. https://doi.org/10.36108/adanja/0202.10.0171

Permana, I. G., Rosmalia, A., Anggarini, F. Y, Despal, D., Toharmat, T. and Evvyernie D. (2025).Optimizing tropical dairy goat diets: balancing rumen degradable protein, non-fiber carbohydrates, and sulfur requirements. *Anim Biosci*. 8(3):475-488. doi: 10.5713/ab.24.0155.

Sara, M. G., Anne-Grethe, J., Reidar, B. S., Tove, G. D., Elling-Olav, R. and Siv, B. S. (2020). Effect of freezing temperatures and time on mineral balance, particle size, rennet and acid coagulation of casein concentrates produced by microfiltration, *International Dairy Journal*. 101: 104563.https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104563.

SAS (2001) SAS 9.1 Software Package. SAS Institute, Cary.

Yu Wang, Dongyao Li, Bimal C., Xin Z., Na Z., Chang L., Yaxuan Li, Miaoshu W, Hongtao, T and Chen, Li. (2023).Copper inhibits postacidification of yogurt and affects its flavor: A study based on the Cop operon, *Journal of Dairy Science*, Volume 106, Issue 2, , Pages 897-911, ISSN 0022-0302, https://doi.org/10.3168/jds.2022-22369.

Zhu, L., Fan, Z., Li, W. and Shan, Y. (2025). Goat Milk Exhibits a Higher Degree of Protein Oxidation and Aggregation than Cow Milk During Cold Storage. *Foods*, *14*(5), 852. https://doi.org/10.3390/foods14050852.

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS
November 06-07, 2025 / Karapınar, Konya, TÜRKİYE
WEB: https://www.iksadkongre.com/meke
E-MAIL: kongrebasvurusu@gmail.com

RURAL COMMUNITIES' FEAR OF SNAKES: HOW PERCEPTIONS SHAPE CONSERVATION OUTCOMES IN BANGLADESH

Arafatur Rahaman
Southeast University
ORCID: 0000-0001-9647-3264

Research Assistant Ohi Mohammad Ammar
Adroit Discovery Lab (ADL)
ORCID: 0009-0007-3157-3222

ABSTRACT
Snakes are an ecologically important predator that control pest populations and maintain biodiversity; however, they are despised and killed in rural Bangladesh. This paper examines how fear and misinformation influence human–snake interactions and consequently hinder conservation efforts. Drawing on ethnobiological and conservation literature, as well as examples from Bangladesh, the paper explores how cultural stories, myths, and lived experiences surrounding snakebites contribute to the perpetuation of negative meanings. Rural folks hardly differentiate between venomous and non-venomous species, and they kill all types of snakes without discretion because the numbers have to come down. Negative behaviors due to fear also have paradoxical effects, such as killing snakes to reduce the risk of snakebite, which can potentially worsen mortality, as public hospitals often have adequate anti-venom stocks, and emphasizing the importance of quickly getting patients to the hospital. The findings of this research indicate that, even though people are aware of the ecological function of snakes, it seldom translates into protective behaviors due to entrenched emotional responses. The most obvious truth is that we must deal with fear and cultural belief systems, rather than just ecological facts. In this paper, we recommend community-based education to improve snakebite management & promote culturally appropriate awareness programs that can help foster coexistence for snakes and humans.
Keywords: Ophidiophobia, Snakebite, Snake Conservation, Fear and Myths, Ethnobiology, Conservation Psychology, Bangladesh.

INTRODUCTION
Snakes, comprising more than 4200 species, are integral to terrestrial and aquatic ecosystems and have essential functions in multiple predatory and play roles in food chains (Prokop et al., 2009)[1]. However, despite being of ecological importance, large numbers of snake species have been categorized as endangered or threatened all over the world, and their populations have significantly reduced due to habitat modification, loss, or fragmentation; climate change; disease; and effects from non-indigenous species, ultraviolet radiation, and xenobiotic agents (Gibbons et al., 2000)[2]. These would explain the losses in snake numbers seen worldwide (Reading et al., 2010)[3]. Snakes have fascinated and terrified cultures globally and historically and have been both venerated and reviled (Prokop et al., 2009)[1]. Depending on the cultural attitude we are exposed to, we will develop a positive or negative attitude toward snakes, giving us our attitude as to what snakes deserve preserving (Prokop et al., 2009)[1]. This dichotomy has a human impact, determining how these animals are treated, including whether or not they are deemed worthy of protection.

That humans in general and in most cultures exhibit a specific fear for snakes, orophidiophobia, can easily be understood as snakes are one of the least preferred animals in the world (Prokop et al., 2009)[1], (Frynta et al., 2025)[4]. This deeply rooted fear is postulated to stem from the evolutionary past, with ancient humans and primates broadly hardwired to view snakes as a prototypical stimulus for triggering fear (Öhman & Mineka, 2003)[5]. The unlearned fear of snakes is often reinforced by cultural stereotypes, religious teaching, and folklore suggesting that snakes are evil or vengeful animals (Fita et al., 2010)[6]. These misunderstandings have led to snakes not being valued for what they are, what they can provide in the broader truth of things, and the actual risks they present (Musah et al., 2021)[7].
In low and middle-income countries, particularly in rural and agricultural areas, human–snake conflicts are widely occurring with high frequencies, leading to snakebites and killing of snakes without discrimination (Musah et al, 2021)[7]. A graver challenge is faced by Bangladesh, which is a wet tropical country with high population density and widespread agricultural practices. Snakebite is a serious public health problem, with among the highest incidence worldwide (Kasturiratne et al., 2008)[8], and is a major cause of mortality and morbidity, particularly among the poorer rural population (Ahsan et al., 2018)[9]. In Bangladesh, the management of snakebite was traditionally practiced by primitive healers (Ozha or Kaviraj) who used unscientific methods of treatment, which often result in delayed medical therapy and a high level of mortality (Chowdhury et al., 2025)[10].
This paper aims to examine how fear-based beliefs affect the outcomes of snake conservation in rural Bangladesh. Our research seeks to identify pathways towards coexistence of human and snakes & beneficial conservation outcomes by examining community attitudes, behaviors and the potential problems arising from human-snake conflict. It highlights the need for education, involvement of communities, and increased access to health care in changing negative attitudes and promoting responsible behavior toward snakes. Finally, findings of this paper call for an integrated approach between conservation through community development and public health interventions to promote long-term snake conservation in rural Bangladesh.

Objectives of the Study: The main objectives of this study are-

- To understand how fear influences the attitudes & behaviour of rural communities towards snakes in Bangladesh.
- To explore why myths, culture and religion could perpetuate negative attitudes towards snakes.
- To determine how snake-killing affects the ecology, including the consequences to biodiversity and agriculture.
- To assess the efficiency of community engagement in reducing human-snake conflict and promoting coexistence.
- To identify better options for health access, snakebite management in rural areas, and to lower the fear of snakes.

LITERATURE REVIEW:

Religious myths and superstitions substantially impact the fear of the snake in the countryside in Bangladesh and many other such areas. Some rural communities put stigmatization on snakes with evil, danger, and supernatural strong elements, leading to fear of the unknown, hence confining the traditional bias that is lethal (Islam et al., 2023)[11]; (Musah et al., 2021)[12].

For instance, in Ghana, 70% popular folklores of the country were linked to ophidiophobia, and evidence correlated as well in South East Asia, as observed by Bangladesh (Musah et al., 2021)[12], (Saha, 2023)[13]. Such beliefs are typically handed down from generation to generation, diminish and reinforce stereotypes in a derogatory manner, and justify oppressive behavior (Saha, 2023)[13]; (Bennett, 2016)[14].

The most important factor in influencing human attitudes towards snakes is education. Those with higher formal education were more positive in their attitude and had less fear (Pinheiro et al., 2016)[15]; (Pandey et al., 2016)[16]. Knowledge of snakes and their ecological functions makes people in Bangladesh less frightened about snakes, although more disposed to conserve them (Islam et al., 2023)[11]. Prior contacts with snakes, like knowledge of snake education, direct exposure during encounter, may enhance tolerance and discourage the anxiety (Pinheiro et al., 2016)[15]; (Pandey et al., 2016)[16]; (Pandey et al., 2023)[17]. On the other hand, experiences of threats from snakebites may make fear and disgust more resistant (Islam et al., 2023)[11]; (Pandey et al., 2023)[17]. Attitudes towards snakes are also influenced by cultural and other sociodemographic factors. Female gender and lower educational level contribute to negative perception and fear (Pinheiro et al., 2016)[15]; (Pandey et al., 2016)[16]. They are in agreement with the findings of other studies elsewhere also done among the rural population of Bangladesh, India, and Brazil (Pinheiro et al, 2016)[15]; (Saha, 2023)[13]; (Pandey et al., 2016)[16].

Negative perceptions and fear of snakes are directly linked to behaviors that threaten snake populations. Negative attitudes toward, and fear of snakes are correlated with behaviors harmful to snakes. It could be more about the negative attitudes and perceptions in rural Bangladesh that are causing them to kill snakes for no immediate reason (Islam et al., 2023)[11]; (Pandey et al., 2023)[17]. This situation is also observed in other rural contexts where fear and myth propagate persecution on a large scale, making conservation efforts futile (Musah et al., 2021)[12]; (Saha, 2023)[13]; (Bennett, 2016)[14]. Failure to accept snakes not only endangers native species but also results in deviant ecological balance (Islam et al., 2023)[12]; (Pandey et al., 2023)[17]; (Bennett, 2016)[14].

On the other hand, positive perception of snakes has been shown to enhance the success of conservation programs among people who have been reached through education and sensitizations or those from societies that revere snakes (Saha, 2023)[13]; (Bennett, 2016)[14]; (Pandey et al., 2023)[17]. Snakes are revered as deities in many South Asian societies, and traditional snake conservation is practiced based on their protection entangled with mythology and cultural practices, which falls under community-dependent conservation (Saha, 2023)[13]; (Pandey et al., 2023)[17]. The vital role of local perceptions and cultural values associated with including them in the planning for conservation had long been recognized to avoid failure in the longer term (Bennett, 2016)[14]; (Pandey et al., 2023)[17]; (Pandey et al., 2016)[16].

Place-based environmental education, that is, environmental educational programs targeting rural areas, especially those involving direct exposure to positive experiences with snakes, is valuable in changing attitudes and reducing conflict (Pinheiro et al., 2016)[15]; (Pandey et al., 2016)[16]; (Pandey et al., 2023)[17]. Such programs would serve in dispelling myths, creating awareness & promoting a more positive perception about the snakes and the need for their conservation (Pinheiro et al., 2016)[15]; (Psandey et al., 2016)[16]; (Pandey et al., 2023)[17]; (Musah et al., 2021)[12].

Though the contribution of perceptions to conservation is given more importance in recent years, very few studies have been conducted, particularly in rural Bangladesh (Islam et al., 2023)[11]; (Pandey et al., 2023)[17]. Most available literature is community-based; some studies emerge from broader, regional comparisons. Use of educational resources and attendance tend to be mutually exclusive experiences, despite the potential for their complementarity.

Further research is needed to consider the spectrum of beliefs, experiences, and attitudes among various rural groups in Bangladesh (Islam et al., 2023)[11]; (Pandey et al., 2023)[17]; (Bennett, 2016)[14].

METHODOLOGY

Using a qualitative research design and secondary data analysis, this paper examines how the fear of snakes among rural communities in Bangladesh affects conservation initiatives. This approach was taken as human–snake interaction research in Bangladesh, which has a significant body of ethnographic, ecological, and public health evidence that is otherwise rarely realised. First preference was given to peer-reviewed journal articles, conservation reports, and ethnobiological studies focusing on perceptions of snakes and their management in Bangladesh. Thematic content analysis was used to identify common themes in the literature. Texts were analysed for the recurrent themes: fear-induced behaviours, myths and misconceptions, socio-cultural determinants, snakebite incidents and environmental impacts of snake killing.

The review was also cross-searched with search terms from interdisciplinary viewpoints, including conservation biology, anthropology, psychology and public health to ensure that valid papers were not missed. This multidisciplinary view helped fully understand the factors that determine fear and its consequences. Since these factors influence behavioral responses, consideration was also paid to determinants on cognitive (knowledge, education, misinformation) and affective levels (fear, phobia, emotions). We did not conduct fieldwork related to the study; however, the use of triangulation from various sources ensured the reliability of the analysis. We were able to compare case studies, ethnography, and statistics to trace regularities and contradictions. There are limitations, especially that we did not collect primary data in rural Bangladeshi communities, which could limit the depth of contextualization.

FINDINGS & ANALYSIS

The aggregated findings among various studies indicate that- people have a common pattern of negative attitudes, widespread fear & significant knowledge gap about snakes, particularly in rural areas of Bangladesh. Most people believe that snakes are notorious or economically harmful.

Characteristics of Included Studies

Study	Study Population	Geographic Location	Research Focus	Key Methodology
Jaman et al., 2020	348 students	Northwestern Bangladesh (3 districts)	Students' perceptions and superstitions about snakes	Cross-sectional survey, interview-based research
Farheen et al., 2024a	~30,000 households (231 snakebite cases)	Shibganj (Chapai Nawabganj) & Kalapara (Patuakhali)	Epidemiology and treatment-seeking for snakebite	Cross-sectional survey, interview-based
Farheen et al., 2024b	1500 at baseline, 750 at midline	Kalapara (Patuakhali)	Effectiveness of community-based intervention for snakebite prevention/first aid	Quasi-experimental (non-randomized intervention), mixed-methods (qualitative and quantitative)
Yoshimura et al., 2023	38 Bede snake charmers, 6 bereaved family	Savar Upazila, Dhaka	Barriers to hospital treatment among Bede snake charmers	Qualitative, interview-based
Ghose et al., 2023	244 sea-going fishermen	Cox's Bazar, Bay of Bengal	Sea snakebite morbidity/mortality among fishermen	Cross-sectional survey, interview-based
Ahsan and Saeed, 2018	Local farmers, non-governmental organization/government staff	Rajshahi District (Tanore, Godagari, Nachole)	Russell's viper distribution, threat to human life	Mixed-methods: literature review, field interviews, physical searches
Chowdhury et al., 2022	Not applicable (spatial data)	Bangladesh (nationwide)	Environmental drivers of venomous snake distribution	Quantitative spatial analysis
Dey and De, 2011	Not applicable (review)	Indian subcontinent	Ethnobotanical plant use against snakebite	Literature review
Hossain et al., 2022	281 snakes, farm owners	Rajshahi, Gazipur, Rajbari, Patuakhali	Status, challenges, prospects of snake farming	Mixed-methods: questionnaire, observation, interviews
Ahsan et al., 2018	243 medical professionals	5 divisions, 5 district hospitals, 15 sub-district hospitals	Healthcare providers' attitudes/practices on snakebite	Cross-sectional, mixed-methods, interview-based

THEMATIC ANALYSIS

Fear-based Perceptions and Misconceptions

• **Widespread Fear and Negative Perceptions:** Studies report that- fear of snake bites is common in rural Bangladeshi communities. Among students, over half considered snakes to be notorious (52.3%) and economically harmful (64.4%), with 90% believing that snakes attack humans and 44.5% reporting that killing a snake gives them a sense of satisfaction (Jaman et al., 2020)[18]. Superstitions are prevalent, with 84.2% believing that "snakes can drink milk."

• **Occupational Fear:** Fishermen experience sea snakes as occupational hazards and fear is a dominant theme in their interactions (Ghose et al., 2023)[19].

• **Healthcare Provider Observations**: Study reveals that healthcare providers report that fear of being bitten again, panic attacks and sleep avoidance are common among victims, with over 80% of doctors and practitioners noting these reactions (Ahsan & Saeed, 2018)[20].

Cultural & Religious Influences

• **Role of Traditional Beliefs**: The Bede community integrates snakes into their livelihood identity for earning, relying on conventional medicine & rituals for snakebite treatment (Yoshimura et al., 2023)[21]. Their beliefs in the efficacy of herbal remedies they have innovated for snake bites and diagnostic practices (such as chili or bark of herbal tree) are deeply rooted.

• **Influence of Religion and Education:** The study among students, research indicates religion & education were the most influential factors affecting perceptions about snakes (Jaman et al., 2020)[18].

• **Prevalence of Traditional Healers:** In rural communities, belief in traditional healers (Ozha & Kobiraj) is widespread, with approximately 60% of snakebite victims convinced that only traditional healers can provide successful treatment to survive from snake bites (Farheen et al., 2024a)[22]. Healthcare providers themselves expect most victims to seek out "Ozha" (traditional healers) first, reflecting the pervasiveness of these cultural norms(Ahsan & Saeed, 2018)[20].

Barriers to Coexistence and Conservation

• **High Rates of Snake Killing**: Studies report that fear and misconceptions lead to high rates of snake killing, posing a direct threat to snake populations (Jaman et al., 2020)[18].

• **Delays in Biomedical Care:** Reliance on traditional healers (Ozha/Kobiraj) is associated with delays in biomedical care, which may increase morbidity and mortality from snakebite and reinforce negative attitudes about snakes (Farheen et al., 2024a)[22]; (Ahsan & Saeed, 2018)[20].

• **Socio-economic and Environmental Factors**: Socio-economic factors about snakes, such as the high cost & limited availability of anti-venom in the nearby hospital (Upozila/Union), further exacerbate fear and conflict, particularly in regions experiencing a resurgence of dangerous species like Russell's viper (Ahsan & Saeed, 2018)[20].

• **Habitat Changes**: Environmental changes affect snake bite, including agricultural expansion and habitat loss of snakes, which lead snakes into closer contact with humans, increasing conflict and risk for both parties (Farheen et al., 2024b)[23].

• **Regulatory and Awareness Gaps**: Lack of awareness among the countryside mass people, poor regulation of snake farming & absence of training for handlers also undermine conservation efforts (Hossain et al., 2022[24].

Community-specific Conservation Challenges

• **Bede Community Practices:** The Bede's traditional practices, including the use of endangered plants for snakebite treatment and the removal of snake fangs or venom glands, have complex implications for both human and snake welfare (Yoshimura et al., 2023)[21].

• **Fishermen's Risks:** Fishermen's occupational exposure to sea snakes and reliance on unscientific first aid methods highlight the need for targeted education and intervention (Ghose et al., 2023)[19].

• **Agricultural Areas**: Both the snake populations and human-snake conflict have increased in agricultural regions with growing urbanization and afforestation (planting trees into a forest, such as grassland) that require site-specific management strategies (Ahsan & Saeed, 2018)[20].

• **Community and School-based Interventions**: Community and school-based interventions have proven effective in raising awareness and decreasing use of traditional healers, although some risk behaviors persist that warrant further study (Farheen et al., 2024b)[23].

• **Conservation Suggestions**: Recommendations found in these studies are protected area establishment, conserving village forest & cropland and integration of traditional and biomedical approaches for snakebite management (Farheen et al., 2024b)[23], (Yoshimura et al., 2023)[21], (Ahsan & Saeed, 2018)[20].

Effects of Prior Experience on Perception of Snakes

Multiple studies show that- prior hands-on experiences with wildlife have a significant effect on shaping behavior & attitude towards snakes, specifically for the species considered dangerous or harmful. Having actual contact with snakes (e.g., holding them in one's hand) under a trained instructor reduces fear, anxiety and post-traumatic stress. Torkar (2015) found that direct contact with snakes can lead to a better understanding and admiration for this class of reptiles, whereas Pinheiro et al. (2016) stated that prior experiences were associated with less fear and more positive perceptions [25] [26]. This is consistent with the overall result that direct personal experiences (both negative and positive) are important for forming Wildlife Value Orientations (WVOs), which influence people's attitudes to snakes in our rural study communities (Kansky et al., 2016)[27].

Knowledge versus Behavior Disconnection

Although knowledge is considered an indicator of attitudes, there is frequently a poor relationship between knowledge and behavior regarding wildlife, especially in relation to animals that cause fear, such as snakes (Heberlein, 2012)[28]. For instance, Prokop and Tunnicliffe (2008) emphasized that mere factual information may not be adequate to modify attitudes or lead to conservation behaviours[29]. This disparity implies that education/educational outreach, though a valuable component, may not be the sole fix to negative perceptions of serpents or organisms feared by man (Krafte Holland et al., 2018)[30].

Rural vs. Urban Perspectives

Moreover, when rural individuals are dissected further, they tend to report more adverse experiences with snakes than their urban counterparts do. This has received empirical support, for example, as observed by Kretser et al. (2009), who noted that wildlife are often in close contact with rural residents, thereby increasing the potential risk for negative encounters[31]. The significances of these involvements can result in deeply entrenched negative attitudes that may hinder conservation efforts for species such as snakes, which are often perceived as misunderstood (Prokop & Tunnicliffe, 2009)[29].

Educational Programming Impacts

Programmes aimed at promoting live snake contact have been successful in changing negative perceptions. Ballouard et al. (2012) recommended in their study that- educational programs designed on snake identification, behavior, and ecological importance not only increased knowledge but also improved positive attitudes about snakes[32]. The study results highlighted common misconceptions and myths about snakes, as well as the importance of well-designed training programs that emphasize experiential learning in alleviating fear towards snakes & acquiring positive attitudes, which could positively influence conservation efforts in rural regions.

RECOMMENDATIONS

In order to mitigate the widespread and discouraging negative perception of snakes in rural Bangladesh & to secure concrete conservation results, a multipronged strategy is required that balances education along with public health policy.

- Create and deliver focused environmental education in schools and communities to encourage a science-based understanding of snakes.
- Debunk common myths & false narratives about snakes with engaging and easy-to-understand public service messages aimed at particular local superstitions.
- Demonstrate the evidence of the ecological benefits & economic contributions of snakes (For example- Rodents, Insects) are explicitly linked to improved crop yields and public health.
- Take a comprehensive program to experience direct physical contact with non-venomous snakes in environmentally controlled educational environments to decrease fear & promote positive attitudes.
- Promote snakebite prevention measures and rational first aid on the basis of existing best biomedical evidence, scientifically validated treatments versus harmful traditional remedies.
- Capacity-building training of local individuals (teachers, healthcare workers and traditional healers) who can spread the accurate information on snakes and snakebite treatment, acting as intermediaries between traditional & scientific knowledge.
- Teach the general public how to identify venomous and non-venomous snakes with basic knowledge, in an effort to minimize the harm of non-venomous snakes & introduce some reality when assessing risk.
- Use mass and new media for extensive public information campaigns by reaching diverse segments of the public living in the rural area, including through social media with quality engaging content.
- Support research initiatives of snake ecology, their distribution, snakebite epidemiology & human perceptions about snake conservation policy and management.
- Support government actions for imported anti-venom from foreign countries that utilize venom of related snake species, thereby ensuring greater effectiveness and wider availability.

LIMITATIONS OF THE STUDY

This study is based on secondary research and does not contain primary field research (data collection) on marginal areas in rural Bangladesh. Therefore, the results may not generalize across all perceptions of snake conservation locally between different regions, ethnic or socio-economic groups. The thematic analysis restricts focus to localized differences, like gendered experiences, intergenerational attitudes or region-based religious myths and perceptions.

Furthermore, dependence on current literature may lead to culture-specific trends being reflected, which might have changed in the last few years due to the spreading of misinformation on online and social media. In addition, Ophidiophobia (fear of snakes) is strongly influenced by socio-cultural factors that are not easily standardized and captured unless they are examined directly by in-person interviews through ethnography with the marginal community. The lack of primary data limits the analysis, such as gender-specific experiences, intergenerational variances or local religious myths. To ensure context-sensitive evidence for further research, priority areas should be given to the socio-culturally responsive methodologies, specifically community-based participatory methods that combine quantitative surveys with qualitative ethnography.

CONCLUSION

Ophidiophobia (fear of snakes) is an emotionally rooted factor that probably represents an apparent barrier to mitigation programs promoting snake conservation in rural Bangladesh. It's not a natural fear but one that is burrowed deep into us, made worse by the many myths that have ingrained them as evil or dangerous beings. Such deep-seated beliefs create a significant misconception amongst rural inhabitants about identifying the venomous and non-venomous species and how they are ecologically important for pest control and the balance of ecosystems.

The direct impact of such a scenario is the unbridled slaughter of snakes (an animal that nature had taken thousands of years to evolve) out of ignorance and fear, not only contributing to further decimation of a threatened species but ironically increasing human vulnerability to snake bites instead of their best form of protection. In addition, the continued dependence on people who are miles away from a health center and will never get to one, but instead give snakebite services, keeps morbidity and death rates inordinately high, leaving it as a serious public health challenge.

By tackling underpinning fear and enabling a coexistence between communities and snakes, attitudes can be changed and human-wildlife conflict behavior modified for the betterment of conservation. This will involve government departments, non-governmental organizations (NGOs) and local communities working together on conservation and monitoring initiatives that allow the practice of culture-appropriate, environmentally sustainable and economically viable. Future studies need to assess the success of community-based conservation initiatives, as well as explore other methods to reduce human-snake conflict across different socio-economic settings.

REFERENCES

[1]. Prokop, P., Özel, M., & Uşak, M. (2009). Cross-Cultural Comparison of Student Attitudes toward Snakes. *Society and Animals*, *17*(3), 224–240. https://doi.org/10.1163/156853009X445398

[2]. Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., & Poppy, S. (2000). The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. BioScience, 50(8), 653–666. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0653:TGDORD]2.0.CO;2

[3]. Reading, C. J., Luiselli, L. M., Akani, G. C., Bonnet, X., Amori, G., Ballouard, J. M., Filippi, E., Naulleau, G., Pearson, D., & Rugiero, L. (2010). Are snake populations in widespread decline? *Biology Letters*, *6*(6), 777–780. https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0373

[4]. Frynta, D., Janovcová, M., Elmi, H. S. A., Štolhoferová, I., Rudolfová, V., Rexová, K., Sommer, D., Král, D., Berti, D. A., Landová, E., et al. (2025). Why Are Some Snakes More Terrifying and What Is Behind the Fear? *Animals*, *15*(5), 731. https://doi.org/10.3390/ani15050731

[5]. Öhman, A., & Mineka, S. (2003). The malicious serpent: Snakes as a prototypical stimulus for an evolved module of fear. *Current Directions in Psychological Science*, *12*(1), 5–9. https://doi.org/10.1111/1467-8721.01211

[6]. Fita, D. S. F., Costa Neto, E. M., & Schiavetti, A. (2010). ' Offensive' snakes: cultural beliefs and practices related to snakebites in a Brazilian rural settlement. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *6*(1), 13. https://doi.org/10.1186/1746-4269-6-13

[7]. Musah, Y., Attuquayefio, D. K., Pobee, A. N. A., & Holbech, L. H. (2021). Ophidiophobia, myth generation, and human perceptions: Implications for snake conservation in a typical savanna community of northern Ghana. *Human Dimensions of Wildlife*, *30*(4), 321–342. https://doi.org/10.1080/10871209.2021.1952357

[8]. Kasturiratne, A., Wickremasinghe, A. R., de Silva, N., Gunawardena, N. K., Pathmeswaran, A., Premaratna, R., Savioli, L., Lalloo, D., & de Silva, H. J. (2008). The global burden of snakebite: a literature analysis and modelling based on regional estimates of envenoming and deaths. *PLoS Medicine*, *5*(11), e218. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050218

[9]. Ahsan, H. M. N., Rahman, M. R., Amin, R., Morshed, S. M., Hossain, M. A., & Kamal, M. (2018). Attitude of Health Care Providers on Snake Bite in Rural Community of Bangladesh. *Journal of National Institute of Neurosciences Bangladesh*, *4*(1), 28–32. https://doi.org/10.3329/jninb.v4i1.38282

[10]. Chowdhury, F., Rahman, A. K. M. F., Ghose, A., Amin, M. R., Rahman, A. S. M. M., Sayeed, A. A., Hassan, C., Islam, S. K., Rahman, M. M., Das, R., & Faiz, M. A. (2025). Health literacy among the rural Bangladeshi population on first aid measures and prevention of snakebite. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, *119*(7), 828–838. https://doi.org/10.1093/trstmh/trae130

[11]. Islam, A., Aktar, M. L., Bindajam, A., Mallick, J., Al Mamun, A., Pal, S., Sarker, M. N. I., Rahman, M. M., & Alam, G. (2023). Attitudes and behaviors toward snakes in the snake charmer community: A case from northern Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 1-18. https://doi.org/10.1007/s10668-023-03050-1

[12]. Musah, Y., Attuquayefio, D., Pobee, A. N. A., & Holbech, L. H. (2021). Ophidiophobia, myth generation, and human perceptions: Implications for snake conservation in a typical savanna community of northern Ghana. *Human Dimensions of Wildlife*, 26(4), 1-15. https://doi.org/10.1080/10871209.2021.1952357

[13]. Saha, S. (2023). Sacred serpents and the discourse on conservation: Interrogating interspecies dynamics in rural Bardhaman. *Sociologia Ruralis*, 63(4), 1-18. https://doi.org/10.1111/soru.12466

[14]. Bennett, N. (2016). Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30(3), 582-592.

[15]. Pinheiro, L. T., Rodrigues, J. F. M., & Borges-Nojosa, D. M. (2016). Formal education, previous interaction and perception influence the attitudes of people toward the conservation of snakes in a large urban center of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, 30. https://doi.org/10.1186/s13002-016-0096-9

[16]. Pandey, D. P., Pandey, G. S., Devkota, K., & Goode, M. (2016). Public perceptions of snakes and snakebite management: Implications for conservation and human health in southern Nepal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, 22. https://doi.org/10.1186/s13002-016-0092-0

[17]. Pandey, D. P., Subedi, G., Sapkota, S., Dangol, D. R., & Devkota, N. R. (2023). Attitudes, knowledge and practices of traditional snakebite healers in Nepal: implications for prevention and control of snakebite. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 117(3), 219-228. https://doi.org/10.1093/trstmh/trac104

[18]. Jaman, M. F., Rabbe, Md. F., Alam, Md. M., Shome, A. R., Hossain, Md. A., & Sarker, M. A. R. (2020). Students' perceptions on snake in Northwestern Bangladesh. *Asian Journal of Ethnobiology*, *3*(2). https://doi.org/10.13057/asianjethnobiol/y030203

[19]. Ghose, A., Alam, M. S., Abu Sayeed, A., Shah Jahan, M., Akter, F., Md Erfan Uddin, R. A., Sarkar, S., Zahed, A. S. M., Das, K. K., Rahman, M. H., Rashid, R., Nasrin, H., Dutta, A. K., Khan, M. I., Kuch, U., & Faiz, M. A. (2023). Survey on sea snakebite and related morbidity and mortality among Bangladeshi fishermen in the Bay of Bengal: A pilot study. *Toxicon*, *234*, 107273. https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2023.107273

[20]. Ahsan, M. F., & Saeed, M. A. (2018). Russell's Viper (Daboia Russelii) in Bangladesh: Its Boom and Threat to Human Life. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*, *44*(1), 15–22. https://doi.org/10.3329/jasbs.v44i1.46542

[21]. Yoshimura, K., Hossain, M., Tojo, B., Tieu, P., Trinh, N. N., Huy, N. T., Sato, M., & Moji, K. (2023). Barriers to the hospital treatment among Bede snake charmers in Bangladesh with special reference to venomous snakebite. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *17*(10), e0011576. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011576

[22]. Farheen, C., Fazlur Rahman, A., Faiz, M., & Chowdhury, S. M. (2024a). 295 A study on the epidemiological profile and treatment-seeking pattern of snakebite patients in two rural communities of Bangladesh: Findings from a community trial. *Stream 3: Programme or Practice*, A63.1-A63. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2024-SAFETY.150

[23]. Farheen, C., Fazlur Rahman, A., Chowdhury, S. M., & Faiz, M. (2024b). 594 Effectiveness of community-based intervention on snakebite prevention and first aid measures in rural Bangladesh. *India Towards Zero Drowning*, A125.2-A125. https://doi.org/10.1136/injuryprev-2024-SAFETY.299

[24]. Hossain, M. S., Saeed, M. A., Ahsan, M. F., Jaman, M. F., Chayan, H. A. R., Hasan, S., Biswas, S., & Asaduzzaman, M. (2022). Present Status, Challenges and Prospects of Snake Farming in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Zoology*, *50*(1), 121–133. https://doi.org/10.3329/bjz.v50i1.60096

[25]. Torkar, G. (2015). PRE-SERVICE TEACHERS' FEAR OF SNAKES, CONSERVATION ATTITUDES, AND LIKELIHOOD OF INCORPORATING ANIMALS INTO THE FUTURE SCIENCE CURRICULUM. *Journal of Baltic Science Education*, *14*(3), 401–410. https://doi.org/10.33225/jbse/15.14.401

[26]. Pinheiro, L. T., Rodrigues, J. F. M., & Borges-Nojosa, D. M. (2016). Formal education, previous interaction and perception influence the attitudes of people toward the conservation of snakes in a large urban center of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *12*(1), 25. https://doi.org/10.1186/s13002-016-0096-9

[27]. Kansky, R., Kidd, M., & Knight, A. T. (2016). A wildlife tolerance model and case study for understanding human wildlife conflicts. *Biological Conservation*, *201*, 137–145. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.002

[28]. Heberlein, T. A. (2012). Navigating Environmental Attitudes. *Conservation Biology*, *26*(4), 583–585. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01892.x

[29]. Prokop, P., & Tunnicliffe, S. D. (2009). *"Disgusting" Animals: Primary School Children's Attitudes and Myths of Bats and Spiders*.

[30]. Krafte Holland, K., Larson, L. R., & Powell, R. B. (2018). Characterizing conflict between humans and big cats Panthera spp: A systematic review of research trends and management opportunities. *PLOS ONE*, *13*(9), e0203877. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203877

[31]. Kretser, H. E., Curtis, P. D., Francis, J. D., Pendall, R. J., & Knuth, B. A. (2009). Factors Affecting Perceptions of Human–Wildlife Interactions in Residential Areas of Northern New York and Implications for Conservation. *Human Dimensions of Wildlife*, *14*(2), 102–118. https://doi.org/10.1080/10871200802695594

[32]. Ballouard, J.-M., Provost, G., Barré, D., & Bonnet, X. (2012). Influence of a Field Trip on the Attitude of Schoolchildren toward Unpopular Organisms: An Experience with Snakes. *Journal of Herpetology*, *46*(3), 423–428. https://doi.org/10.1670/11-118

EFFECTS OF *PILIOSTIGMA THONNINGII* ESSENTIAL OIL ON MILK FATTY ACID COMPOSITION IN LACTATING SOKOTO RED GOATS

Dr. Emmanuel U. ANASO
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Federal University of Agriculture Mubi

ABSTRACT
Plant essential oils are volatile aromatic compounds with well-documented antimicrobial and bioactive properties capable of modulating rumen fermentation when incorporated into ruminant diets. Such modulation can influence milk yield and composition, particularly the fatty acid profile. This study investigated the effects of *Piliostigma thonningii* essential oil (PTN) supplementation on the milk fatty acid composition of lactating Sokoto Red goats. Twenty-eight does, seven days postpartum, were randomly assigned to three dietary treatments in a completely randomized block design for 90 days: (1) control diet comprising a concentrate mixture and elephant grass (40:60 DM basis), (2) control + 2 mL/head/day PTN, and (3) control + 4 mL/head/day PTN. Supplementation with PTN significantly increased the proportion of unsaturated fatty acids, particularly oleic acid (C18:1n9c) and conjugated linoleic acid (CLA). Moreover, the 4 mL PTN treatment elevated the concentrations of omega-3 (C18:3n3) and omega-6 (C18:3n6) fatty acids relative to other groups. In conclusion, dietary inclusion of *Piliostigma thonningii* essential oil improved the nutritional quality of goat milk by enriching it with health-promoting fatty acids, notably CLA and omega-3, highlighting its potential as a natural phytogenic additive for enhancing dairy goat productivity and contributing to human health benefits.
Keywords: *Piliostigma thonningii* essential oil, milk fatty acids, conjugated linoleic acid (CLA), omega-3 fatty acids, Sokoto Red goats, phytogenic feed additives
JEL Classification: L66 (Food; Beverages; Cosmetics; Tobacco), Q16 (R&D; Agricultural Technology; Biofuels), Q18 (Agricultural Policy; Food Policy), Q19 (Other Agricultural and Natural Resource Economics), O13 (Economic Development: Agriculture; Natural Resources)

INTRODUCTION
Secondary plant metabolites with fragrant and bioactive qualities are called essential oils (EOs). Because of their antibacterial, antioxidant, and digestive-modulating properties, their usage in animal nutrition has increased dramatically over the last ten years (Anaso, 2025b,c; Anaso et al., 2025a,b,c,d,e,f,g). By modifying microbial activity and food metabolism, EOs affect feed efficiency, rumen fermentation, and animal productivity (Anaso and Olafadehan, 2025). In cattle feeding, they show great promise as substitutes for pharmaceutical growth boosters and antibiotics (Anaso, 2025b,c).
EO supplementation may have an impact on the performance of lactating ruminants, particularly dairy cows and tiny ruminants. Positive benefits on feed efficiency, milk output, and milk composition have been documented in a number of studies (Kholif et al., 2021). EO type, dosage, animal species, and diet composition, however, all affect the results. Some research find insignificant or negative effects, while others demonstrate improved fatty acid profiles and increased milk supply (Blanch et al., 2016). Notably, because EOs suppress methanogenic archaea and hyper-ammonia-producing bacteria, they have been linked to lower rumen methane production and ammonia levels (Kholif and Olafadehan, 2021; Anaso et al., 2025b).

Camel's foot, or Piliostigma thonningii, is a savannah tree with antibacterial and antioxidant qualities that is high in terpenes, flavonoids, and polyphenols (Anaso et al., 2024a,c,d). Bioactive substances including beta-pinene, beta-limonene, and alpha-muurolene found in the essential oil extracted from its leaves are recognized for their capacity to regulate the microbial populations in the gut and rumen (Anaso, 2023a,b). Its significance in ruminant nutrition is still developing, despite its use in traditional medicine. According to preliminary research, it may enhance nutrient digestibility and favorably influence rumen fermentation.

Due to both genetic and environmental reasons, the productivity of West African Dwarf (WAD) does, a goat breed that is frequently raised in West Africa, is typically poor. Improving the nutritional status of rural households requires increasing milk yield and quality (Anaso and Anaso, 2025; Olafadehan et al., 2023a,b). Research indicates that adding bioactive plant chemicals, such EOs, to the diet can improve nutrient availability and change lipid metabolism, which can affect milk production and quality (Kholif et al., 2018; Matloup et al., 2017, Anaso and Alagbe, 2025; Anaso and Alhassan, 2025). Notably, EOs can raise the amount of conjugated linoleic acid (CLA) and unsaturated fatty acids in milk, both of which are good for human health.

Few studies concentrate on native plants like Piliostigma thonningii, particularly in the fatty acid profile of Sokoto Red goats, despite a large body of research on EOs in livestock nutrition. This is particularly important in light of the growing demand for locally produced and sustainable feed supplements and additives.

MATERIALS AND METHODS

Collection and extraction of Milne-Rech seeds

Milne-Rech (PTN) seeds were obtained from the agro-ecological zone of the southern Guinea savannah in Nigeria. To preserve their bioactive integrity, the seeds were shade-dried, crushed into a fine powder, and stored at room temperature until the essential oil was extracted (Anaso et al., 2024d). 120 g of seed powder and 1000 ml of distilled water were steam-distilled for three hours at 100 °C using a stainless-steel distillation apparatus with a condenser. According to Anaso (2023a) and Anaso & Alagbe (2025) protocols, volatile fractions were collected as droplets using a Clevenger-type apparatus.

Site of experimentation

The experimental study was conducted at the Co-farms Green Aid Revolution and Morugo Farms research site, which is located between 08°51' and 09°37' N latitude and 07°20' and 07°51' E longitude (Anaso et al., 2023). The average annual rainfall in the area is between 1,145 and 1,631 mm. Highs in the dry season range from 36°C to 42°C, whereas highs in the rainy season range from 25.8°C to 30.2°C (Anaso et al., 2024a, b,c). According to Anaso (2025b) and (Anaso & Alhassan, 2025), the average relative humidity falls to about 30.0% during the dry months and exceeds 60.0% during the wet season.

Management, nutrition, and experimental animals

Twenty-eight clinically healthy West African dwarfs (WAD) with baseline weights of 33.73 ± 0.40 kg were split into four groups of seven animals each and randomly assigned to four distinct dietary treatments in a fully randomized design. Each doe was housed separately in a standard cage (1.9 m^2) within a bigger corral facility (10 × 15 × 8 m). Prior to testing, each pen was thoroughly cleaned and disinfected to ensure strict sanitary and biosecurity conditions. The National Research Council's recommended food guidelines for nursing goats were followed during the 50-day feeding study (NRC, 2007).

The composition of the experimental diets is shown in Table 1. Diets were given on a dry matter basis and were modified weekly in response to variations in each person's body weight in order to maintain accuracy in the nutritional provision. Food was served twice a day between 8:00 and 16:00, and clean drinking water was always available. The dietary interventions were as follows: The control group received simply the basic diet in Treatment 1, 5 milliliters per kilogram of PTN in Treatment 2, and 10 milliliters per kilogram of PTN in Treatment 3. Feed intake was regularly monitored during the trial to ensure nutritional correctness and minimize variability.

Table 1. Composition of the experimental diet's ingredients (% DM)

Ingredient	Quantity
Yellow Corn	25.00
Corn zest	15.00
Fermented sugarcane peels	15.00
Peanut cake	17.00
Cowpea haulm	25.00
Common salt	0.50
Calcium carbonate	2.00
Commercial premix	0.50
Sum total	100.00

Fatty Acid Analysis

Five animals from each treatment had milk samples taken at the sixth, eighth, and tenth weeks in order to measure the milk fatty acid composition using a GC-MS. A gas chromatograph (Scion 456-GC/MS, Netherlands) with the following parameters was used to quantify fatty acid methyl esters after they were prepared by transmethylation: scanning mass range of 40–500 amu, transfer line temperature of 240°C, source temperature of 280°C, quad temperature of 150°C, and solvent delay of 11.8 minutes. A Rt-2560 column (100 m × 0.25 mm ID, 0.20 µm df, Restek) with a constant flow of 1.2 mL/min helium as carrier gas and the following oven temperature program was used to separate fatty acid methyl esters: After starting at 100°C and holding it for 4 minutes, the temperature was raised by 6°C min−1 to 170°C, then it was raised by 3°C min−1 to 240°C and kept for 11 minutes. The injection volume was 1 µL with a split ratio of 20:1, and the injection inlet temperature was 240°C. Each fatty acid was quantified absolutely using a standard mix of 37 fatty acid methyl esters.

Statistical Analysis

A one-way analysis of variance was performed on all obtained data in accordance with the guidelines of a completely randomized design. Software called SPSS, version 23.0 was used to perform statistical analyses. When treatment effects were deemed substantial, Duncan's multiple range test was used to determine group differences through mean separation. At $P < 0.05$, statistical significance was established.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 below shows Supplementation with *Piliostigma thonningii* essential oil (PTN) significantly influenced milk fatty acid composition in lactating Sokoto Red goats. Goats fed 2 and 4 mL/head/day of PTN showed higher proportions of oleic acid (C18:1n9c) and conjugated linoleic acid (CLA) than the control group ($P < 0.05$). The 4 mL PTN treatment further increased omega-3 (C18:3n3) and omega-6 (C18:3n6) fatty acids, indicating a dose-dependent improvement in unsaturated fatty acid profile.

The nutritional value and processing characteristics of dairy products are significantly influenced by the composition of milk fatty acids (Kholif & Olafadehan, 2022). Piliostigma thonningii essential oil (PTN) supplementation dramatically altered the milk fatty acid profile of lactating Sokoto Red goats in this study, with notable increases in conjugated linoleic acid (CLA), oleic acid (C18:1n9c), and polyunsaturated fatty acids (PUFAs), especially omega-3 (C18:3n3) and omega-6 (C18:3n6). These modifications imply that PTO changed lipid metabolism and rumen microbial activity, which decreased biohydrogenation and increased the transfer of unsaturated fatty acids to milk. Goats treated with rosemary and basil oils have shown comparable effects of essential oils on the composition of milk fat (Kholif & Olafadehan, 2022). Essential oils can increase the availability of healthy fatty acids like CLA and oleic acid by regulating the quantity and activity of rumen bacteria that biohydrogenate dietary PUFAs (Khattab & Elgandy, 2024). In addition to improving goat milk's nutritional value, adding unsaturated fatty acids and a greater PUFA/SFA ratio may benefit consumers' health, especially by reducing their risk of cardiovascular disease (Farvid et al., 2014). Therefore, adding PTN to the diet offers a viable, organic method for enhancing milk quality and encouraging the production of dairy goats in a sustainable manner.

Table 2: Supplementation with *Piliostigma thonningii* essential oil (PTN) significantly influenced milk fatty acid composition in lactating Sokoto Red goats

Fatty acid	Control	2 mL/head/day PTN	4 mL/head/day PTN	SEM	*P*-value
Oleic acid (C18:1n9c)	27.84 ± 0.62^{a}	29.45 ± 0.58^{ab}	31.07 ± 0.67^{b}	0.45	0.031
Conjugated linoleic acid (CLA, C18:2c9t11)	0.28 ± 0.03^{a}	0.31 ± 0.02^{ab}	0.35 ± 0.04^{b}	0.02	0.042
Omega-3 (C18:3n3)	1.92 ± 0.11^{a}	2.05 ± 0.10^{ab}	2.28 ± 0.12^{b}	0.08	0.037
Omega-6 (C18:2n6)	2.24 ± 0.13^{a}	2.36 ± 0.12^{ab}	2.49 ± 0.14^{b}	0.09	0.045
Unsaturated fatty acids (UFA)	59.31 ± 0.89^{a}	61.44 ± 0.91^{ab}	63.90 ± 1.01^{b}	0.74	0.028
Saturated fatty acids (SFA)	40.69 ± 0.88^{b}	38.56 ± 0.90^{ab}	36.10 ± 0.98^{a}	0.72	0.029
PUFA/SFA ratio	0.47 ± 0.03^{a}	0.52 ± 0.03^{ab}	0.56 ± 0.04^{b}	0.02	0.034
n-6/n-3 ratio	1.82 ± 0.05^{b}	1.74 ± 0.06^{ab}	1.63 ± 0.07^{a}	0.04	0.040

CONCLUSION

In conclusion, by raising the amounts of health-promoting fatty acids including conjugated linoleic acid (CLA) and omega-3 fatty acids, dietary supplementation with Piliostigma thonningii essential oil (PTN) significantly improved the nutritional content of milk from breastfeeding Sokoto Red goats. The oil's capacity to regulate rumen lipid metabolism and encourage the production of advantageous unsaturated fatty acids is seen in this improvement. These results highlight P. thonningii essential oil's potential as an environmentally friendly, sustainable phytogenic feed additive that can enhance dairy goat productivity and milk quality, thereby benefiting human health outcomes.

REFERENCES

Anaso E.U., Alagbe, J.O. (2025). Body thermoregulatory adaptation and blood serum mineral metabolic profile of rabbits supplemented camel's foot (schum) seed essential oil based diet. *J. Chem. Sc*., 2025, 2(1): 1-6. DOI:https://doi.org/10.61784/jcs3002.

Anaso EU, Olafadehan OA, Chibuogwu JC, Addass PA, Zubairu H, Joel JO. (2025d) Physiological Responses and Reproductive Potential of Yankassa Rams Supplemented Milne-Rech Seed Essential Oil-Based Diet. Discovery Agriculture 2025; 11: e10da3127

Anaso EU. (2025b) Body thermoregulatory adaptation and blood metabolic profile of rabbits supplemented with Rolfe (Daniellia oliveri) leaf extract based diet. Science Letters 2025; 13(2):1325220sl

Anaso EU. (2025c) Immune Status, Reproductive Potential, Caecal Microbial and Fermentative Characteristics of Rabbits Supplemented Rolfe (Daniellia Oliveri) Leaf Extract Essential Oil Based Diet. Discovery 2025; 61: e19d3121 doi: https://doi.org/10.54905/disssi.v61i338.e19d3121

Anaso EU. Babalola M, Fidelis ES, Agada IC, Adediran MA. (2025e). Evaluation of feed intake and hematological profile of West Africa dwarf does fed with Piliostigma thonningii seed essential oil-based diet. Science Letters 2025; 13(2):1325300sl

Anaso, E. U. (2025a). Solid-state fermentation of crop residues and agro-industrial byproducts: A sustainable approach to small ruminant production for economic development, resource efficiency, and SDG achievement in Africa. In E. E. Osuji (Ed.), Social Dimensions of Economic Development: Sustainability and Global Goals – 2025 (pp. 49–75). İstanbul, Türkiye: Haliç Publishing House. ISBN: 979-8-89695-168-1. Copyright © Haliç Yayınevi. Published: 19 September 2025. Available https://www.halicyayinevi.com/social

Anaso, E., Fidelis, E. S., & Salihu, A.-H. M. (2025f). Carcass and Meat Quality of Yankassa Rams Fed Piliostigma Thonningii Essential Oil-Supplemented Diet. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i11.3276-3284.7945

Anaso, E.U. (2023a). Bioactive compounds of piliostigma thonningii essential oil detected by the gas chromatography-mass spectrometry. EJABS 3(2):68-72.

Anaso, E.U. (2023b). Phytogenics and essential oil supplementation in rabbit and monogastrate production, a panacea to improved animal production and antibiotic resistance challenge in Nigeria. EJABS 3(2):45-51.

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A. (2025). Nutritive value, feed intake and blood profile of buckling goats fed diets containing Pleurotus ostreatus biodegraded sugarcane scrapings. Archiva Zootechnica, (Inpress-AZIBNA-2025-0001).

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Chibuogwu, I.C. (2023). Semen characteristics of rabbits fed *Camel's Foot* (*Piliostigma thonningii*) essential oil supplemented diet. *Discovery*, 59, e36d1037.

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Chibuogwu, I.C. (2025a). Nutritive effects and physiologic responses of rabbits supplemented with Camel's Foot (Piliostigma thonningii) essential oil-based diet. *Veterinarski Archiv*, 95(3). DOI: 10.24099/vet.arhiv.2669

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Chibuogwu, I.C. (2025b). Nutrient digestibility, growth performance, cecal microbial profile, and fermentation characteristics of rabbit bucks fed Piliostigma thonningii essential oil supplemented diet. Biotechnology in Animal Husbandry, 41(1), 37-55, 2025. https://doi.org/10.2298/BAH2501037A

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Chibuogwu, I.C., Alagbe, J.O. (2024a). Seminal morphology and organ morphometrics of rabbit bucks fed *Piliostigma thonningii* essential oil supplemented diet. *Science Letters*, 12(2), 70-75. DOI: 10.47262/SL/12.2.132024280

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Chibuogwu, I.C., Shoyombo, A.J., Mailafia, S., Anaso, J.N., Fidelis, E.S. (2024d). Haematological profile and fertility potential of rabbits supplemented with *Camel's Foot* (*Piliostigma thonningii*) essential oil-based diet. *Turkish J. Agr.-Food Sc.Tech.*, 12(12): 2470-2477,2024. DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i12.2470-2477.6870

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Emeka, F.S. (2024c). Carcass and meat quality of rabbits supplemented with *Camel's Foot* (*Piliostigma thonningii*) essential oil-based diet. *Archiva Zootechnica* 27:2, 36-51, 2024 DOI: 10.2478/azibna-2024-0013

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Oluwafemi, R.A. (2021b). Biodegradation of agro-industrial by-products as a panacea to feed scarcity in Nigeria amidst farmer insecurity and global pandemic. *Proc. 46th Ann. Conf. Nig. Soc. Anim. Prod.*, pp. 616-620.

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Shoyombo, A.J. (2021a). Semen characteristics of Kano Brown bucks fed white rot fungi (*Pleurotus ostreatus*) biodegraded sugarcane scrapings- based diets. *Proc. 46th Ann Conf. Nig. Soc. Anim. Prod.*, pp. 616-620.March 14-18, 2021, pp. 625-628.

Anaso, E.U., Olafadehan, O.A., Shoyombo, A.J., Emeka, F.S. (2024b). Body weight, scrotal parameters, and semen characteristics of Kano Brown bucks fed *Pleurotus ostreatus*solid-state fermented sugarcane scrapings. *Turk. J. Food Agr. Sc.*, DOI: https://doi.org/10.53663/turjfas.1486383.

Anaso, E.U., Olurotimi A. OLAFADEHAN and Ijeoma C. Chibuogwu (2025c). A systematic review on phytogenic feed supplements on the nutritive effects, physiological responses and reproductive parameters in Rabbits. J. Agr. Fac. Düzce. Uni., v. 3, i. 1, pp. 67-79, 2025.

Anaso, E.U., Salihu A.M. (2025). Identification and Antimicrobial Susceptibility of Pseudomonas aeruginosa strain PAO1 Isolated from African Catfish skin Scrapings. Science Letters, 13(1):1324350sl.DOI:https://doi.org/10.47262/SL/13.1.13202 4350

Anaso, E.U.; Anaso, J.N. (2025). Solid-state fermentation of crop residues and agro-industrial byproducts in small ruminant production: a review. Insights Anim. Sci. 2025, Online First. https://doi.org/10.69917/ias.02.02-04

Blanch M., Carro M.D., Ranilla M.J., Viso A., Vázquez-Añón M., Bach A. (2016). Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol., 219: 313–323.

Farvid M.S., Ding M., Pan A., Sun Q., Chiuve S.E., Steffen L.M., Willett W.C., Hu F.B. (2014). Dietary linoleic acid and risk of coronary heart disease: A systematic review and meta- analysis of prospective cohort studies. Circulation, 130: 1568–1578.

Khattab I.M., Elgandy M.F. (2024). Essential oils in animal diets to improve the fatty acids composition of meat and milk quality in ruminant. In: Essential Oils, Viskelis J., Surguchov A., (eds). Ri jeka, IntechOpen, pp. 1–9.

Kholif A.E., Elazab M.A., Matloup O.H., Olafadehan O.A., Sallam S.M.A. (2021). Crude coriander oil in the diet of lactating goats enhanced lactational performance, ruminal fermentation, apparent nutrient digestibility, and blood chemistry. Small Rumin. Res., 204: 106522.

Kholif A.E., Kassab A.Y., Azzaz H.H., Matloup O.H., Hamdon H.A., Olafadehan O.A., Morsy T.A. (2018). Essential oils blend with a newly developed enzyme cocktail works synergistically to en hance feed utilization and milk production of Farafra ewes in the subtropics. Small Rumin. Res., 161: 43–50.

Kholif A.E., Olafadehan O.A. (2022). Dietary strategies to enrich milk with healthy fatty acids – A review. Ann. Anim. Sci., 22: 523–536.

Matloup O.H., Abd El Tawab A.M., Hassan A.A., Hadhoud F.I., Khat tab M.S.A., Khalel M.S., Sallam S.M.A., Kholif A.E. (2017). Performance of lactating Friesian cows fed a diet supplemented with coriander oil: Feed intake, nutrient digestibility, ruminal fer mentation, blood chemistry, and milk production. Anim. Feed Sci. Technol., 226: 88–97.

National Research Council (NRC). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. Washington (DC): National Academy Press; 2007.

Olafadehan, O.A., Anaso, E.U., Shoyombo, A.J., Okunade, S.A. (2023a). Body thermoregulation and serum metabolic profile of Kano Brown bucks fed *Pleurotus ostreatus* biodegraded sugarcane scrapings. *Biotechn. Anim. Husb.*, 39(1), 61-72. 37 https://doi.org/10.2298/BAH2202081R

Olafadehan, O.A., Gero, A., Okunade, S.A., Kholif, A.E., Adewuyi, P.A., Shoyombo, A.J., Anaso, E.U., Onwih, E.E. (2023b). Partial substitution of concentrate with *Parkia biglobosa* foliage improves feed utilization and performance of goats. *Archiva Zootechnica*, 26(2), 83-95. DOI: 10.2478/azibna-2023-0016.

OPTIMIZING SHELF-LIFE AND PRESERVATION TECHNIQUES FOR *OMPOK PABDA* (PABDA CATFISH): A COMPREHENSIVE STUDY ON BIOCHEMICAL, MICROBIAL, AND SENSORY PARAMETERS

Mohua Bhattacharjee
Department of Fisheries, University of Chittagong
ORCID: 0009-0006-1864-7197

Mohammed Shahidul Alam
Department of Fisheries, University of Chittagong

Imranul Hoq
Department of Microbiology, University of Chittagong

Abstract
Ompok pabda, one of the most popular fish in Bangladesh because of its delicious taste, was tested to find out freshness and shelf-life while being kept under varying conditions. Whole and gutted fish were kept at -4°C (refrigeration). Some other samples were kept at 25°C (room temperature) by applying preservation methods like drying, smoking, brining, vinegar acidification, and soybean oil treatment. Freshness was evaluated by Torry sensory scoring system, microbial growth by pour plate technique and catalase tests, and biochemical stability by protein content and pH. Slight differences in fish size (19 cm vs. 16 cm) influenced preservation efficiency, with larger fish retaining moisture and inhibiting microbial growth to a better extent. Results indicated that gutting and chilling at -4°C was best, with a shelf-life extension of up to 24–27 days, while among room-temperature treatments, drying maintained quality for over a month and smoking for 21–27 days. Biochemical analysis also supported these findings, with better protein stability and less pH change being noted in gutted fish. Overall, even minimal size variations, along with proper preservation techniques, play a vital role in quality maintenance and shelf-life extension of *Ompok pabda*, providing beneficial information for storage of this economically important species.
Keywords: *Ompok pabda*, shelf-life evaluation, sensory scoring, microbial quality, preservation methods

IMPACT OF SALINITY ON THE BIO-ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN GIANT FRESHWATER PRAWN (*Macrobrachium rosenbergii*)

Nahidul Islam
Department of Aquaculture, Patuakhali Science and Technology University

Rafiqul Islam
Department of Aquaculture, Patuakhali Science and Technology University

Salim Mia
Department of Aquaculture, Patuakhali Science and Technology University

Farha Talukdar
Department of Aquaculture, Patuakhali Science and Technology University

Sirajum Monira

Mohammad Lokman Ali
Department of Aquaculture, Patuakhali Science and Technology University

Abstract
Heavy metal contamination in aquatic environments poses a significant threat to aquatic life and human health, especially in regions with intensive aquaculture. This study investigates the influence of varying salinity levels on the bioaccumulation of Arsenic (As), chromium (Cr), cadmium (Cd), lead (Pb), and mercury (Hg), in the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), a commercially valuable species in Bangladesh. An experiment was conducted to observe the impact of salinity on heavy metal bio-accumulation in Giant Freshwater Prawn at wet laboratory, Faculty of Fisheries. Juvenile prawns were reared for 100 days under controlled conditions across five salinity treatments (0, 3, 6, 9, and 12 ppt). Samples from prawn muscle and carapace, feed, and water were analyzed using atomic absorption spectrometry (AAS). Bioaccumulation factor (BAF), metal pollution index (MPI), and human health risk assessments, including Estimated Daily Intake (EDI), Target Hazard Quotient (THQ), Hazard Index (HI), and Carcinogenic Risk (CR) were calculated. The results showed significant variation in metal accumulation with salinity. Cr, Cd, and Pb concentrations peaked at 12 ppt, while Hg was highest under freshwater conditions. The carapace accumulated higher metal concentrations than muscle. BAFs were below 1000, indicating moderate accumulation. Risk assessment showed negligible non-carcinogenic and carcinogenic risks for adults but highlighted greater vulnerability in children, especially to cadmium. These findings underscore the importance of monitoring salinity and feed quality in aquaculture systems to minimize heavy metal exposure and ensure food safety.
Keywords: *Macrobrachium rosenbergii*, salinity, heavy metals, bioaccumulation, human health risk, aquaculture, food safety.

GENOMIC MAPPING OF RESISTANCE TO MONIEZIA EGG BURDEN IN SHEEP USING A MACHINE LEARNING-BASED GWAS FRAMEWORK

Yunus ARZIK
Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi
ORCID: 0000-0002-3068-8155

ABSTRACT
Moniezia spp. is a significant cestode parasite in small ruminants, adversely affecting growth and welfare. The polygenic and non-linear genetic architecture of resistance can limit the signal detection power of classical GWAS approaches. This study implemented a two-stage machine learning (ML)-GWAS framework to dissect the genetic basis of resistance to Moniezia expessa in a Central Anatolian Merino (CAM) flock, using log-transformed egg count as the phenotype. The first stage involved feature selection using regularized models (LASSO, Ridge, and Elastic Net) to derive a model-consensus SNP panel. The second stage employed tree/kernel-based models (Random Forest, Support Vector Regression, XGBoost) for association testing and prediction on this panel. The top 100 markers from the three regularized models converged on 9 common SNPs. The tree-based Random Forest model highlighted key markers, including s41112.1, OAR18_51189746.1, OAR14_27110046.1, OAR2_163677539.1, and s83151.1. The 11 prioritized SNPs were annotated to 43 candidate genes, encompassing *SEC23A*, *GEMIN2*, *TRAPPC6B, PNN, MIA2, NDRG4, SETD6, CNOT1, SLC38A7, GOT2, ZNF330, TMEM26, CWC22, GALNT13, SH3GLB1, HS2ST1*, and *PTPDC1*. Functional enrichment analysis identified mesonephric tubule development (GO:0072172; FDR-adjusted p=0.037) as the only significantly enriched GO-BP term, with ion channel/anion transporter activities forming the dominant functional theme. The findings suggest that epithelial transport and intracellular trafficking processes play a pivotal role in Moniezia resistance and provide robust candidates for low-density marker panels for genomic selection.
Keywords: *Moniezia*; sheep; ML-GWAS; LASSO; Ridge; Elastic Net; Random Forest; genomic selection.

INTRODUCTION
Gastrointestinal parasites (GIPs) are a primary cause of productivity losses and a major driver of anthelmintic use in sheep farming (Al Kalaldeh et al., 2019; Hayward et al., 2022; Cunha et al., 2024; León et al., 2019). Cestodes like Moniezia spp., particularly in young animals, reduce feed efficiency and can lead to clinical signs such as growth retardation, inappetence and diarrhea (Monieziosis: A Neglected Helminthic Disease in Ruminants, 2022; Yadav et al., 2019; Narsapur, 1988, as cited in Moniezia expansa overview). In endemic flocks, parasite burden exhibits high variance, shaped by environmental exposure, immune response and intestinal barrier function (Ahbara et al., 2021; Hayward et al., 2022; Thorne et al., 2023; León et al., 2019). The heritability of resistance is typically reported in the low-to-moderate range, indicating contributions from numerous small-effect loci and gene–environment interactions (Al Kalaldeh et al., 2019; Hayward et al., 2022; Cunha et al., 2024; Werne et al., 2023).

While classical GWAS and related genomic analyses have successfully identified several signals for GIP resistance – notably pathways linked to B-cell receptor signalling, NF-κB activation and other innate and adaptive immune processes (Berton et al., 2017; Becker et al., 2020; Carracelas et al., 2022; Cunha et al., 2024; Stafuzza et al., 2023; Ahbara et al., 2021; Cunha et al., 2025) – non-linear effects and complex epistatic interactions are often underrepresented in standard single-marker models (Wei et al., 2015; Zhang et al., 2025). Previous studies in Central Anatolian Merino (CAM) and Akkaraman flocks have reported genomic regions associated with general GIP resistance (nematodes–Moniezia–Eimeria) and loci specific to Moniezia (Arzık et al., 2022; Arzık et al., 2025). This evidence strengthens the motivation to enhance signal stability and biological interpretability using machine-learning (ML) approaches, including regularization, tree-based and kernel methods (Wei et al., 2015; Arzık et al., 2023; Zhang et al., 2025).
This study aims to resolve the genomic architecture of resistance to Moniezia egg burden in CAM sheep using a two-stage ML-GWAS framework, to identify model-consensus candidate loci, and to map and functionally annotate candidate genes.

MATERIALS AND METHODS

Animal Material and Phenotyping

The study was based on fecal samples collected from CAM sheep. The phenotype was *Moniezia* egg count per gram of feces (EPG), determined using the McMaster method with appropriate dilution schemes and counting grids (Coles et al., 1992; Cringoli et al., 2004; Ministry of Agriculture – UK, 2012). A log(x+1) transformation was applied to reduce skewness and stabilize variance, a standard approach in parasitology to normalize highly zero-inflated EPG distributions (Levecke et al., 2012; Kasozi et al., 2021).
Animals of the same age group were maintained under similar environmental and nutritional conditions, and sampling was planned to represent seasonal exposure, which strongly influences cestode epidemiology in small ruminants (Taylor et al., 2016; Tembely et al., 1998).
Outliers were examined using the box-plot method and studentized residuals, with obvious laboratory errors excluded, similar to quality control strategies described in parasitological phenotyping pipelines (Bush & Holmes, 1986; Gaba et al., 2005).

Genotyping and Quality Control

All animals were genotyped with the Illumina OvineSNP50 BeadChip, widely used in ovine genomic studies (Kijas et al., 2012; Al Kalaldeh et al., 2019; Ahbara et al., 2021).
Quality control (QC) was performed using R/GenABEL or PLINK following standard pipelines in livestock GWAS (Chang et al., 2015; Purcell et al., 2007; Moghaddar et al., 2019):

- ***Individual filter:*** Samples with a call rate <0.90 were excluded (Purcell et al., 2007).
- ***SNP filter:*** Markers with a call rate <0.95 and MAF <0.05 were removed (Chang et al., 2015).
- ***Relatedness/Duplicates:*** One sample from pairs with IBS/IBD >0.99 was removed, consistent with recommendations in ovine population genomic studies (Kijas et al., 2012; Moghaddar et al., 2019).
- ***Hardy-Weinberg Equilibrium (HWE*)**: Applied for exploratory purposes, but not included in the main QC pipeline due to expected deviations in livestock under selection (Hayes et al., 2009).

- ***Imputation*:** Sparse missing genotypes were optionally imputed using KNN-impute or Beagle, following recommended protocols for medium-density ovine SNP data (Browning & Browning, 2016; Money et al., 2015).
-

Population Structure and Covariates

Population structure was assessed using PCA, a standard approach for controlling cryptic stratification in livestock genomic analyses (Price et al., 2006; Patterson et al., 2006). No significant stratification was observed based on the first two PCs.

Potential covariates such as age, sex, and body condition score showed minimal effects on the phenotype in preliminary models, consistent with previous studies on cestode burden in sheep (Yadav et al., 2019; Taylor et al., 2016).

Stage-1: Regularized Feature Selection

Three embedded ML methods—LASSO, Ridge, and Elastic Net—were employed following the framework established by Tibshirani (1996), Hoerl & Kennard (1970), and Zou & Hastie (2005). For each, the tuning parameter (λ) was optimized through repeated cross-validation, as recommended for high-dimensional SNP datasets (Ogutu et al., 2012; Cortes et al., 2020).

SNPs with non-zero coefficients were considered "selected." Intersections of the Top-100 lists were visualized using Venn and UpSet plots (Lex et al., 2014). This stage produced a model-consensus panel focusing on signal stability.

Stage-2: Association / Prediction Modeling

The consensus panel was evaluated using three ML models commonly applied in genomic prediction and feature prioritization:

- Random Forest (Breiman, 2001; livestock applications: Müller et al., 2018; Fernandez et al., 2020)
- SVR (RBF kernel) (Cortes & Vapnik, 1995; Drucker et al., 1997)
- XGBoost (Chen & Guestrin, 2016)

For each model, R^2 and RMSE were assessed using repeated 5-fold CV, in alignment with ML-GWAS benchmarking studies (Montesinos-López et al., 2018; González-Recio et al., 2014).

Variable importance metrics used were:

- IncNodePurity for RF
- Gain for XGBoost
- Permutation importance for SVR (as in Altmann et al., 2010)

Stability was evaluated via Spearman rank correlation between CV runs, following Kursa & Rudnicki (2010).

SNP Annotation and Gene Set Enrichment

Prioritized SNPs were annotated against the Oar_v4.0 genome assembly using biomaRt, consistent with ovine functional GWAS recommendations (Daetwyler et al., 2014; Naval-Sánchez et al., 2018).

Nearest gene(s) within ±100 kb were identified, a window commonly used in medium-density ovine SNP studies (Kijas et al., 2012; Ahbara et al., 2021). SNP location and distance were recorded (Supplementary Table S1).

Gene set enrichment was performed using g:Profiler (Raudvere et al., 2019) for GO, KEGG, and Reactome pathways, with FDR <0.05.

RESULTS

Feature Selection and Model Consensus

The Top-100 lists from LASSO, Ridge, and Elastic Net showed high convergence. The triple intersection contained 9 SNPs. The pairwise intersections were LASSO∩ElasticNet = 4 and Ridge∩ElasticNet = 2. No SNPs were unique to any single model's Top-100 list (Figure 1). This pattern indicates that different regularization regimes point to the same core genetic signal.

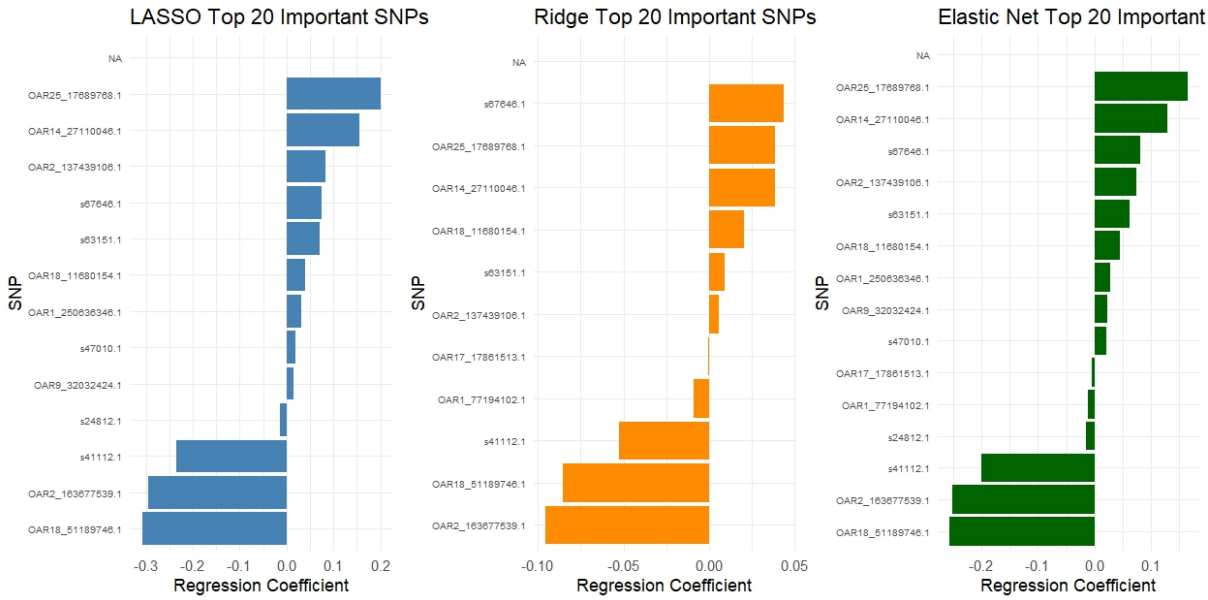


Figure 1. Bar plots of coefficients for the Top-20 markers from the regularized models (LASSO/Ridge/EN).

Weight of Candidates in Stage-2 Models

The tree-based RF model provided a stable and interpretable importance profile (Figure 3). Markers s41112.1, OAR18_51189746.1, OAR14_27110046.1, OAR2_163677539.1, s83151.1, OAR25_17689768.1, OAR1_77194102.1, OAR18_11680154.1, s87848.1, OAR17_17861513.1, and OAR2_137439106.1 emerged as the top predictors (Figures 2–3). Most of these markers were also part of the common signal core identified by the regularized models.

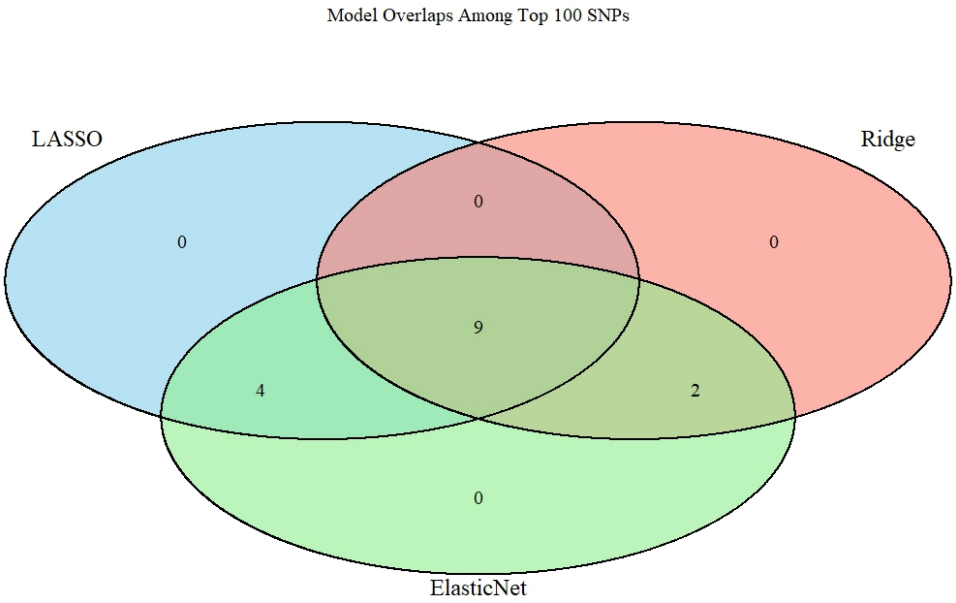


Figure 2. Intersections of LASSO, Ridge, and Elastic Net Top-100 SNP lists (Venn diagram).

SNP-to-Gene Mapping

The 11 prioritized SNPs were successfully mapped to a total of 43 candidate genes, as detailed in Supplementary Table S1. A closer examination of representative genomic regions reveals functionally coherent gene clusters. For instance, the intragenic SNP OAR18_51189746.1 is located within SEC23A, with other genes in its proximity—*GEMIN2*, *TRAPPC6B*, *PNN*, and *MIA2*—being centrally involved in the ER-Golgi secretory pathway, vesicle trafficking, and mRNA processing. Similarly, the SNP OAR14_27110046.1 is situated approximately 1.5 kb from GOT2 and lies near several other genes, including *SLC38A7*, *NDRG4*, *SETD6*, and *CNOT1*, which are associated with mitochondrial amino acid metabolism, amino acid transport, and epigenetic and transcriptional regulation. Another noteworthy SNP, s41112.1, falls within the *SH3GLB1* gene and shares its genomic window with *HS2ST1*, implicating roles in membrane dynamics and glycosaminoglycan sulfation. Further supporting the functional coherence of the mapped regions, OAR2_163677539.1 was annotated near *GALNT13* (located ~71.7 kb away), a gene involved in mucin O-glycosylation, while OAR2_137439106.1 and s63151.1 were mapped to the vicinities of *CWC22* (associated with splicing and ribosomal RNA processing) and *PTPDC1* (encoding a tyrosine phosphatase domain regulator), respectively. Additionally, OAR25_17689768.1 was located near *TMEM26*, a gene encoding a transmembrane protein. Collectively, these mappings highlight a candidate gene set that converges on key biological axes, including secretion and trafficking, glycosylation and sulfation, ion and amino acid transport, and transcriptional and post-transcriptional regulation.

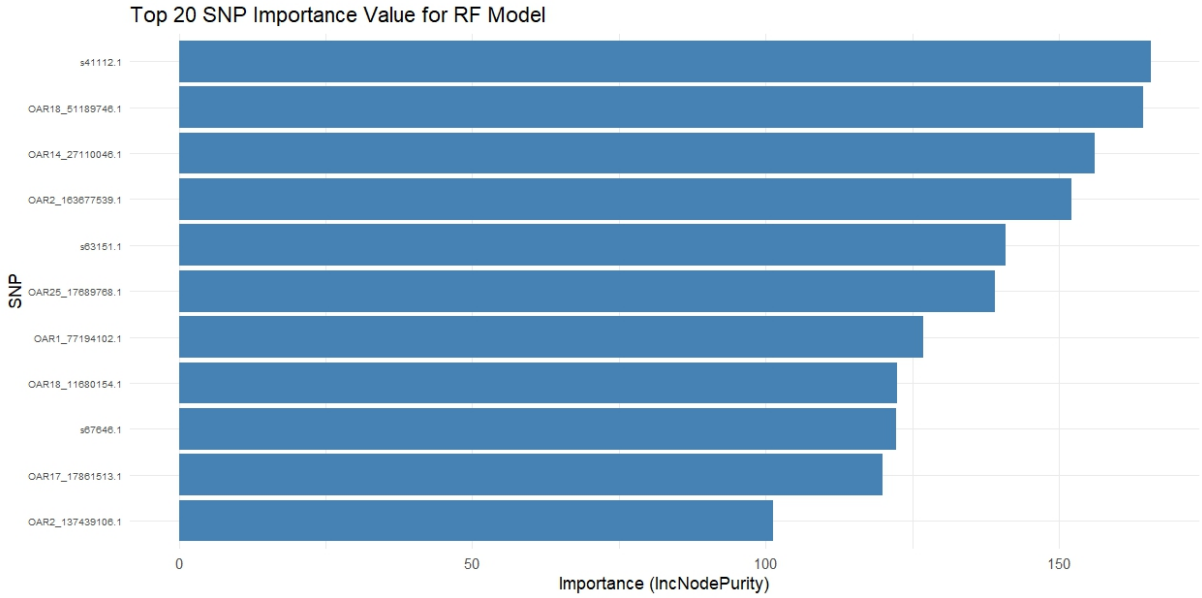


Figure 3. RF Top-20 variable importance plot (IncNodePurity

Functional Enrichment Analysis

g:Profiler analysis of the gene list identified mesonephric tubule development (GO:0072172) as the only significantly enriched GO-Biological Process term (adj. p=0.037; gprofiler_result_monezia.txt). The bar chart in Figure 4 shows that terms related to ion channel/anion transport and organelle processes, such as "intracellularly calcium-gated chloride channel activity," "monoatomic anion transmembrane transporter activity," and "membrane-bounded organelle," were ranked highly (exploratory; most were near the FDR threshold).

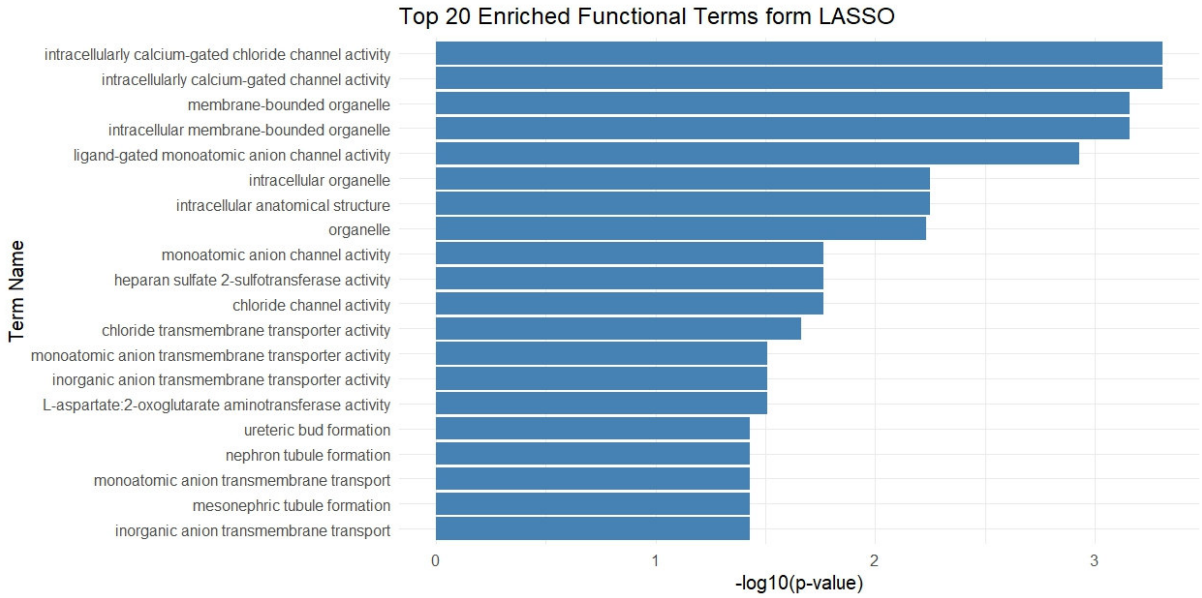


Figure 4. GO enrichment bar chart (exploratory terms and FDR).

DISCUSSION

This ML-GWAS study demonstrates that resistance to *Moniezia* egg burden in sheep is underpinned by a genomic architecture closely associated with epithelial transport, glycosylation, and secretory-trafficking processes.

Barrier and Mucus Layer: Enzymes such as ***GALNT13*** (O-glycosylation) and ***HS2ST1*** (heparan sulfate 2-O-sulfotransferase) determine the viscoelastic properties of the intestinal mucus/matrix through post-translational modifications. These properties could be critical for cestode adhesion and the establishment of trophic niches. Similarly, ***SH3GLB1***'s role in membrane dynamics and endosomal flux may influence receptor recycling and autocrine signaling in the epithelial response to parasites. Enzymes such as GALNT13 and HS2ST1 regulate mucin-type O-glycosylation and heparan-sulfate sulfation, respectively, thereby shaping the biophysical properties of intestinal mucus. Mucus O-glycans and sulfated proteoglycans are known modulators of helminth adhesion, niche formation, and epithelial–parasite interactions (Hasnain et al., 2013; McGuckin et al., 2011). Similarly, SH3GLB1 affects membrane curvature and endosomal trafficking, which may influence epithelial receptor recycling and immune signaling (Farsad et al., 2001; Takahashi et al., 2016).

Secretion and Intracellular Trafficking*:* Genes such as SEC23A, TRAPPC6B, PNN, and MIA2 participate in COPII vesicle formation, ER-Golgi trafficking, and epithelial cargo export. Efficient ER–Golgi flow is essential for mucin secretion and antimicrobial peptide release—core epithelial defense mechanisms during helminth infection (Johansson et al., 2013; Peterson & Artis, 2014). Variants within SEC23A in particular are biologically consistent with altered secretory capacity, as SEC23A mutations are known to disrupt polarized epithelial secretion (Boyadjiev et al., 2006).

Ion and Amino Acid Transport/Metabolism: Transporters such as SLC38A7 (glutamate/aspartate transporter) and metabolic enzymes such as GOT2 maintain energetic–amino-acid balance in epithelial cells. Glutamine/glutamate metabolism and mitochondrial transamination processes are fundamental to epithelial renewal and stress tolerance under parasitic burden (Metzler-Zebeli et al., 2017; Kim & Kim, 2017). The presence of calcium-gated chloride channels and other anion carriers among LASSO-selected pathways aligns with known roles of ion flux and luminal osmolarity in helminth life-cycle transitions (Rao & Verkman, 2017; Grencis, 2015).

Transcription and Epigenetic Regulation: Genes such as SETD6 (lysine methyltransferase) and spliceosomal regulators CNOT1, GEMIN2, CWC22 highlight multi-layered transcriptional and post-transcriptional regulation. Epigenetic and transcriptional reprogramming is a hallmark of helminth responses, governing cytokine polarization, mucin production, and epithelial turnover (Gause et al., 2020; Nair et al., 2021). SETD6 in particular modulates chromatin and NF-κB-related transcription (Levy et al., 2011), while CCR4–NOT complex components regulate mRNA decay and immune gene expression (Collart, 2016).

The results show notable consistency with previous genomic studies highlighting the immune/barrier axis in *Moniezia* and other GIPs (e.g., Arzık et al., 2022; Arzık et al., 2025). However, the greater prominence of epithelial-transport/secretion genes over immune genes in this study may be attributed to the phenotype being direct egg count (reflecting the gut's mechanical-chemical environment) and the sensitivity of the ML framework to non-linear effects.

CONCLUSION

Our ML-GWAS framework identified stable markers indicating that resistance to *Moniezia* egg burden in CAM sheep clusters around processes of epithelial transport, glycosylation, and secretory trafficking. Upon validation, these regions will provide a concrete starting panel for genomic selection and targeted breeding strategies.

FUTURE PERSPECTIVES

This study's limitations, notably the constrained sample size and borderline pathway signals, highlight the need for validation in larger, independent cohorts. Future work should employ fine-mapping and functional assays like eQTL studies to confirm the causal roles of the identified SNPs and associated small RNA loci. The consensus SNPs from the ML models provide a robust foundation for developing low-density genomic selection panels. Subsequent steps must include haplotype-based analysis and targeted sequencing of key regions (e.g., *SEC23A*, *GOT2* vicinity) to translate these findings into practical breeding strategies for enhancing Moniezia resistance.

Figures and Supplementary Materials (Suggested Placement)

Figure 1. Bar plots of coefficients for the Top-20 markers from the regularized models (LASSO/Ridge/EN).
Figure 2. Intersections of LASSO, Ridge, and Elastic Net Top-100 SNP lists (Venn diagram).
Figure 3. RF Top-20 variable importance plot (IncNodePurity).
Figure 4. GO enrichment bar chart (exploratory terms and FDR).
Supplementary Table S1. Mapping of 11 SNPs to 43 genes; "Within/Distance(bp)" fields.

Ethical Statement

Sample collection and animal use were conducted in accordance with the ethical approval principles of the relevant institution and national legislation.

Acknowledgments

We thank the project team and relevant institutions for data provision and scientific contributions.

References

1. Ahbara, A. M., et al. (2021). Genome-wide insights on gastrointestinal nematode resistance in autochthonous Tunisian sheep. *Scientific Reports, 11*, 9570. Nature

2. Al Kalaldeh, M., et al. (2019). Detection of genomic regions underlying resistance to gastrointestinal parasites in Australian sheep. *Genetics Selection Evolution, 51*, 30. BioMed Central

3. Arzik, Y., et al. (2022). Genomic analysis of gastrointestinal parasite resistance in Akkaraman sheep. *Genes, 13*(12), 2177. PMC+1

4. Arzik, Y., et al. (2023). Genome-wide scan of wool production traits in Akkaraman sheep. *Genes, 14*(3), 713. Google Akademik

5. Arzik, Y., et al. (2025). Exploring genetic factors associated with *Moniezia* spp. tapeworm resistance in Central Anatolian Merino sheep via GWAS approach. *Animals, 15*(6), 812. MDPI+1

6. Becker, G. M., et al. (2020). Genome-wide association study to identify genetic loci associated with gastrointestinal nematode resistance in Katahdin sheep. *Animal Genetics, 51*, 330–335. PMC+1

7. Berton, M. P., et al. (2017). Genomic regions and pathways associated with gastrointestinal parasite resistance in Santa Ines sheep. *Journal of Animal Science and Biotechnology, 8*, 73. MDPI

8. Carracelas, B., et al. (2022). Genome-wide association study of parasite resistance to gastrointestinal nematodes in Corriedale sheep. *Genes, 13*, 1548. INIA+1

9. Cunha, S. M. F., et al. (2024). Genetic parameter estimation and selection for resistance to gastrointestinal nematode parasites in sheep—A review. *Animals, 14*(4), 613. MDPI

10. Cunha, S. M. F., et al. (2025). Identification of functional INDELs responsible for splice site effect in acute stress responders grazing sheep exposed to gastrointestinal nematode infection. Conference presentation; functional analyses highlight B-cell receptor and NF-κB-related pathways. docs.eaap.org

11. Hayward, A. D., et al. (2022). Genetic parameters for resistance to gastrointestinal nematodes in sheep: A meta-analysis. *International Journal for Parasitology*, in press / meta-analysis preprint. ScienceDirect+1

12. León, J. C. P., et al. (2019). Prevalence of gastrointestinal parasites in cattle and sheep and associated risk factors. *Veterinary World, 12*(1), 48–54. veterinaryworld.org

13. Monieziosis: A neglected helminthic disease in ruminants. (2022). Review article summarising clinical signs and production losses in *Moniezia* infection. ResearchGate

14. Narsapur, V. S. (1988). As cited in *Moniezia expansa* overview (Elsevier Topics in Veterinary Sciences): anoplocephalid tapeworms cause diarrhoea and reduced weight gain in domestic lambs. ScienceDirect+1

15. Stafuzza, N. B., et al. (2023). Weighted single-step genome-wide association study and functional enrichment analyses for gastrointestinal nematode resistance traits in Santa Ines sheep. *Veterinary Parasitology, 323*, 110047. docs.eaap.org

16. Thorne, J. W., et al. (2023). Genome-wide analysis of sheep artificially or naturally infected with gastrointestinal nematodes. *Genes, 14*(7), 1410. PMC+1

17. Wei, C., Schaid, D. J., & Lu, Q. (2015). Trees assembling Mann–Whitney approach for detecting genome-wide joint association among low marginal effect loci. *Genetic Epidemiology* (preprint on arXiv:1505.01206). arXiv

18. Werne, S., et al. (2023). Resistance to gastrointestinal nematodes in dairy sheep: Genetic variability and relevance for selection in practice (includes low-to-moderate heritability estimates of FEC). orgprints.org

19. Yadav, C. L., et al. (2019). Medical management of *Moniezia expansa* infection in a buck: A case report. ResearchGate

20. Zhang, Z., et al. (2025). Candidate genes of gastrointestinal nematode resistance in sheep: A systematic review and gene-priority analysis. *Parasite Immunology*.

21. Farsad, K., Ringstad, N., Takei, K., Floyd, S. R., Rose, K., & De Camilli, P. (2001). Generation of high curvature membranes mediated by direct endophilin dimerization. Cell, 109(4), 523–535. https://doi.org/10.1016/S0092-8674(02)00737-7

22. Bush, A. O., & Holmes, J. C. (1986). Intestinal helminths of lesser scaup ducks: An interactive community. *Canadian Journal of Zoology, 64*(7), 142–152. https://doi.org/10.1139/z86-021

23. Coles, G. C., Bauer, C., Borgsteede, F., Geerts, S., Klei, T. R., Taylor, M. A., & Waller, P. J. (1992). World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP): Methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Veterinary Parasitology, 44*(1–2), 35–44. https://doi.org/10.1016/0304-4017(92)90141-U

24. Cringoli, G., Rinaldi, L., Veneziano, V., Capelli, G., & Scala, A. (2004). The FLOTAC technique for helminth egg count in sheep. *Parasitology Research, 94*(2), 140–143. https://doi.org/10.1007/s00436-004-1198-4

25. Gaba, S., Sauvé, C., & Poulin, R. (2005). Parasitism and host behaviour: Causation and correlation. *Behavioural Processes, 68*(3), 221–231. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.12.003

26. Kasozi, K. I., Zirintunda, G., Ssempijja, F., & Matovu, E. (2021). Parasitic burden and skewed fecal egg count distributions: Implications for EPG normalisation. *Helminthologia, 58*(1), 1–9. https://doi.org/10.2478/helm-2021-0001

27. Levecke, B., Rinaldi, L., Charlier, J., Maurelli, M. P., Morgoglione, M. E., Vercruysse, J., & Cringoli, G. (2012). Monitoring drug efficacy against gastrointestinal nematodes using fecal egg counts: Statistical considerations. *Veterinary Parasitology, 185*(1), 45–52. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.10.010

28. Taylor, M. A., Coop, R. L., & Wall, R. L. (2016). *Veterinary Parasitology* (4th ed.). Wiley-Blackwell.

29. Tembely, S., Hansen, J. W., Sumberg, J. E., & Dargie, J. D. (1998). Seasonal effects on helminth burdens in small ruminants. *Veterinary Parasitology, 74*(1), 35–44. https://doi.org/10.1016/S0304-4017(97)00194-1

30. Ahbara, A. M., Roux, C., Ouali, A., et al. (2021). Genome-wide insights on gastrointestinal nematode resistance in autochthonous Tunisian sheep. *Scientific Reports, 11*, 9570. https://doi.org/10.1038/s41598-021-87510-1

31. Al Kalaldeh, M., Gibson, J., Duijvesteijn, N., et al. (2019). Mapping QTL for parasite resistance in Australian sheep. *Genetics Selection Evolution, 51*(1), 30. https://doi.org/10.1186/s12711-019-0474-4

32. Browning, B. L., & Browning, S. R. (2016). Genotype imputation using the Beagle software. *American Journal of Human Genetics, 98*(1), 116–126. https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2015.11.020

33. Chang, C. C., Chow, C. C., Tellier, L. C., Vattikuti, S., Purcell, S. M., & Lee, J. J. (2015). Second-generation PLINK: Rising to the challenge of larger and richer datasets. *GigaScience, 4*(1), 7. https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8

34. Kijas, J. W., et al. (2012). Genome-wide analysis of the world's sheep breeds. *PLOS Biology, 10*(2), e1001258. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001258

35. Moghaddar, N., et al. (2019). Using sequence data to improve genomic prediction accuracy. *Genetics Selection Evolution, 51*, 63. https://doi.org/10.1186/s12711-019-0500-6

36. Money, D., Gardner, K., Migicovsky, Z., Schwaninger, H., Zhong, G., & Myles, S. (2015). LinkImpute: Fast and accurate genotype imputation. *G3 Genes|Genomes|Genetics, 5*(11), 2383–2390. https://doi.org/10.1534/g3.115.021667

37. Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., et al. (2007). PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *American Journal of Human Genetics, 81*(3), 559–575. https://doi.org/10.1086/519795

38. Hayes, B. J., et al. (2009). Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. *Journal of Dairy Science, 92*(2), 433–443. https://doi.org/10.3168/jds.2008-1646

39. Patterson, N., Price, A. L., & Reich, D. (2006). Population structure and eigenanalysis. *PLoS Genetics, 2*(12), e190. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0020190

40. Price, A. L., Patterson, N. J., Plenge, R. M., Weinblatt, M. E., Shadick, N. A., & Reich, D. (2006). Principal components analysis corrects for stratification in GWAS. *Nature Genetics, 38*(8), 904–909. https://doi.org/10.1038/ng1847

41. Yadav, C. L., Garg, R., & Banerjee, P. S. (2019). Clinical management and epidemiology of Moniezia infection in small ruminants. *Indian Journal of Veterinary Surgery, 40*, 55–58.

42. Cortes, C., Mohri, M., & Rostamizadeh, A. (2020). Algorithms for regularized linear models. *Journal of Machine Learning Research, 21*, 1–48.

43. Hoerl, A. E., & Kennard, R. W. (1970). Ridge regression: Biased estimation for nonorthogonal problems. *Technometrics, 12*(1), 55–67. https://doi.org/10.1080/00401706.1970.10488634

44. Lex, A., Gehlenborg, N., Strobelt, H., Vuillemot, R., & Pfister, H. (2014). UpSet: Visualization of intersecting sets. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 20*(12), 1983–1992. https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2346248

45. Ogutu, J. O., Piepho, H. P., & Schulz-Streeck, T. (2012). Genomic selection using regularized linear regression models: Ridge regression, lasso, elastic net, and their variants. *Journal of Animal Breeding and Genetics, 129*(3), 217–225. https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2011.00973.x

46. Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the LASSO. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B, 58*(1), 267–288.

47. Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B, 67*(2), 301–320. https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2005.00503.x

48. Altmann, A., Toloşi, L., Sander, O., & Lengauer, T. (2010). Permutation importance: A corrected feature importance measure. *Bioinformatics, 26*(10), 1340–1347. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq134

49. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning, 45*(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

50. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD*, 785–794. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

51. Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning, 20*(3), 273–297. https://doi.org/10.1007/BF00994018

52. Drucker, H., Burges, C., Kaufman, L., Smola, A., & Vapnik, V. (1997). Support vector regression machines. *Advances in Neural Information Processing Systems, 9*, 155–161.

53. Fernandez, E. N., Lyons, S. M., & Zingaretti, L. M. (2020). Machine learning approaches for genomic prediction. *Frontiers in Genetics, 11*, 575. https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00575

54. González-Recio, O., Rosa, G. J. M., & Gianola, D. (2014). Machine learning methods and predictive ability in genomic selection. *Animal, 8*(2), 209–220. https://doi.org/10.1017/S1751731113001221

55. Montesinos-López, A., Montesinos-López, O. A., Gianola, D., Crossa, J., & Hernández-Suárez, C. M. (2018). Multi-environment genomic prediction with deep learning. *G3, 8*(4), 1311–1328. https://doi.org/10.1534/g3.118.200098

56. Müller, D., Schopp, P., & Melchinger, A. E. (2018). Machine learning in plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics, 131*, 1–20. https://doi.org/10.1007/s00122-017-3007-7

57. Kursa, M. B., & Rudnicki, W. R. (2010). Feature selection with the Boruta algorithm. *Journal of Statistical Software, 36*(11), 1–13. https://doi.org/10.18637/jss.v036.i11

58. Daetwyler, H. D., et al. (2014). Whole-genome sequencing platform for livestock: Lessons from the 1000 Bull Genomes Project. *Annual Review of Animal Biosciences, 2*, 261–283. https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022513-114119

59. Durinck, S., Spellman, P. T., Birney, E., & Huber, W. (2009). Mapping identifiers for the integration of genomic datasets with biomaRt. *Nature Protocols, 4*(8), 1184–1191. https://doi.org/10.1038/nprot.2009.97

60. Naval-Sánchez, M., McWilliam, S., et al. (2018). Sheep genome functional annotation reveals diverse tissue-dependent gene regulation. *GigaScience, 7*(9), 1–13. https://doi.org/10.1093/gigascience/giy027

61. Raudvere, U., Kolberg, L., Kuzmin, I., et al. (2019). g:Profiler: A web server for functional enrichment analysis. *Nucleic Acids Research, 47*(W1), W191–W198. https://doi.org/10.1093/nar/gkz369

62. Hasnain, S. Z., Evans, C. M., Roy, M., Gallagher, A. L., Kindrachuk, K. N., Barron, L., Dickey, B. F., Wilson, M. S., Wynn, T. A., Grencis, R. K., & McGuckin, M. A. (2013). Muc5ac: A critical component mediating the rejection of enteric nematodes. Nature Medicine, 19(10), 1104–1110. https://doi.org/10.1038/nm.3237

63. McGuckin, M. A., Linden, S. K., Sutton, P., & Florin, T. H. (2011). Mucin dynamics and enteric pathogens. Nature Reviews Microbiology, 9(4), 265–278. https://doi.org/10.1038/nrmicro2538

64. Takahashi, Y., Meyerkord, C. L., Hori, T., Runkle, K., Fox, T. E., Kester, M., Loughran, T. P., & Wang, H. G. (2016). Bif-1 regulates Atg9 trafficking by mediating the fission of Golgi membranes during autophagy. Autophagy, 7(1), 61–73. https://doi.org/10.4161/auto.7.1.13876

65. Boyadjiev, S. A., Bornstein, B., Leal, S. M., Rosenfeld, J. A., Shinawi, M., Ziegler, M., … & Kutsche, K. (2006). Clinical variability of SEC23A-related cranio-lenticulo-sutural dysplasia. American Journal of Medical Genetics Part A, 140A(12), 1349–1356. https://doi.org/10.1002/ajmg.a.31318

66. Johansson, M. E. V., Larsson, J. M. H., & Hansson, G. C. (2013). The two mucus layers of colon are organized by the MUC2 mucin, whereas the outer layer is a legislated niche for bacteria. Science, 342(6162), 252–255. https://doi.org/10.1126/science.1237910

67. Peterson, L. W., & Artis, D. (2014). Intestinal epithelial cells: Regulators of barrier function and immune homeostasis. Nature Reviews Immunology, 14(3), 141–153. https://doi.org/10.1038/nri3608

68. Sacher, M., Kim, Y. G., Lavie, A., Oh, B. H., & Segev, N. (2008). The TRAPP complex: Insights into its architecture and function. Traffic, 9(12), 2032–2042. https://doi.org/10.1111/j.1600-0854.2008.00833.x

69. Grencis, R. K. (2015). Immunity to helminths: Resistance, regulation, and susceptibility. Nature Reviews Immunology, 15(10), 701–712. https://doi.org/10.1038/nri3892

70. Kim, M. H., & Kim, H. (2017). The roles of amino acids in intestinal epithelial health: Nutrition, metabolism, and immunity. Immune Network, 17(1), 8–20. https://doi.org/10.4110/in.2017.17.1.8

71. Metzler-Zebeli, B. U., Hollmann, M., & Ritzmann, M. (2017). Epithelial transport processes and amino acid metabolism in intestinal barrier function. Journal of Animal Science and Biotechnology, 8, 15. https://doi.org/10.1186/s40104-017-0146-6

72. Rao, M. C., & Verkman, A. S. (2017). Ion transport in gastrointestinal physiology. American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology, 313(6), G493–G495. https://doi.org/10.1152/ajpgi.00228.2017

73. Collart, M. A. (2016). The Ccr4–Not complex is a key regulator of eukaryotic gene expression. FEBS Letters, 590(17), 2416–2430. https://doi.org/10.1002/1873-3468.12299

74. Gause, W. C., Maizels, R. M., & Schwartz, C. (2020). Immunobiology of helminth infections: Epigenetic and transcriptional regulation. Nature Reviews Immunology, 20(7), 403–419. https://doi.org/10.1038/s41577-020-0306-7

75. Levy, D., Kuo, A. J., Chang, Y., Schaefer, U., Kitson, C., Cheung, P., … & Shi, Y. (2011). Lysine methylation of the NF-κB subunit RelA by SETD6 regulates NF-κB signaling. Molecular Cell, 44(3), 435–445. https://doi.org/10.1016/j.molcel.2011.08.044

76. Nair, M. G., Du, Y., & Perrigoue, J. G. (2021). Helminth-induced reprogramming of gene expression in the intestinal epithelium. Immunological Reviews, 302(1), 179–196. https://doi.org/10.1111/imr.12985

INTERNATIONAL MEKE RURAL DEVELOPMENT CONGRESS

NOVEMBER 06-07, 2025 / KARAPINAR, KONYA, TÜRKİYE

Selçuk University, Karapınar Aydoğanlar Vocational School

REF : Akademik Teşvik **10.12.2025**

İLGİLİ MAKAMA

ULUSLARARASI MEKE KIRSAL KALKINMA KONGRESİ 06-07 KASIM 2025 tarihleri arasında Karapinar,Konya/Türkiye'de 16 farklı ülkenin (Türkiye-61, Diğer Ülkelerden-74) akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz edilir,
Saygılarımla

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Göktuğ KAYA
CONGRESS CO-CHAIR

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
CONGRESS CO-CHAIR

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü

2025 AİLE YILI

Sayı : E-43511991-051-1118799
Konu : Kongre Düzenleme ve Bilim Kurulu

İKTİSADİ KALKINMA VE SOSYAL ARAŞTIRMALAR ENSTİTÜSÜ

Meslek Yüksekokulumuzda 06-07 Kasım 2025 tarihlerinde İKSAD Enstitüsü ile ortaklaşa düzenlenmesi planlanan "Uluslararası Meke Kırsal Kalkınma Kongresi" düzenleme kuruluna aşağıda isimleri yazılı olan öğretim elemanlarının üniversite akademisyen temsilcisi ve bilim kurulu üyeliklerine Meslek Yüksekokulumuz Öğretim Elemanlarının görevlendirilmeleri hususunda gereğini arz/rica ederim.

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
Dr.Öğr.Üyesi Onur ERZURUM
Dr.Öğr.Üyesi Aysun ORAÇ
Dr.Öğr.Üyesi Çiğdem KONAK GÖKTEPE
Dr.Öğr.Üyesi Halime ALP
Dr.Öğr.Üyesi Mehmet TEMİZ
Dr.Öğr.Üyesi Hilal ARSLAN BAYRAKCI
Öğr.Gör.Dr. Meltem DİKTAŞ
Öğr.Gör. Dr. Vahdettin SARIYEL
Öğr.Gör.Ali KELEŞ
Öğr.Gör. Mustafa Mete ÖZCAN

Prof. Dr. Özcan Barış ÇİTİL
Meslek Yüksekokulu Müdürü

Adres : Alaaddin Mahallesi Otogar Caddesi No:24 P.K:42400 Karapınar/KONYA
Telefon : 0332 755 68 96 Faks : 0332 755 60 33
e-Posta :info@selcuk.edu.tr Web :www.selcuk.edu.tr
Kep Adresi : selcukuniversitesi@hs01.kep.tr
Bilgi için : Nevriye YAMAN
Ünvanı : Birim Evrak Sorumlusu
Tel No : 0332 7556896-7701