

CONFERENCE BOOK

ICAFVP

**5. ULUSLARARASI TARIM, GIDA,
VETERİNER ve ECZACILIK
BİLİMLERİ KONGRESİ**



7 - 9 Mart

2025

İ z m i r

www.icaftp.com

FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES

March 7- 9 , 2025

İZMİR

Edited by: Prof. Dr. Başak Hanedan

ISBN: 978-625-5962-49-2



*ICAFVP 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES
MARCH 7 - 9, 2025 – İZMİR*

CONFERENCE ORGANIZING BOARD

Head Of Conference: Prof. Dr. Naile Bilgili
Düzenleme Kurulu Başkanı: Dr. Gültekin Gurcay
Prof. Dr. Hülya Çiçek
Prof. Dr. Ali Bilgili
Prof. Dr. Başak Hanedan
Prof. Dr. Hajar Huseynova
Prof. Dr. Dwi Sulisworo
Prof. Zain Musa
Prof. Dr. Sameer Jain
Prof Yakup Babayev
Prof. Dr. Suyatno
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran
Assoc. Prof. Dody Hartanto
Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn
Assoc. Prof. Nazile Abdullazade
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi
Assoc Prof. Dr. Feran Aşur
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova
Assoc. Prof. Dr. Doğan Çiloğlu
Assist. Prof. Ihwan Ghazali
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərifxan oğlu
Assist. Prof. Dr. Mahruxi Dovlatzade
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Dr. Dadash Mehravari
Dr. Gültekin Gürçay
Aynur Əliyeva
Khorram Manafidizaji

Issued: 10.04.2025

ISBN: 978-625-5962-49-2

CONFERENCE ID

**ICAFVP 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES**

DATE – PLACE
MARCH 7 - 9, 2025 – İZMİR

ORGANIIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES & JOURNALS

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES
**Turkey – Malaysia – Brazil – Oman- Algeria- South Africa – Pakistan –
Bangladesh- Libya- Tunisia- Somalia- Sudan – Qatar- Egypt- Qatar – Portugal- Iran -**

PRESENTATION
Oral presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
13 Papers From Turkey And 25 Papers From Other Counteries

**Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an
"official assignment letter"**

*All rights of this book belong to Academy Conferences Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.*

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

Academy Global–2025 ©

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Ali BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Naile BİLGİLİ – Türkiye
Prof. Dr. Başak HANEDAN – Türkiye
Prof. Dr. Hülya Çiçek KANBUR – Türkiye
Prof. Dr. Emine KOCA – Türkiye
Prof. Dr. Fatma KOÇ – Türkiye
Prof. Dr. Hajar HUSEYNOVA – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi SULISWORO – Indonesia
Prof. Dr. Natalia LATYGINA – Ukraina
Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV – Russia
Prof. Muntazir MEHDI – Pakistan
Prof. Dr. Raihan YUSOPH – Philippines
Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ – Iran
Prof. Dr. F. Oben ÜRÜ – Türkiye
Prof. Dr. T.Venkat Narayana RAO – India
Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa BAYRAM – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin LEE – China
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet AYDIN – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat BARAN - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom HAMROEVA - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas GHAFARI – Iran
Assoc. Prof. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ - Türkiye
Assoc. Prof. Ivaylo STAYKOV - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit AYATA – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Okan SARIGÖZ – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda BOZKURT – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet TOPAL – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep GUPTA – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel PARLAK – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile ABDULLAZADE – Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Aysel ARSLAN – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Bekir GÜRBULAK – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Erkan EFİLTİ - Kirgizistan
Assist. Prof. Dr. Göksel ULAY – Türkiye
Assist. Prof. K. R. PADMA – India
Assist. Prof. Dr. Omid AFGHAN - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan ALANAZİ - Saudi Arabia

Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi BAYERO – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Baurcan BOTAKARAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif FAKHEER - Jordania
Assist. Prof. Dr. Gültekin GÜRÇAY – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Dody HARTANTO - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini HEYDALOU – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli JURAYEV – Uzbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas KALIBAEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour KAMEL – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. MASALİMOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay MOLDİBAEV - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. SARSEKENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika SHARMA - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat ŞUGAYEVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. TLEUBERGENOVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh TUAN - Vietnam
Assist. Prof. Dr. Botagul TURGUNBAEVA - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang ZİTONG – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira ABDİRASULOVA – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Zohaib Hassan Sain – Pakistan
Assist. Prof. Dr. Murat GENÇ – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva BALCIUNIENE – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem AVAN – Türkiye
Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Sonali MALHOTRA - India



T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Veteriner Fakültesi Dekanlığı
Fakülte Sekreterliği



Sayı : E-21304664-051-1705704

12.02.2025

Konu : 31-14279 Prof. Dr. Ali Bilgili'nin
Uluslararası Kongrelerde Düzenleme ve
Bilim kurullarında yer alması hk

FARMAKOLOJİ VE TOKSİKOLOJİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

İlgi : Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı Başkanlığı'nın 11.02.2025 tarihli ve
E-41298163-051-1704750 sayılı yazısı.

İlgi yazınız uyarınca, Anabilim Dalınız öğretim üyesi Prof.Dr.Ali BİLGİLİ'nin, Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında, "Academy Global Conferences & Publishing (<https://www.akademikongre.org/registration>)" tarafından önümüzdeki tarihlerde düzenlenecek olan uluslararası kongrelerde; kongre başkanı, kongre düzenleme ve bilim kurulu üyesi olarak görev yapması Dekanlığımızca da uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini saygılarımla rica ederim.

Prof. Dr. Necmettin ÜNAL
Dekan V.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 8E77B04B-BD26-449E-A3C8-D44477307021 Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ankara-universitesi-ebys>

Zübeyde Hanım Mahallesi Şehit Ömer Halisdemir Bulvarı No: 9/C 06070 Altındağ /
ANKARA

Telefon No: (0312) 317 03 15 Belge Geçer No: (0312) 316 44 72

e-posta: vetmed@veterinary.ankara.edu.tr

KEP Adresi : ankunvrek@ankuni.hs01.kep.tr

Bilgi için: Gülay ŞAFAK
Bilgisayar İşletmeni

Telefon No: (312) 317 03 15-4510

E-Posta: gsafak@ankara.edu.tr



ICSAS ACADEMY CONFERENCES
March 7 – 9, 2025
IZMIR

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1>

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderatör olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilmektedir.
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.
- Sunum yapmak zorunludur. Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması söz konusu olamaz.
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “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.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

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.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

ICAFVP 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES March 7 - 9, 2025 İzmir Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 8 Mart / March 8, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK	1	TARIMSAL ÜRETİMDE ENERJİ YÖNETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNİN ÖNEMİ	Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM
		2	SERA İKLİMLENDİRME İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ISI POMPASI KULLANIMI	Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM
		3	ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE RİZOBAKTERİ VE VİNAS UYGULAMALARININ GELİŞME VE VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ	Neslihan TOPAL Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN
		4	CEVİZ KABUĞUNUN KOH VE İLE KİMYASAL AKTİVASYONU SONUCU ELDE EDİLEN AKTİF KARBONUN KARAKTERİZASYONU	Prof. Dr. ESRA ALTINTIĞ Dr. BİRSEN SARICI
		5	METİLEN MAVİSİNİN MANYETİK AKTİF KARBON İLE GİDERİMİNİN İNCELENMESİ	Prof. Dr. ESRA ALTINTIĞ Dr. BİRSEN SARICI
		6	ANTHOCYANNINS AND THE USE OF ANTHOCYANNINS AS FOOD COLOURANTS	Dr. Fatmagül Hamzaoğlu
		7	USE OF COLD PLASMA TECHNIQUE IN FOOD TECHNOLOGY	Assoc. Prof. KUBRA UNAL Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK
		8	MARINATION PROCESS IN MEAT TECHNOLOGY: OBJECTIVES AND EFFECTS	Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK
		9	GIDA İŞLEMEDE 3D BASKI TEKNOLOJİSİNE GENEL BAKIŞ	Doç. Dr. Emine NAKİLCİOĞLU Gizem TİRYAKİ
		8	KAHVE TELVESİNİN GIDA SANAYİSİ ALANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	Gizem TİRYAKİ Doç. Dr. Emine NAKİLCİOĞLU

ICAFPV 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES March 7 - 9, 2025 İzmir Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 8 Mart / March 8, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Prof. Dr. Ali BİLGİLİ	1	A Case of Toxidermia Associated with Metronidazole and Terbinafine Use	Saadi Fatima Zohra
		2	The Impact of Early Detection on Acetaminophen Toxicity : A Case Study Analysis	BESSAID Kamilia, TOUAMI Fadila, MILOUD ABID Dalila, KRID Meriem, ABOUREJAL Nesrine,
		3	Pediatric Tebufenpyrad Toxicity: A Case Report of Accidental Ingestion	TOUAMI Fadila, BESSAID Kamilia, MILOUD ABID Dalila, KRID Meriem, ABOUREJAL Nesrine
		4	TREATMENT OF ARTICULATIO CUBITI LUXATION WITH LINEAR TYPE IA EXTERNAL FIXATION IN A CAT: A CASE REPORT	Dr. Öğr. Üyesi, Kerem YENER Doç. Dr., Ünal YAVUZ
		5	Walnut Green Husk Extract as a Sustainable Feed Additive in Ruminant Nutrition	Res. Asst. Atakan BUNDUR Prof. Dr. Özge SIZMAZ,
		6	Ammonia Emissions in Poultry: Environmental Impacts and Mitigation Strategies	Res. Asst. Atakan BUNDUR Prof. Dr. Özge SIZMAZ,
		7	ANTIFUNGAL POTENTIAL OF RICINUS COMMUNIS EXTRACTS AGAINST SOIL-BORNE PATHOGENS	Dr. Öğr. Üyesi RAZİYE KOÇAK Dr. Öğr. Üyesi ÖZDEN SALMAN
		8	MEDICINES USED IN IRREGULAR HEART RHYTHMS IN CATS AND DOGS	PhD Student Bülent Burak DOĞAN Prof. Dr. Ali BİLGİLİ

ICAFPV 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES March 7 - 9, 2025 İzmir Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 8 Mart / March 8, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Mina Mehani, Prof. Dr. Nasrin Salhi	1	HARNESSING THE POWER OF GARLIC AND TURMERIC: AN ORGANIC SOLUTION FOR CONTROLLING TOMATO PESTS AND IMPROVING YIELD	Carlos Silva, João Pereira, Mariana Santos
		2	EXPLORING THE EFFICACY OF BANANA PEELS AS A BIOSORBENT FOR MANGANESE REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS	Dr. Ahmed Hussein, Sara Ali, Mohammad Farooq
		3	INVESTIGATING THE BROAD-SPECTRUM ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF EUCALYPTUS CAMENDULENSIS ESSENTIAL OIL AGAINST SELECTED BACTERIA AND FUNGI	Dr. Julia Vargas, Marta Delgado, Juan Gonzalez
		4	CRAFTING THE SQUARE WATERMELON MOLD: A MECHANICAL FORCE GAUGE DESIGN AND DEVELOPMENT JOURNEY	Dr. Mina Mehani, Prof. Dr. Nasrin Salhi
		5	UNVEILING FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING ENDOPHYTIC FUNGI RESIDING IN HIBISCUS LEAVES FROM SHAH ALAM	Mohd Sidek, Zainon Mohd, Zaidah Zainal
		6	IMPACT OF BOVINE COLOSTRUM SUPPLEMENTATION ON INTESTINAL ENZYME ACTIVITY IN JUVENILE DOURADO SALMINUS BRASILIENSIS: A HISTOCHEMICAL INVESTIGATION	Ahmad Noor Ariffin, Aishah Shamsudin
		7	REVOLUTIONIZING SQUARE WATERMELON PRODUCTION: THE INNOVATIVE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE	Tahere Valeria, Sara Ladjel

ICAFPV 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES March 7 - 9, 2025 İzmir Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 8 Mart / March 8, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Dr. João Pereira	1	Exploring the Cytotoxic Potential of Eugenia caryophyllata Extracts: A Fractionation Approach Using Sulforhodamine-B Assay	Maria Costa, Dr. João Pereira
		2	Evaluating the Stability and Imaging Quality of 18F-FDG: The Effect of Polyethylene Glycol in Nuclear Medicine	Hanan Al-Mansouri, Fatima Al-Harthy, Sultan Al-Dosari
		3	Development of Amino Acid-Based Biodegradable Micelles for Targeted Cancer Drug Delivery	Dr. Mohamed Amin, Prof. Ahmed Mansour
		4	Impact of Lost-to-Follow-Up on Health-Related Quality of Life in Tuberculosis Patients: A Case Study from Somalia	Dr. Fatima Abdulkadir, Ibrahim Mohamed
		5	Exploring the Antimicrobial Properties of Clove Oil: Synthesis, Characterization, and Efficacy Testing	Dr. Khadija Abdelrahman, Prof. Ibrahim Moussa
		6	Antibiotic Resistance in Acute Care Units: A Study on Prescription Practices and Intervention Strategies in Tunisia	Dr. Maher Ben Salah, Dr. Lina Amara, Omar Saad
		7	Evaluating the Hepatoprotective Effects of Cinnamomum verum in Animal Models: A Study on Carbon Tetrachloride-Induced Liver Injury	Dr. Khalid Saleh, Rasha Ahmed

ICAFPV 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE, FOOD, VETERINARY AND PHARMACY SCIENCES March 7 - 9, 2025 İzmir Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 8 Mart / March 8, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	A Assoc. Prof. Dr. Benaziz Dorbane	1	UNVEILING CHLOROBUTANOL'S ANTIMICROBIAL PROWESS: A SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND EFFICACY EVALUATION	Dr. Nazmul Mosaddik, Ashik Huda, Abdul Awal
		2	OPTIMIZING FUROSEMIDE DISPERSIBLE TABLETS FOR PEDIATRIC USE: A COMPREHENSIVE FORMULATION AND EVALUATION STUDY	Dr. Shafiqur Nabi, Rukhsana Shaheen, Mustofa Rahman
		3	UNVEILING THE ANTIFUNGAL POTENTIAL OF SOUTH AFRICAN MEDICINAL PLANTS: A TRADITIONAL KNOWLEDGE-GUIDED EXPLORATION	Nadia Bahdja, Thili Malha, Zahoua Taoufik, Mourad Marzouk, Hadjadj Mekacher
		4	NAVIGATING THE THERAPEUTIC LANDSCAPE OF TOXIC PLANTS: AN ETHNOBOTANICAL EXPLORATION OF TRADITIONAL MEDICINE PRACTICES IN TLEMCEN, ALGERIA	Assoc. Prof. Dr. Benaziz Dorbane
		5	HARNESSING THE ANTIBACTERIAL POWER OF SILVER DIAMINE FLUORIDE IN FISSURE SEALANTS: A COMPREHENSIVE EVALUATION	Assis. Prof. Dr. S. Djeraba
		6	REPLICATING HUMAN SKIN WITH SHED SNAKE SKINS: DEVELOPMENT OF A NOVEL MODEL MEMBRANE FOR PERCUTANEOUS ABSORPTION RESEARCH	Dr. Elyebdri Asma, Soumia Addoun
		7	PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS	Assoc. Prof. Dr. Nassima Boumediou
		8	OPTIMIZING NITROGEN MANAGEMENT IN AGRICULTURE: BALANCING FERTIGATION PRACTICES WITH BIOSORPTION BY SOIL MICROORGANISMS	: Dr. Ahmed Al-Mansoori, Dr. Fatima
		9	ENHANCING NIGELLA SATIVA L. YIELD THROUGH BIOFERTILIZER AND MANURE APPLICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS	Dr. Lucas Fernandes, Prof. Dr. José Rodrigues
		8	UNVEILING THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF OAT GRAINS: A COMPREHENSIVE CHARACTERIZATION	Dr. Siti Nurhaliza Binti Abdul Aziz, Prof. Dr. Mohd. Zainal Abidin

Contents

SERA İKLİMLENDİRME İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ISI POMPASI KULLANIMI	1
TARIMSAL ÜRETİMDE ENERJİ YÖNETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNİN ÖNEMİ	12
ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE RİZOBAKTERİ VE VİNAS UYGULAMALARININ GELİŞME VE VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ	30
CEVİZ KABUĞUNUN KOH VE İLE KİMYASAL AKTİVASYONU SONUCU ELDE EDİLEN AKTİF KARBONUN KARAKTERİZASYONU	31
METİLEN MAVİSİNİN MANYETİK AKTİF KARBON İLE GİDERİMİNİN İNCELENMESİ	42
İĞDIR OVASI'NDA BULUNAN ARAZİLERİN SULAMA SİSTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ve KAPALI SULAMA SİSTEMİNE GEÇİLMESİ İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI	53
ANTOSİYANİNLER VE ANTOSİYANİNLERİN GIDA RENKLENDİRİCİSİ OLARAK KULLANIMI	54
MARINATION PROCESS IN MEAT TECHNOLOGY: OBJECTIVES AND EFFECTS	56
USE OF COLD PLASMA TECHNIQUE IN FOOD TECHNOLOGY	63
KAHVE TELVESİNİN GIDA SANAYİSİ ALANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ	69
GIDA İŞLEMEDE 3D BASKI TEKNOLOJİSİNE GENEL BAKIŞ	81
A CASE OF TOXIDERMIA ASSOCIATED WITH METRONIDAZOLE AND TERBINAFINE USE	92
THE IMPACT OF EARLY DETECTION ON ACETAMINOPHEN TOXICITY :A CASE STUDY ANALYSIS	93
PEDIATRIC TEBUFENPYRAD TOXICITY: A CASE REPORT OF ACCIDENTAL INGESTION	94
BİR KEDİDE ARTICULATIO CUBİTİ LUKSASYONUNUN LİNEER TİP IA EKSTERNAL FİKSASYON İLE TEDAVİSİ: BİR OLGU SUNUMU	95
KANATLI HAYVANLARDA AMONYAK EMİSYONLARI: ÇEVREYE ETKİLERİ VE AZALTMA STRATEJİLERİ	97
RUMİNANT BESLEMEDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA CEVİZ YEŞİL KABUĞU EKSTRAKTI KULLANIMI	104
TOPRAK KAYNAKLI PATOJENLERE KARŞI <i>RICINUS COMMUNIS</i> EKSTRAKTLARININ ANTİFUNGAL POTANSİYELİ	111
MEDICINES USED IN IRREGULAR HEART RHYTHMS IN CATS AND DOGS	128
KEDİ VE KÖPEKLERDE KALP RİTMİNİN DÜZENSİZLİKLERİNDE KULLANILAN İLAÇLAR	130
HARNESSING THE POWER OF GARLIC AND TURMERIC: AN ORGANIC SOLUTION FOR CONTROLLING TOMATO PESTS AND IMPROVING YIELD	137
EXPLORING THE EFFICACY OF BANANA PEELS AS A BIOSORBENT FOR MANGANESE REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS	138
INVESTIGATING THE BROAD-SPECTRUM ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF <i>EUCALYPTUS CAMENDULENSIS</i> ESSENTIAL OIL AGAINST SELECTED BACTERIA AND FUNGI	139
CRAFTING THE SQUARE WATERMELON MOLD: A MECHANICAL FORCE GAUGE DESIGN AND DEVELOPMENT JOURNEY	140
UNVEILING FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING ENDOPHYTIC FUNGI RESIDING IN HIBISCUS LEAVES FROM SHAH ALAM	141

IMPACT OF BOVINE COLOSTRUM SUPPLEMENTATION ON INTESTINAL ENZYME ACTIVITY IN JUVENILE DOURADO (<i>SALMINUS BRASILIENSIS</i>): A HISTOCHEMICAL INVESTIGATION.....	142
REVOLUTIONIZING SQUARE WATERMELON PRODUCTION: THE INNOVATIVE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE	143
Exploring the Cytotoxic Potential of <i>Eugenia caryophyllata</i> Extracts: A Fractionation Approach Using Sulforhodamine-B Assay	144
EVALUATING THE STABILITY AND IMAGING QUALITY OF 18F-FDG: THE EFFECT OF POLYETHYLENE GLYCOL IN NUCLEAR MEDICINE	145
DEVELOPMENT OF AMINO ACID-BASED BIODEGRADABLE MICELLES FOR TARGETED CANCER DRUG DELIVERY.....	146
IMPACT OF LOST-TO-FOLLOW-UP ON HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE IN TUBERCULOSIS PATIENTS: A CASE STUDY FROM SOMALIA.....	147
EXPLORING THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF CLOVE OIL: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND EFFICACY TESTING	148
INTERVENTION STRATEGIES IN TUNISIA.....	149
EVALUATING THE HEPATOPROTECTIVE EFFECTS OF <i>CINNAMOMUM VERUM</i> IN ANIMAL MODELS: A STUDY ON CARBON TETRACHLORIDE-INDUCED LIVER INJURY	150
UNVEILING CHLOROBUTANOL'S ANTIMICROBIAL PROWESS: A SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND EFFICACY EVALUATION.....	151
OPTIMIZING FUROSEMIDE DISPERSIBLE TABLETS FOR PEDIATRIC USE: A COMPREHENSIVE FORMULATION AND EVALUATION STUDY	152
UNVEILING THE ANTIFUNGAL POTENTIAL OF SOUTH AFRICAN MEDICINAL PLANTS: A TRADITIONAL KNOWLEDGE-GUIDED EXPLORATION.....	153
NAVIGATING THE THERAPEUTIC LANDSCAPE OF TOXIC PLANTS: AN ETHNOBOTANICAL EXPLORATION OF TRADITIONAL MEDICINE PRACTICES IN TLEMSEN, ALGERIA	154
HARNESSING THE ANTIBACTERIAL POWER OF SILVER DIAMINE FLUORIDE IN FISSURE SEALANTS: A COMPREHENSIVE EVALUATION.....	155
REPLICATING HUMAN SKIN WITH SHED SNAKE SKINS: DEVELOPMENT OF A NOVEL MODEL MEMBRANE FOR PERCUTANEOUS ABSORPTION RESEARCH	156
PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS.....	157
OPTIMIZING NITROGEN MANAGEMENT IN AGRICULTURE: BALANCING FERTIGATION PRACTICES WITH BIOSORPTION BY SOIL MICROORGANISMS.....	158
ENHANCING NIGELLA SATIVA L. YIELD THROUGH BIOFERTILIZER AND MANURE APPLICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS	159
UNVEILING THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF OAT GRAINS: A COMPREHENSIVE CHARACTERIZATION.....	160

SERA İKLİMLENDİRME İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ISI POMPASI KULLANIMI

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

Arş. Gör. Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Iğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

ÖZET

Küresel nüfus artışının, istikrara kavuşması beklenen 2100 yılında 11 milyara ulaşması öngörülmektedir. Modern dünya, fosil yakıtların artan kullanımı nedeniyle küresel ısınma ve zararlı sera gazlarının (GHG) emisyonu sorunuyla karşı karşıyadır. İklim değişikliğiyle mücadele için en önemli mekanizmalar, tüm sektörlerde enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Son yıllarda, çok sayıda bilim insanı çeşitli sera tasarımlarını ve yenilenebilir enerji teknolojileriyle enerji verimliliğini artırma olasılığını araştırmaktadır. Bu analizler, enerji verimliliği ve çevre koruma ile yakından ilişkili oldukları için uzun vadeli sürdürülebilirlik programları için çok yararlıdır. Fotovoltaik (PV) teknoloji gibi aktif güneş sistemleri elektrik üretimi için kullanılabilir. Sera iklimlendirme için farklı sistemler kullanılabilir, ancak en iyi çözüm yer altı kaynaklı pompasıdır (GHPS). Çünkü, GHPS yıl boyunca kesintisiz üretim için hem ısıtma hem de soğutma için enerji sağlar. GSHP, fosil yakıt kullanılan geleneksel iklimlendirme sistemleri için iyi bir yedek alternatiftir. Ayrıca, GSHP sadece yenilenebilir enerjiyle çalışabilir. Bu nedenle bu çözüm, elektrik dağıtım şebekesinden uzakta, kırsal alanlarda bulunabilen seralar için uygundur. Bu bildiride, serada enerji tüketiminin en aza indirilmesi, GSHP ve PV ile enerji üretiminin en üst düzeye çıkarılması ve CO₂ emisyonlarının azaltılması incelenmiştir. Seraların GSHP ve PV modüller ile kendi enerji ihtiyaçlarını karşılayabileceği kanıtlanmıştır. Bu modern tarımsal üretim yöntemi, daha yüksek gelirler ve ekonomik bir gelişme olarak tarımın daha fazla bağımsızlığını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sera, İklimlendirme, Güneş enerjisi, Isı pompası

. GİRİŞ

Son yıllarda, özellikle 1950'lerden bu yana, dünya hızlı bir nüfus artışıyla karşı karşıya kalmıştır. Günümüzde dünya nüfusu 8 milyardan fazladır. Küresel nüfus artışının, istikrara kavuşması beklenen 2100 yılında 11 milyara ulaşması öngörülmektedir (UN, 2021). Modern dünya, fosil yakıtların artan kullanımı nedeniyle küresel ısınma ve zararlı sera gazlarının (GHG) emisyonu sorunuyla karşı karşıyadır. İklim değişikliğiyle mücadele için en önemli mekanizmalar, tüm sektörlerde enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır.

Hızlı teknolojik ilerleme ve ekilebilir arazilerin sınırlı kapasitesi nedeniyle, tarım sektöründe enerji tüketimi artmıştır. Tarımda enerji kullanımı, ülkenin gelişmişlik düzeyine ve uygulanan tarımsal uygulamalara bağlıdır. Coğrafi konum da önemli bir rol oynar. Yoksul ve gelişmekte olan ülkelerde enerji bulunabilirliği, modern teknolojilerin düşük kullanımı ve yüksek el emeği kullanımı nedeniyle sınırlamalar vardır. Gelişmiş ülkelerin enerji tüketimini optimize etme, GHG emisyonlarını azaltma ve yenilenebilir enerji teknolojilerini uygulama gibi daha yüksek hedefleri vardır. Tarım sektöründeki enerji tüketimi, gelişmekte olan ülkelerde bile küresel enerji tüketiminin küçük bir payına sahiptir. OECD ülkelerinde, toplam enerji tüketiminin %3-5'lik bir kısmı tarımla ilgilidir; gelişmekte olan ülkelerde ise tarım sektöründeki enerji tüketimi %4-8 aralığındadır (Sims ve Ark., 2011). Birçok çalışmada AB'de tarımda enerji kullanımını araştırılmıştır. Ancak bunlar genellikle belirli koşullar ve ürünlerle sınırlıdır. 2012 yılında, 27 AB ülkesinin "tarım/ormancılık" sektöründeki enerji tüketimi 1.071 PJ veya AB'deki son enerji tüketiminin %2,2'si düzeyindedir (Gołaszewski ve Ark., 2012). Son veriler ve analizler, AB'de tarım sektöründeki yıllık enerji kullanımının 1431 PJ olduğunu ve bunun AB'ndeki toplam enerji tüketiminin %3,7'sine karşılık geldiğini göstermiştir (Eurostat, 2021). Bu enerjinin çoğu yenilenemeyen enerji kaynaklarından gelmektedir. Tarımda enerji doğrudan ve dolaylı olarak kullanılır. Doğrudan enerji kullanımı, ısıtma, soğutma, aydınlatma, elektrikli ekipman, makine, sulama, ulaşım, hasat ve temel çiftlik uygulamaları için tüketilen enerjiyi içerir. Dolaylı enerji kullanımı, tarımsal üretim için gerekli girdiler (gübreler, tarım ilaçları, tohum) için kullanılan enerjiyi ifade eder (Majeed ve Ark., 2023).

Günümüzdeki modern tarımsal üretim, çiçeklerin, sebzelerin ve diğer tarımsal ürünlerin iç mekanda yetiştirilmesi için yaygın olarak kullanılan seralara dayanmaktadır. Seralar, bitkileri kontrollü bir ortamda, rüzgardan, yağmurdan, kardan ve uygunsuz koşullardan koruyarak, mevsim dışında büyüyen daha kaliteli ürünler üretmek üzere tasarlanmıştır. Toplam enerji tüketimindeki küçük paylarına rağmen, seralarda önemli düzeylerde enerji tüketilir. Seralarda enerji verimliliği ve GHG emisyonları, yenilenebilir enerji teknolojileri kullanılarak önemli ölçüde iyileştirilebilir. Bu durumda, tarım sektörünün fosil yakıtlara olan bağımlılığı da azaltılmış olur. Seralarda güneş enerjisi teknolojisinin uygulanması, enerji kaynakları için yeterli bir ikame olabilir. Çünkü güneş enerjisi teknolojisi, düşük GHG emisyonlarıyla tükenmez ve temiz enerji sağlar.

Güneş seraları, güneşli günlerde güneş enerjisini (pasif veya aktif güneş sistemleriyle) toplamak ve gece veya bulutlu dönemlerde kullanılmak üzere ısıyı depolamak için tasarlanır. Güneş seralarının güneş enerjisinin maksimum potansiyelini öncelikle ısıtma için ancak aynı zamanda aydınlatma için de kullandığı söylenebilir. Bu sera tipi, güney yönlü cam çatıya sahip tek eğimli bir seradır. Kuzey yönlü çatı ve yan duvarlar ısı yalıtımlıdır ve farklı yapılardan yapılmıştır (Liu ve Ark., 2024). Fotovoltaik (PV) teknoloji gibi aktif güneş sistemleri elektrik üretimi için kullanılabilir. Sera iklimlendirme için farklı sistemler kullanılabilir, ancak en iyi çözüm yer altı pompasıdır (GHPS). Çünkü, GHPS yıl boyunca kesintisiz üretim için hem ısıtma hem de soğutma için enerji sağlar. Havalandırma sistemi, seradaki aşırı ısınmayı ve bağıl hava nemini düzenler. İlk sera enerjisi analizleri, petrol krizi ve artan enerji fiyatlarının ardından 1970'lerde, alternatif enerji çözümleri arayışının başladığı dönemde gerçekleştirilmiştir (Behroozeh ve Ak., 2022). Son yıllarda, çok sayıda bilim insanı çeşitli sera tasarımlarını ve yenilenebilir enerji teknolojileriyle enerji verimliliğini artırma olasılığını araştırmaktadır. Bu analizler, enerji

verimliliği ve çevre koruma ile yakından ilişkili oldukları için uzun vadeli sürdürülebilirlik programları için çok yararlıdır.

Seralarda fotovoltaiik uygulama ve farklı parametrelerdeki değişiklikler yoluyla sera enerji verimliliğinin iyileştirilmesi çok sayıda araştırma ve analizin konusu olmuştur. Dragicevic (2011), Belgrat şehrinde toplanan güneş enerjisi miktarını en üst düzeye çıkarmak için farklı iklim koşulları için bir seranın optimum yönelimini analiz etmiştir. Güneş serası şeklinin enerji davranışı ve ısı iletkenliği üzerindeki etkisi Mobtaker ve Ark. (2019) tarafından araştırılmıştır. Bazgaou ve Ark. (2023), TRNSYS’de farklı seraları (çeşitli cam türleri) modellemiş ve çift cam kullanılarak belirli miktarda ısıtma/soğutma enerjisinden tasarruf edilebileceğini bildirmiştir. Hassanien ve Ark. (2016), seralardaki güneş enerjisi uygulamalarının (soğutma, ısıtma ve aydınlatma için) ve PV teknoloji ile enerji üretimini incelemişlerdir. Aynı konu Gorjian ve Ark (2021) tarafından analiz edilmiştir. Kumar (2022), makalesinde seralarda güneş enerjisi teknolojisi uygulamalarını da değerlendirmiştir. Ana sorunun gölgeleme etkisi olduğu sonucuna varmış ve çevre dostu elektrik üretimi için makul bir çözüm olarak yarı saydam PV teknolojisini önermiştir. Yano ve Cossu (2019), elektrik tüketimi ve bitkiler üzerindeki PV gölgeleme etkilerine dikkat çekerek güneş seralarındaki farklı PV modül uygulamalarının bir incelemesini sunmuştur. Trypanagnostopoulos ve Ark. (2017), farklı PV kurulumlarının (sabit ve güneşi takip eden) seradaki bitki gölgelemesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Gao ve Ark. (2019), güneşi takip eden PV modüllere sahip bir seranın enerji analizlerini gerçekleştirmiş ve güneşi takip etmenin sabit konuma kıyasla enerji üretimini %7,40 oranında artırdığı sonucuna varmışlardır. Cuce ve Ark. (2016) diğer yenilenebilir stratejiler arasında seralardaki PV modülleri de incelemiş ve geleneksel seraya yenilenebilir teknolojiler eklenerek %80 düzeyine ulaşan bir enerji tasarrufu sağlanabileceğini bildirmişlerdir. Fatnassi ve Ark. (2015), PV modülleri (düz çizgi ve dama tahtası şeklinde yerleştirilmiş) içeren iki farklı sera prototipini (simetrik ve asimetrik) CFD modeliyle değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, dama tahtası şeklinde yerleştirilmiş PV’li sera modelinin daha iyi bir güneş enerjisi dağılımına sahip olduğunu göstermiştir. Bazı araştırmacılar (Hassanien ve Ark., 2018; Roslan ve Ark., 2018), binaya entegre fotovoltaiikler gibi, seralarda modern fotovoltaiik teknolojinin uygulanmasını tartışmışlardır. Bu tür yarı saydam PV hücreler, gelişmiş ısı stabilizasyon nedeniyle çok çekicidir. Fotovoltaiik modüllere sahip modern güneş seralarının geri ödeme süresi Wang ve ark. (2017) tarafından analiz edilmiştir. Çin’deki güneş seralarını araştırmışlar ve geri ödeme süresi 9 yıldan az olarak belirlenmiştir.

Yeraltı kaynaklı ısı pompası (GSHP), geleneksel ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemi (fosil yakıt bazlı) için iyi bir yedek alternatiftir. Ayrıca, GSHP sadece yenilenebilir enerjiyle çalışabilir. Bu nedenle bu çözüm, elektrik dağıtım şebekesinden uzakta, kırsal alanlarda bulunabilen seralar için uygundur. Son birkaç yıldır birçok bilim insanı seralarda ısı pompalarının uygulanmasını araştırmaktadır. Urbanc ve Ark. (2016), iki farklı konum için (Slovenya ve Sırbistan) jeotermal potansiyeli olan sera ısıtması için çözümler sunmuşlardır. Vadiie ve Martin (2012), kapalı bir seradaki enerji akışlarını incelemişlerdir. GSHP’nin gaz yakan bir ısıtma sistemi ve buharlaştırıcı bir soğutma sistemi ile karşılaştırıldığında, sera ısıtma/soğutma için iyi bir seçim olduğu belirtilmiştir. Benli (2013), sera ısıtması için yatay ve dikey GSHP’yi analiz etmiş ve dikey GSHP’nin performansı (COP ve sıcaklık değişimleri) nedeniyle daha iyi bir çözüm olduğu sonucuna varmıştır. Türkiye’deki

ılıman iklim bölgeleri için simülasyonlar yapılmıştır. Noorollahi ve Ark. (2016) İran’da GSHP ve gaz ısıtma sistemine sahip bir seranın sayısal ve ekonomik analizini gerçekleştirmişlerdir. Doğal gazın düşük fiyatı ve GSHP sistemlerinin daha yüksek ilk yatırım maliyetleri nedeniyle, İran’daki GSHP’nin maliyet etkin olmadığı sonucuna varmışlardır. D’Arpa ve Ark. (2016) İtalya’daki seralar için benzer bir analiz gerçekleştirdiler. Yang ve Rhee (2013), yer kaynaklı ısı pompasına sahip Kore serasındaki fazla hava ısı enerjisini değerlendirmişlerdir. Seralar soğuk mevsimde kullanılmış ve maksimum enerji tasarrufu aylık olarak %25,7 olmuştur. Hou ve Ark. (2024) EnergyPlus yazılımını kullanarak GSHP kullanılan bir güneş serasının sayısal simülasyonunu yapmışlardır. Isıtma ve soğutma için sırasıyla, ortalama COP değerleri 4,66 ve 5,35 olarak belirlenmiştir. Zhou ve Ark. (2021) hibrit ısıtma sistemlerini yer altı suyu kaynaklı ısı pompası sistemleri ve fuel oil ısıtıcılarıyla karşılaştırmışlardır. Isı pompaları %36 oranında enerji tasarrufu sağlamış ve CO₂ emisyonlarını %49 oranında azaltmıştır. Russo ve Ark. (2014), bir serada fotovoltaik-jeotermal ısı pompası entegre sistemi için enerji ve çevre analizi gerçekleştirmişlerdir. Geleneksel petrol hava jeneratörleriyle karşılaştırıldığında, enerji geri ödeme süresi 1 yıl ve ısı pompası sistemi için emisyon geri ödeme süresi 2,25 yıl olarak bildirilmiştir. Chahidi ve Ark. (2021). Akdeniz ikliminde GHSP ve PV kullanılan güneş seralarının araştırmışlardır. İtalya, Albenga’da da bulunan güneş seraları, EnergyPlus yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Belirlenen sonuçlar, aynı konumdaki uygun bir sera için deneysel ölçümlerle iyi bir uyum göstermiştir.

Sıfır net enerjili seralar, birden fazla yenilenebilir enerji teknolojisinin eş zamanlı uygulanmasıyla tasarlanabilir. Jiang ve Ark. (2023), Çin’in soğuk iklimindeki güneş seralarını araştırmışlar ve sıfır net enerjili güneş seralarına ulaşma amacıyla enerji optimizasyonu yapmışlardır. PV modüllerin kullanıldığı sera modeli için geri ödeme süresi 5,23 yıl olarak bildirilmiştir. Yıldırım ve Bilir (2017), Akdeniz ikliminde hibrit sistemli (PV ve GSHP) bir serayı değerlendirmişlerdir. Yenilenebilir enerji teknolojileri sera enerjisi tüketimini %86,8’den %104,5’e kadar bir oranda karşılayarak sıfır net enerji serası kavramına ulaşılmıştır. Sun ve Ark. (2016) Çin serasının enerji verimliliğini iyileştirme ve sıfıra yakın enerjili bir güneş serası tasarımı olanaklarını değerlendirmişlerdir. Yeni bir güneş serası tasarımında iç ve dış yalıtım ve bir yer kaynaklı ısı pompası kullanılması dikkate alınmıştır.

Artan sera sayısı, tarımsal üretimdeki artış ve artan enerji tüketimi dikkate alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere, seralar için enerji açısından verimli çözümler bulma ihtiyacı vardır. Bu alandaki önceki araştırmaların incelenmesinden, güneş seralarında PV ve GSHP uygulanmasının büyük miktarda enerji ve CO₂ emisyonundan tasarruf sağlayabileceği sonucuna varılabilir.

Seralarda çeşitli yenilenebilir enerji teknolojilerinin eş zamanlı uygulanmasını analiz ve optimize etmek önemlidir. Tarımda birden fazla yenilenebilir enerji teknolojisinin uygulanmasının araştırıldığı son derece az sayıda çalışma vardır. Bilim insanları esas olarak bu teknolojilerden birinin uygulanması ve enerji tasarrufu olasılığıyla ilgilenmektedirler. Serada enerji tüketiminin en aza indirilmesi, GSHP ve PV ile enerji üretiminin en üst düzeye çıkarılması ve CO₂ emisyonlarının azaltılması konusunda kapsamlı araştırmalar gereklidir. Seraların GSHP ve PV modüller ile kendi enerji ihtiyaçlarını karşılayabileceği kanıtlanmıştır. Bu modernleştirilmiş tarımsal üretim yöntemi, daha yüksek karlara ve ekonomik bir gelişme olarak tarımın daha fazla bağımsızlığını sağlamaktadır. Sürdürülebilir enerji uygulamaları

uygulayarak tarımsal üretimi iyileştirmek isteyen bilim insanları, sera sahipleri, tarım mühendisleri ve tarımdaki paydaşlar için önemlidir.

2. SERA-GÜNEŞ ENERJİSİ-ISI POMPASI ANALİZLERİ

PV dizisi, serada aydınlatma, fanlar ve GSHP çalışması için enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tüketilen elektriği üretir. GSHP, sera ısıtma ve soğutması için yer altında depolanan enerjiyi kullanır.

Sera enerjisi tüketimine ilişkin sonuçlar EnergyPlus simülasyonu ile belirlenebilir. Seranın toplam enerji tüketimi (E_S), ısıtma enerjisi tüketimi (E_H), soğutma enerjisi tüketimi (E_C), aydınlatma için enerji tüketimi (E_L) ve cihazların enerji tüketiminin (E_A) toplamını gösterir:

$$E_S = E_H + E_C + E_L + E_A \dots \dots \dots (1)$$

PV dizi tarafından üretilen enerji (E_{PV}), sera enerji ihtiyaçlarının bir kısmını veya tamamını karşılar. PV dizisi sahip bir seradaki net enerji tüketimi aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$E_{S(net)} = E_S - E_{PV} \dots \dots \dots (2)$$

Net birincil enerji tüketimi ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$E_{S(net)-Prim} = R_{EL}(E_S - E_{PV}) \dots \dots \dots (3)$$

Burada; $R_{EL} = 3,04$ birincil dönüşüm çarpanıdır (Bojic ve Ark., 2011).

Seradaki ısı ve kütle akışı EnergyPlus tarafından hesaplanır (Bojic ve Ark., 2011).

2.1. Optimizasyon Yöntemi

Genopt yazılımının enerji optimizasyonu yöntemi, enerji tüketimini en aza indirerek ve sıfır net enerjili bir sera tasarımıyla optimum azimut açısını ve optimum PV verimliliğini belirlemek için gerçekleştirilmiştir. PV sisteminin ve yer kaynaklı ısı pompasının çalışması nedeniyle, güneş serasında kaçınılan birincil işletimsel enerji tüketimi, farklı bileşenlerden oluşur. İlk bileşen yıllık üretilen enerjiyle ilgilidir. İkinci bileşen, PV sisteminin yapım (dolaylı) enerjisinin yıllık değeriyle ilgilidir ve bu değer, kurulum ve bakımında tüketilen enerji değeriyle artırılır. Üçüncü bileşen, yer kaynaklı ısı pompasının yapım (dolaylı) enerjisinin yıllık değeriyle ilgilidir ve kurulum ve bakımında tüketilen enerji değeriyle artırılır. Yukarıda açıklananlara bağlı olarak, kaçınılan işletimsel birincil enerji tüketimi EPR aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E_{PR} = R_{EL} \times E_{PV} - C_m \times E_{em-PV} \times C_{inst-PV} - C_{m1} \times E_{em-GSHP} \times C_{inst-GSHP} \dots \dots \dots (4)$$

Burada:

E_{PV}	= PV sistem tarafından yıllık üretilen enerji (J),
E_{em-PV}	= PV dizinin yapım enerjisi (J),
C_m	= $1/LC$. LC = PV dizinin kullanım süresi (yıl),
$C_{inst-PV}$	= PV sistemin tüm yaşam döngüsü boyunca kurulum ve bakım katsayısı,
$E_{em-GSHP}$	= Yer kaynaklı ısı pompasının yapım enerjisi (J),
$C_{inst-GSHP}$	= GSHP için tüm yaşam döngüsü boyunca kurulum ve bakım katsayısı ve
C_{m1}	= $1/LC_1$. LC_1 , yer kaynaklı ısı pompasının yaşam döngüsüdür (yıl).

PV dizinin yaşam döngüsü 20 yıl, PV dizisinin yapım enerjisi ise 3,75 GJ/m² olarak dikkate alınabilir (Alsema, 2000). Yer kaynaklı ısı pompasının yaşam döngüsü 15 yıl, yapım enerjisi ise 0,6 GJ olarak dikkate alınabilir (Finnegan ve Ark., 2018).

EnergyPlus, nesnenin güneş ışınımı modelindeki konumunu tanımlamak için ekvatorial ve ufuk koordinat sistemlerini kullanır. Bu sistemlerde koordinatlar azimut (Azimut açısı), sapma, güneş yüksekliği ve saat açısıdır. *Azimut açısı*, PV modülün güneye göre konumunu belirler. PV dizinin dikey düzlemi ile güney yönü arasındaki açıdır. *Azimut açısı*, PV modül güneye dönük olduğunda 0°'dir, PV dizi batıya baktığında pozitif, PV modül doğuya baktığında ise negatiftir. Matematiksel modeldeki *Azimut açısı* (A), aşağıdaki eşitliklerle belirlenir:

$$\sin A = -\frac{\sin t \cos \delta}{\cos \beta} \dots\dots\dots(5)$$

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin \beta \sin \phi}{\cos \beta \cos \phi} \dots\dots\dots(6)$$

Burada:

- t = saat açısı (rad),
- β = eğim açısı (rad),
- δ = sapma (rad) ve
- φ = güneş yüksekliğidir (rad).

EnergyPlus, kendi algoritmasında daha fazla hesaplama için Eşitlik (5) ve (6)'yı Kartezyen koordinatlara dönüştürür. Bir güneş serasında minimum enerji tüketimi sağlamak için *Azimut açısının* optimum değeri belirlenmelidir. Bu durumda, seranın birincil enerji tüketimi en aza indirilecektir (Nicolic ve Ark., 2025).

Seranın optimum konumu tanımlandıktan sonra, enerji optimizasyonu sürecinde PV modül verimliliği optimize edilir. Bu değer, PV dizisi tarafından üretilen enerjiye dayanmaktadır. *Azimut açısının* optimum değerleri ve PV dizisinin optimum hücre verimliliği ile sıfır net enerjili bir sera tasarımlanabilir (Nicolic ve Ark., 2025)..

2.2. Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Çevresel Analizi

Yenilenebilir enerji sistemleri, elektrik ve ısıtma/soğutma için enerji üretirken atmosfere bir miktar karbondioksit (CO₂) yayar. Bu sistemlerin çevre üzerinde minimum zararlı etkisi vardır ve CO₂ emisyonları aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$E_{CO_2} = E_{CO_2-PV} + E_{CO_2-GSHP} \dots\dots\dots(7)$$

Burada:

- E_{CO_2} = Yenilenebilir enerji sistemlerinden toplam CO₂ emisyonu (kg CO₂/yıl),
- E_{CO_2-PV} = PV dizisinden CO₂ emisyonu (kg CO₂/yıl) ve
- E_{CO_2-GSHP} = Yeraltı kaynaklı ısı pompasından CO₂ emisyonudur (kg CO₂/yıl).

Fotovoltaik diziden CO₂ emisyonu, üretilen elektriğin kWh'i başına 50 g CO₂'dir (NREL, 2024), yeden kaynaklı ısı pompasından CO₂ emisyonu ise üretilen enerjinin kWh'i başına 250 g CO₂'dir (Ahmadi ve Ark., 2017).

Toplam CO₂ emisyonu, kurulu PV dizi ve yeraltı kaynaklı ısı pompası CO₂ emisyonlarının ve analiz edilen sistemlerin (PV ve GSHP) üretimi sırasında yayılan dolaylı CO₂ emisyonlarının toplamına eşittir:

$$E_{CO_2-Top} = E_{CO_2} + E_{CO_2-PV-dolaylı} + E_{CO_2-GSHP-dolaylı} \dots \dots \dots (8)$$

Burada:

- E_{CO_2-Top} = Yenilenebilir enerji sistemlerinden kaynaklanan toplam CO₂ emisyonu (kg CO₂/yıl),
 $E_{CO_2-PV-dolaylı}$ = PV sistemin üretimi ile ilişkili CO₂ emisyonu (kg CO₂/yıl),
(kg CO₂/yıl) ve
 $E_{CO_2-GSHP-dolaylı}$ = Yeraltı kaynaklı ısı pompasının üretimi ile ilişkili CO₂ emisyonudur (kg CO₂/yıl).

Şebekeye bağlı PV sistemler (Güney Avrupa bölgeleri) için dolaylı CO₂ emisyonu üretilen elektriğin kWh'ı başına 35 g CO₂ iken (CAT, 2024), GSHP'nin dolaylı CO₂ emisyonu üretilen enerjinin kWh'ı başına 150 g CO₂'dir (Finnegan ve Ark., 2018). GSHP ve PV kullanılan güneş serasındaki CO₂'den kaçınılan emisyonlar, sera ısıtma ve soğutma için kullanılan elektrik için hesaplanır. Türkiye'de 2023 yılı için 1 MWh brüt elektrik üretimi başına ortalama 0,442 ton CO₂-eş sera gazı emisyonu salınmaktadır (ETKB, 2025).

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

3.1. Fotovoltaik Sistemin Ekonomik Analizi

Fotovoltaik (PV) sistemin ekonomik analizi için, yatırım değeri (I_{PV}), finansal kâr (FP) ve yatırım geri ödeme süresi (IPB), PV pazarındaki geçerli verilere ve üretilen, satılan ve satın alınan enerji için elde edilen sonuçlara bağlı olarak hesaplanır. Yatırım değeri (I_{PV}), PV dizinin maliyetine (I_{PVdizi}), invertörün yatırım maliyetine (I_{inv}) ve PV dizinin ve invertörün montaj maliyetine (P_{montaj}) bağlıdır. P_{montaj} , PV dizinin ve invertörün yatırım maliyetine eklenen yüzdelik bir değerdir.

$$I_{PV} = (1 + P_{montaj}) \times (I_{PVdizi} + I_{inv}) \dots \dots \dots (9)$$

PV dizi ve invertör için yatırım maliyetleri, analiz edilen PV dizinin ortalama fiyatını içerir. Monokristal hücrelerden oluşan ve verimi %20 olan PV modül için yatırım maliyeti 0,1 €/W_p düzeyindedir. Yatırım I_{PV} değerinin hesaplanmasında, bu değer üretilen elektrikle (W biriminden) çarpılır). Güneş enerjisi invertörünün ortalama fiyatı 1400 € değerindedir (Nicolic ve Ark., 2025).

Bu durumda finansal kâr (FP , €/yıl), şebekeye satılan ve satın alınan elektrik, fiyatlarına ve PV sisteminin yıllık giderine bağlıdır. FP aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$FP = E_{satılan} \times P_{satılan} - E_{alınan} \times P_{alınan} - R_{PV} \dots \dots \dots (10)$$

Burada:

- $E_{satılan}$ = PV sistem tarafından üretilen ve şebekeye satılan fazla elektrik, (kWh),
 $E_{alınan}$ = Şebekeden satın alınan elektrik (kWh),
 $P_{satılan}$ = PV sistem tarafından üretilen ve şebekeye fazlalık olarak satılan enerjinin fiyatı (besleme tarifesi) (€/kWh),
 $P_{alınan}$ = şebekeden satın alınan enerjinin fiyatı (€/kWh) ve

R_{PV}

PV sistemin yıllık gideridir (€).

Sonuç olarak, yatırım geri ödeme süresi yatırım değerinin finansal kâra oranı olarak tanımlanır:

$$IPB = \frac{I_{PV}}{FP} \dots\dots\dots(11)$$

3.2. GSHP İçin Ekonomik Analiz

GSHP, ısıtma ve soğutma için çevresel olarak sürdürülebilir ve enerji açısından verimli bir çözüm sunar. Yeraltının sabit sıcaklığından faydalanabilir ve bu da onu ısı konfor ve ekonomi için güvenilir bir seçim haline getirir. GSHP'nin ekonomik değerlendirmesi için, gerekli ısı yükü (ısıtma ve soğutma) göre en uygun şekilde tasarlanmış GSHP'yi seçmek çok önemlidir. GSHP'nin ekonomik analizi, başlangıç ve işletme maliyetlerini içerir. GSHP'nin başlangıç maliyetlerini belirlemek için enerji ihtiyaçlarını, GSHP türünü ve kurulum maliyetlerini dikkate almak gerekir. Genellikle, kurulum maliyetleri hendek açma (yatay döngüler için) veya delme (dikey döngüler için) ve toprak döngüsünün ısı pompasına bağlanmasını (borular, hidrolik sistem, otomatik kontrol sistemi) içerir. Radyatörler veya kanallar gibi ek bileşenler sıklıkla gereklidir. GSHP sistemi pompa, gerekli ısıtma/soğutma yüküne ve piyasadaki en uygun fiyata göre seçilecektir. GSHP'nin işletme maliyetleri, yerel enerji (elektrik) fiyatı, sistem verimliliği, bakım maliyetleri ve pompa işletme maliyetleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarım sektöründe enerji tasarrufu için önemli bir potansiyel vardır. Bu durum, özellikle fosil yakıt kullanımını ve GHG emisyonlarını azaltma bakımından önemlidir. Serada yerden ısıtma gibi düşük sıcaklıklı bir ısıtma sistemi uygulanırsa, enerji ve finansal tasarruflar daha fazla olabilir. Çevresel yönleri analiz ederken, optimizasyon rutinleri aracılığıyla kaçınılan birincil enerji ve emisyon tasarruflarını en üst düzeye çıkarmak için daha yüksek PV modül verimliliğine sahip PV sistemlerin kurulumunu araştırmak mümkündür. Ayrıca, finansal karı en üst düzeye çıkarmak için ekonomik optimizasyona yönelik daha fazla araştırma yapılabilir. Geri ödeme süresini azaltmak için daha düşük yatırım maliyetli çözümler düşünülebilir. Yenilenebilir enerji teknolojileri alanındaki genel eğilim, maliyetlerini azaltmak ve verimliliklerini artırmaktır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarım alanında artan uygulaması tamamen haklıdır. Çünkü, bu teknolojiler daha iyi ürün verimleri ve kontrollü koşullarda büyümelerini sağlar.

KAYNAKÇA

- [1] Ahmadi, M.H.; Ahmadi, M.A.; Seyyedsadaghiani, M.; Ghazvini, M.; Shahriar, S.; Puia, A. Ground source heat pump carbon emissions and ground-source heat pump systems for heating and cooling of buildings: A review. Environ. Prog. Sustain. Energy 2017, 37, 1241–1265.
- [2] Alsema, E.A.; Nieuwlaar, E. Energy viability of photovoltaic systems. Energy Policy 2000, 28, 999–1010.

- [3] Alsema, E.A. Energy pay-back time and CO₂ emissions of PV systems. *Prog. Photovolt. Res. Appl.* 2000, 8, 17–25.
- [4] Bazgaou, A.; Aqili, N.; Benahmed, A.; Ibaaz, K.; Oubenmoh, S.; Er-Raki, M.; Belhorma, B.; Amenouz, N.; Saadaoui, A.; Hartiti, B. Optimizing greenhouse design: Effect of argon double glazing on climatic factors distribution and energy savings. *Sol. Energy* 2023, 265, 112145.
- [5] Behroozeh, S.; Hayati, D.; Karami, E. Determining and validating criteria to measure energy consumption sustainability in agricultural greenhouses. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2022, 185, 122077.
- [6] Benli, H. A performance comparison between a horizontal source and a vertical source heat pump systems for a greenhouse heating in the mild climate Elazig, Turkey. *Appl. Therm. Eng.* 2013, 50, 197–206.
- [7] Bojic, M.; Nikolic, N.; Nikolic, D.; Skerlic, J.; Miletic, I. A simulation appraisal of performance of different HVAC systems in an office building. *Energy Build.* 2011, 43, 1207–1215.
- [8] CAT (2024) The British Centre for Alternative Technology
- [9] Chahidi, O.L.; Fossa, M.; Priarone, A.; Mechaqrane, A. Greenhouse cultivation in Mediterranean climate: Dynamic energy analysis and experimental validation. *Therm. Sci. Eng. Prog.* 2021, 26, 101102.
- [10] Cuce, E.; Harjunowibowo, D.; Cuce, P.M. Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 64, 34–59.
- [11] D'Arpa, S.; Colangelo, G.; Starace, G.; Petrosillo, I.; Bruno, D.E.; Uricchio, V.; Zurlini, G. Heating requirements in greenhouse farming in southern Italy: Evaluation of ground-source heat pump utilization compared to traditional heating systems. *Energy Effic.* 2016, 9, 1065–1085.
- [12] Dragicevic, S. Determining the optimum orientation of a greenhouse on the basis of the total solar radiation availability. *Therm. Sci.* 2011, 15, 215–221.
- [13] Eurostat. *Agri-Environmental Indicator—Energy Use*. 2021.
- [14] Fatnassi, H.; Ponceta, C.; Bazzano, M.M.; Bruna, R.; Bertin, N. A numerical simulation of the photovoltaic greenhouse microclimate. *Sol. Energy* 2015, 120, 575–584.
- [15] Finnegan, S.; Jones, C.; Sharples, S. The embodied CO₂e of sustainable energy technologies used in buildings: A review article. *Energy Build.* 2018, 181, 50–61.
- [16] Gołaszewski, J.; Visser, C.; Brodziński, Z.; Myhan, R.; Olba-Zięty, E.; Stolarski, M.J.; Buissonje, F.; Ellen, H.H.; Stanghellini, C.; van der Voort, M.M.; et al. State of the Art of Energy Efficiency in Agriculture, Report of the FP7 project 289139, 2012.
- [17] Gao, Y.; Dong, J.; Isabella, O.; Santbergen, R.; Tan, H.; Zeman, M.; Zhang, G. Modeling and analyses of energy performances of photovoltaic greenhouses with sun-tracking functionality. *Appl. Energy* 2019, 233–234, 424–442.
- [18] Gorjian, S.; Calise, F.; Kant, K.; Ahamed, M.S.; Copertaro, B.; Najafi, G.; Zhang, X.; Aghaei, M.; Shamshiri, R.R. A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. *J. Clean. Prod.* 2021, 285, 124807.

- [19] Hassanien, R.H.E.; Li, M.; Lin,W.D. Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 54, 989–1001.
- [20] Hassanien, R.H.E.; Li, M.; Yin, F. The integration of semitransparent photovoltaics on greenhouse roof for energy and plant production. *Renew. Energy* 2018, 121, 377–388.
- [21] Jiang, W.; Jin, Y.; Liu, G.; Ju, Z.; Arıcı, M.; Li, D.; Guo, W. Net-zero energy optimization of solar greenhouses in severe cold climate using passive insulation and photovoltaic. *J. Clean. Prod.* 2023, 402, 136770.
- [22] Kumar, M.; Haillot, D.; Gibout, S. Survey and evaluation of solar technologies for agricultural greenhouse application. *Sol. Energy* 2022, 232, 18–34.
- [23] Liu, G.; Jiang,W.; Ma, L.; Jin, Y.; Guo,W.; Li, Q.; Lib, D. Research on energy-saving renovation of solar greenhouses based on multiple factors and multiple objectives. *J. Clean. Prod.* 2024, 434, 140239.
- [24] Majeed, Y.; Khan, M.U.; Waseem, M.; Zahid, U.; Mahmood, F.; Majeed, F.; Sultan, M.; Raza, A. Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Rep.* 2023, 10, 344–359.
- [25] Mobtaker, H.G.; Ajabshirchi, Y.; Ranjbar, S.F.; Matloobi, M. Simulation of thermal performance of solar greenhouse in north-west of Iran: An experimental validation. *Renew. Energy* 2019, 135, 88–97.
- [26] Nikolic, D.; Jovanovic, S.; Jurišević, N.; Nikolic, N.; Radulovic, J.; Velemir Radovic, M.; Grujic, I. Sustainable Design in Agriculture—Energy Optimization of Solar Greenhouses with Renewable Energy Technologies. *Energies* 2025, 18, 416. <https://doi.org/10.3390/en18020416>.
- [27] Noorollahi, Y.; Bigdelou, P.; Pourfayaz, F.; Yousefi, H. Numerical modeling and economic analysis of a ground source heat pump for supplying energy for a greenhouse in Alborz province, Iran. *J. Clean. Prod.* 2016, 131, 145–154.
- [28] NREL, (2024). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Solar Photovoltaics.
- [29] Roslan, N.; Yaacob, M.E.; Radzi, M.A.M.; Hashimoto, Y.; Jamaludin, D.; Chen, G. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) greenhouse shading: New insights for solar radiation manipulation. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 92, 171–186.
- [30] Russo, G.; Verdiani, A.S.A.G.; Mugnozza, G.S. Environmental analysis of geothermal heat pump and LPG greenhouse heating systems. *Biosyst. Eng.* 2014, 127, 11–23.
- [31] Sims, R.; Mercado, P.; Krewitt, W.; Bhuyan, G.; Flynn, D.; Holttinen, H.; Jannuzzi, G.; Khennas, S.; Liu, Y.; O'Malley, M.; et al. *Integration of Renewable Energy into Present and Future Energy Systems*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2011.
- [32] Sun, S.; Yhan, C.; Yang, G.; Yu, Y. Research on A New Technology Integrated Low-cost, Near-zero-energy Solar Greenhouse. *Procedia Eng.* 2016, 145, 188–195.
- [33] Trypanagnostopoulos, G.; Kavga, A.; Souliotis, M.; Tripanagnostopoulos, Y. Greenhouse performance results for roof installed photovoltaics. *Renew. Energy* 2017, 111, 724–731.
- [34] UN (2021).United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *Global Population Growth and Sustainable Development*; United Nations: New York, NY, USA, 2021; ISBN 978-92-1-1483505.

- [35] Urbanc, D.; Trop, P.; Goricanec, D. Geothermal heat potential—The source for heating greenhouses in south-eastern Europe. *Therm. Sci.* 2016, 20, 1061–1071.
- [36] Vadiie, A.; Martin, V. Energy management in horticultural applications through the closed greenhouse concept, state of the art. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012, 16, 5087–5100.
- [37] Wang, T.; Wu, G.; Chen, J.; Cui, P.; Chen, Z.; Yan, Y.; Zhang, Y.; Li, M.; Niu, D.; Li, B.; et al. Integration of solar technology to modern greenhouse in China: Current status, challenges and prospect. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017, 70, 1178–1188.
- [38] Yang, S.H.; Rhee, J.Y. Utilization and performance evaluation of a surplus air heat pump system for greenhouse cooling and heating. *Appl. Energy* 2013, 105, 244–251.
- [39] Yano, A.; Cossu, M. Energy sustainable greenhouse crop cultivation using photovoltaic technologies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2019, 09, 116–167.
- [40] Yildirim, N.; Bilir, L. Evaluation of a hybrid system for a nearly zero-energy greenhouse. *Energy Convers. Manag.* 2017, 148, 1278–1290.
- [41] Zhou, M.; Cai, F.; Uenishi, M.; Sekine, Y. Performance evaluation of a hybrid heating system combined a groundwater source heat pump with an existing fuel oil heater for a horticultural greenhouse. *Int. J. Green Energy* 2021, 19, 1404–1414.

TARIMSAL ÜRETİMDE ENERJİ YÖNETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİNİN ÖNEMİ

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

Arş. Gör. Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Iğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

ÖZET

Dünya genelindeki genel ekonomi düşünüldüğünde, tarımsal üretim büyük önem taşımaktadır. Gübre üretiminden ekim ve hasat için traktörlerin yakıt ikmallerine kadar, üretimin her aşamasında enerji gereklidir. Yüksek enerji fiyatları ve öngörülemeyen enerji piyasası, enerji maliyetlerini önemli ölçüde etkiler. Bu bildiride, yenilenebilir enerji teknolojilerine odaklanarak, tarımsal uygulamalara güç sağlamak için kullanılabilecek alternatif enerji kaynakları incelenmektedir. Enerji verimliliği yöntemleri, doğru şekilde uygulandığında ve çiftliklerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, tarımsal üreticilerin enerjiyle ilgili maliyetlerden tasarruf etmelerine yardımcı olabilir. Güneş, biyokütle, rüzgar ve jeotermal enerji biçimindeki yenilenebilir enerji kaynakları tarım sektöründe bol miktarda mevcuttur. Tarımda verimli enerji yönetimi için alternatif bir enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak öncelikli bir gereksinimdir. Tarım sektöründe yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılmasıyla ilişkili potansiyel faydaları, zorlukları ve fırsatları tartışılmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarına ve enerji yönetimindeki uygulanabilirliğine ilişkin kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır. Her bir seçenekle ilişkili faydaları ve potansiyel zorlukları vurgulayarak, sektörde sürdürülebilir enerji uygulamalarına geçişi hedefleyen tarımsal paydaşlar ve araştırmacılar için önemli öngörüler yapılmıştır. Sonuç olarak, tarımda enerji yönetimi için alternatif enerji kaynaklarına geçiş, sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltma, enerji verimliliğini artırma ve gıda üretiminde sürdürülebilirliği teşvik etme açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak, başarılı uygulamalar, çiftçiler ve paydaşlar arasında bilgi paylaşımı ve kapasite oluşturmaya teşvik ederken teknik, ekonomik ve politik engelleri de dikkate almayı gerektirir.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Enerji yönetimi, Yenilenebilir enerji.

1. GİRİŞ

Enerji, gıda zincirinden çeşitli ekonomik faaliyetlerin gerçekleştirilmesine kadar geçen süreçte temel insan ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir girdidir. Bu faaliyetler, evsel kullanım (aydınlatma, soğutma/ısıtma, gıda hazırlama ve koruma), tarım (arazi hazırlama, sulama, ekim, gübreleme, hasat ve taşıma için kullanılan alet ve makinalar) ve ticari faaliyetler (taşımacılık,

inşaat/yapım ve fabrika işletme) gibi günlük yaşamın her yönünü kapsar. Tarım sektöründe, gıda üretimiyle ilişkili zorlukları değerlendirmek için enerji çok önemlidir. Sulama için su pompalamak, ekim, yabancı ot temizleme, gübreleme, ilaçlama ve hasat gibi tarımsal üretimin farklı aşamalarında kullanılan makinaları çalıştırmak, ürünleri taşımak soğutmak ve kurutmak veya işlemek için enerjiye ihtiyaç vardır. Enerji talebi ve ekonomi arasındaki dengeyi benimsemek ve sürdürmek, sürdürülebilir tarım hedeflerinde önemli bir rol oynar. Dünyadaki birçok az gelişmiş ülke, iklim değişikliği koşullarında temiz su, gıda ve alternatif enerji kaynaklarına yönelik artan taleplerle başa çıkmaktadır. Yüksek nüfus artışı, ekonomik ve teknolojik gelişme, kentleşme ve iklim değişikliği nedeniyle enerji talebi de hızla artmaktadır. 2035 yılına kadar dünyadaki enerji talebinin %50 oranında artacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2010). Enerji talebindeki bu artış, çeşitli tarımsal faaliyetler için yüksek enerji talebi nedeniyle, tarım sektörünü doğrudan etkileyecek olan elektrik fiyatlarını artıracaktır. Tarımdan gıda üretiminin bu yüksek girdi maliyeti, artan gıda fiyatlarına, yoksulluk ve açlığa neden olacak ve özellikle az gelişmiş ülkelerde gıda güvenliğini tehdit edecektir (Waseem ve Ark., 2022). Tarımda enerji kullanımının yoğunlaşması ve yüksek girdi maliyeti, yenilenebilir kaynakların ve daha etkin enerji yönetimi uygulamalarının yaygınlaşmasıyla azaltılabilir.

Tarımsal uygulamalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesi, ekolojik tarım hedefleri için enerji kullanımının, gıda güvenliğinin ve çevresel değişimin iyileştirilmesiyle sonuçlanacaktır. Küresel ölçekte, tarımdaki enerji zorlukları, gelişme düzeyine, coğrafi konuma ve tarımsal uygulamalara bağlı olarak değişmektedir. Gelişmekte olan ülkeler, sınırlı altyapı, modern teknolojilere yetersiz erişim ve el emeğine daha fazla bağımlılık nedeniyle, genellikle daha önemli enerji kısıtlamalarıyla karşı karşıyadır. Buna karşılık, gelişmiş ülkeler enerji kullanımını optimize etme, emisyonları azaltma ve yenilenebilir enerji çözümlerini entegre etme konusunda sorunlar yaşamaktadır. Güvenilir ve çevre dostu yenilenebilir enerji alternatiflerine ulaşmak için, enerji sektörünün yenilenebilir kaynakları benimseyerek kapsamlı bir dönüşüme ihtiyacı vardır. Tarımdaki bazı önemli enerji sorunları ve zorlukları, zayıf kırsal altyapı, sınırlı biyokütle kullanımı, yoğun fosil yakıt bağımlılığı, sulama için enerjiye yoğun bağımlılık ve modern enerjiye sınırlı erişimdir. Birleşmiş Milletler'in sürdürülebilir enerji hedeflerine dayanarak, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kullanımını iki katına çıkarılması gerekmektedir (Griggs ve Ark., 2013). Bu hedefe ulaşmak için araştırmaların ayrıca gıda, su ve enerji bağlantısına ve yenilenebilir enerjinin bu sektörler üzerindeki genişlemesinin etkisine odaklanması gerekir. Tarımda yenilenebilir enerji kullanımı, bu sektörlerle ayrı ayrı odaklanılmasına ve değerlendirilmesine yardımcı olacaktır. Enerji ve gıda talebi doğrudan nüfus artışına ve iklim değişikliklerine bağlıdır. Tarımda yenilenebilir enerjinin kullanımı ve verimli enerji yönetimi uygulamaları, şebeke yükünü hafifletmeye ve gıda güvenliği sorunlarını garanti altına alan girdi maliyetlerini azaltmaya yardımcı olacaktır.

Bu bildiride, tarım sektöründe etkin enerji yönetimi için, alternatif enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji, kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Tarımsal faaliyetler için özel olarak tasarlanmış güneş, biyokütle, rüzgar ve jeotermal enerji olmak üzere birden fazla yenilenebilir enerji kaynağının kullanımı değerlendirilmiştir. Tarımda yenilenebilir enerji teknolojilerini benimsemenin potansiyel faydaları vurgulanmış ve bunların uygulanmasıyla ilişkili zorluklar ve fırsatlar belirtilmiştir. Alternatif enerji kaynaklarına ve enerji yönetimindeki uygulanabilirliğine ilişkin kapsamlı bir genel bakış uygulamalarını ilerletmek ve sektörde

sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmekle ilgilenen paydaşlar sunularak sektörde sürdürülebilir enerji uygulamalarına geçiş arayan tarımsal paydaşlar ve araştırmacılar için bazı öngörüler verilmektedir.

2. TARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI

Yenilenebilir enerji kaynaklarının farklı tarımsal uygulamalarda çeşitli uygulamaları vardır. Rüzgar enerjisi, çiftçilerin çiftliklerine güç sağlamak için kullanabilecekleri bir diğer yenilenebilir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisinin bol miktarda bulunduğu alanlarda çiftçiler rüzgar türbinleri kullanarak elektrik üretebilirler. Üretilen bu elektrik, tarımsal faaliyetlerde ve tarım ürünlerinin işlenmesinde kullanılan ağır makinaları çalıştırmak için kullanılabilir. Tarımda bir diğer büyük yenilenebilir enerji kaynağı ise tarımın bol miktarda sahip olduğu biyoenerji kaynağıdır. Çalışmalara göre, tek başına biyoenerji, 2050 yılına kadar tüm dünyanın enerji ihtiyacının yaklaşık %30-40 arasında değişen bir oranını karşılayabilir (Holm-Nielsen ve Ark., 2006). Biyoenerji için ihtiyaç duyulan hammadde, tarım, gıda, hayvancılık ve katı belediye atıkları şeklinde tarım sektöründe fazla ve ucuz olarak mevcuttur. Tarımda biyolojik atıkların kullanımı, daha sonra elektrik üretmek için kullanılabilen biyogaz üretmeye yardımcı olabilir. Ayrıca, biyolojik atıklar ticari gübrelere olan yoğun bağımlılığı azaltmak için gübre olarak kullanılabilir. Tarımda halihazırda mevcut olan yenilenebilir kaynakları etkili bir şekilde kullanmanın yanı sıra, elektrik tasarrufu uygulamalarını sürdürmek de tarım için girdi maliyetini azaltmaya yardımcı olabilir. Örneğin, eski ve fazla elektrik tüketen cihazları (lambalar, motorlar, pompalar, vb.) en son enerji verimli cihazlarla değiştirmek de elektrik tasarrufuna yardımcı olabilir. Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının bu şekilde verimli bir şekilde kullanılması, enerji verimli yönetim uygulamalarıyla birleştiğinde sürdürülebilir tarım hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olabilir.

Günümüzde, yenilenebilir kaynaklar enerji ihtiyaçlarını karşılamak için farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarımda yenilenebilir enerji, ürünlerin raf ömrünü uzatmak amacıyla ürün kurutmak ve sulama için su pompalamak için kullanılabilir. Azalan fosil yakıt rezervleri, artan maliyetler, olumsuz çevresel etkiler vb. gibi fosil yakıtlara olan bağımlılığımızın bir sonucu olarak ortaya çıkan sorunları azaltabilir. Tarımda yenilenebilir enerji kullanımı bu sorunların üstesinden gelmeye yardımcı olacak ve bu durum uzun vadede tarım için daha yüksek karlara ve daha fazla bağımsızlığa yol açacaktır. Dahası, bu yenilenebilir enerji kaynakları doğal kaynakların hiçbirini tüketmeden daha uzun süre kullanılabilir. Bu durum, tarım sektörünün enerji güvenliğine önemli ölçüde yardımcı olacaktır. Aşağıdaki bölümlerde, biyoenerji, rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal üretim amacıyla kullanımı açıklanmaktadır.

2.1. Güneş Enerjisi

Günümüzde tarımsal işletmelerde kullanılan teknoloji, geçmişte kullanılan teknolojiden farklıdır. Tarım işletmeleri, normalde mevcut fosil yakıtlarla üretilen tarım araçlarını ve çeşitli alet/makinaları çalıştırmak için sürekli bir enerji tedarikine ihtiyaç duyar. Teknolojinin ilerlemesi ve nüfusun artması nedeniyle, enerjiye olan talebin sürekli artması, geleneksel fosil yakıtların endişe verici bir oranda tükenmesine neden olmuştur. Bu nedenle bilim insanları ve

araştırmacılar, sürdürülebilir tarımı başarmak için yeni alternatif yenilenebilir enerji kaynakları araştırmaya yönelmişlerdir. Bu durum, ürün verimliliğini en üst düzeye çıkarmayacak, aynı zamanda çevresel etkileri de azaltacaktır. Güneş enerjisinin dünyanın her yerinde kolayca bulunabildiği birçok alternatif yenilenebilir enerji kaynağı arasında öne çıktığı görülmektedir. Mevcut tarımsal uygulamalar da sera gazlarının (GHG) bir nedenidir. Güneş enerjisinden yararlanmak, GHG emisyonlarını engelleyerek gelişmekte olan ülkelerin bu kaynağı kullanmasını sağlamaktadır. Tarım işletmelerinde, sulama için pompalama, ısıtma, tarımsal ürünlerin kurutulması veya katma değeri, seracılık ve havalandırma gibi çeşitli amaçlar için güneş enerjisi kullanılabilir. Böylece, çevre üzerindeki zararlı etkiler azaltılır. Güneş enerjisini soğutan çeşitli cihazlar tarımsal uygulamalar için kullanılmaktadır. Bol miktarda bulunan güneş enerjisinden yararlanmak ve güneş enerjisinden elektrik üretmek etmek için; güneş enerjisiyle ısıtma sistemleri ve fotovoltaik (PV) sistemler olmak üzere yaygın olarak iki yöntem kullanılır: Güneş ışınları, yarı iletkenler kullanılarak PV sistemlerde doğrudan elektriğe dönüştürülür. Ancak, mevcut durumları verimlilik açısından daha fazla araştırma gerektirmektedir.

Hızla büyüyen yenilenebilir enerji tabanlı bir yöntem olan fotovoltaik (PV) güneş enerjisi teknolojisi, fotovoltaik-termal (PV-T) sistemlerin kullanımı yoluyla tarımda hem elektrik hem de ısı gereksinimlerini karşılayabildiğinden, tarımsal faaliyetleri sürdürülebilir bir şekilde güçlendirmek için potansiyel olarak uygulanabilir bir alternatif sunmaktadır. Büyük ölçekli, merkezi konumlu PV güç santralleri daha pratik olsa da (finansal ve teknik olarak), yetiştirme veya seralar ve küçük ölçekli uzaktan erişim çiftlikleri gibi yetiştirme sistemlerinde dağıtılmış PV sistemleri tercih edilmektedir. Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları, ekonomi ve çevresel açılardan yararlı olacak şekilde çiftlik araçlarına güç sağlamak için kullanılabilir.

2.1.1. Sulamada Güneş Enerjisi Kullanımı

Ürün kalitesinin artması büyük ölçüde uygulanan suyun sulanan ürünlerdeki "yaş kütle" miktarını önemli ölçüde artırmasına bağlanabilir. Ürünleri canlı tutmak için sulama amacıyla ihtiyaç duyulan su miktarı son yıllarda artmıştır. Dünya nüfusu hızla artarken ve kentleşme ilerledikçe, su yönetimi önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Güneş enerjili su pompalama üniteleri kullanılarak yapılan sulama, Hindistan ve Bangladeş gibi gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak uygulanmaktadır. Toprağın su kaldırma özellikleri ve suyu uygulama alanlarına eşit şekilde dağıtma yeteneği nedeniyle, güneş enerjili pompalama sistemleri kırsal alanlarda düşük yükseltilere su iletimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sulama, Bangladeş'te güneş enerjili sulama pompalarının kullanımının yaklaşık %35'ini oluşturmaktadır (Hossain ve Ark., 2005). Güneş enerjili sulama, su erişimini artırmak, birçok üretim döngüsüne olanak sağlamak ve değişen yağış modellerine karşı direnci artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sulama yapılan arazi alanı büyüdükçe, güneş enerjisiyle sulama kullanımı mevcut ve gelecekteki fosil yakıt tüketiminin yerini alır. Sonuç olarak, çevresel açıdan kirletici olan emisyonlar azalır. Güneş enerjisiyle çalışan su pompalama, şebeke elektriği veya dizel yakıtla çalışan pompalara göre %95 ile %98 oranlarında daha az yaşam döngüsü emisyonuna sahiptir (Majeed ve Ark., 2023). Özellikle güneş enerjisiyle çalışan sulama sistemleri, su pompalama için enerji taleplerinin merkezi olmayan ve ekoloji dostu olarak karşılanmasını sağlar. Gerçekten de, enerji

açısından verimli ve uygun maliyetli güneş enerjisiyle çalışan su pompaları dünyadaki birçok çiftçinin hayatını dönüştürme potansiyeline sahiptir.

PV tabanlı pompalama sistemleri sulama amaçlı tasarlanırlar. Kanallardan su almak ve sulama amaçlı alanlara dağıtmak için kullanılabilir. Yoksul ülkelerde tarım için güneş enerjili pompalama sistemleri, ürünleri sulamak için potansiyel bir yöntem olabilir. Güneş pompası, nehirlerden, kanallardan ve göletlerden sulama suyu çekmek için uygulanabilir bir seçenek olarak görülmektedir. Daha fazla çiftçinin yaşadığı az gelişmiş ülkelerde, elektrik maliyetlerini yüksek olması, bu tip sistemlerin yaygın olarak benimsenmesini engellemektedir. Güneş fotovoltaiik pompalama sistemleri, daha az gelişmiş teknolojilerin bulunduğu altyapısı zayıf olan alanlarda kullanılabilir.

2.1.2. Güneş Enerjisinden Yararlanarak Ekim Ve İlaçlama

Güneş enerjisinden yararlanılan tarımsal ilaçlama makinaları, ürün verimliliğini artırmak için küçük arazilere sahip çiftçiler için tasarlanmıştır. Bu makinalar genel olarak küçük tasarımları sayesinde kolayca taşınabilir. Ayrıca, PV modülleriyle birlikte şarj edilebilir akülere sahiptirler. İşlems faaliyetleri genellikle gündüzleri gerçekleştirildiğinden, bu makinalar kullanıldıkça, doğrudan güneş ışınımından şarj edilebilir. Tohum serpmeye ve ekim için kullanılan makinalar, küçük çiftçiler ve geleneksel makinaların kolay erişemediği alanlar için de faydalı olabilir. Bu nedenle, güneş enerjili otomatik ilaçlama ve ekim makinaları, küçük çiftçilerin geleneksel ağır tarım makinalarından kaçınmalarını sağlayacaktır. Günümüzde çiftçilere, yenilenebilir kaynaklarla çalışan ilaç uygulama ve tohum ekimi için radyo frekansı (RF) kontrollü makinalar kullanmaları için alternatif seçenekler sunulmaktadır. Güneş enerjisi tabanlı makinalar, belirli bir derinlikte ve mesafede tohum ekerler ve Bluetooth kullanarak çalışırlar.

2.1.3. Güneş Enerjisiyle Kurutma

Güneş enerjisinden kazanılan enerjinin tarımda en yaygın kullanılan uygulamalarından biri, kurutma sistemleri aracılığıyla katma değer sağlamaktır. Güneş enerjili kurutucular çok sayıda form, boyut ve düzenlemede mevcuttur. Havuç, tahıl, mantar ve patates gibi farklı ürünleri kurutmak için farklı kurutucular mevcuttur. Isıtma düzenlemesine göre kurutucular aktif ve pasif kurutucular olarak kategorize edilir. Güneş enerjisinden gelen ısıyı, pompa ve fan gibi, herhangi bir ekipman aracılığıyla aktaran kurutucular *aktif kurutucular* olarak bilinir. *Pasif kurutucularda* ise ısı akışı kaldırma kuvveti veya rüzgar basıncı yoluyla, doğal yollarla ve bazı durumlarda ise her ikisinin birleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Güneş enerjili kurutma teknolojisi ürünün temiz bir ortamda kurutulmasına yardımcı olur ve ürünün ulusal ve uluslararası standartları karşılamasını sağlar. Kalogirou (2004), biber ve çeltik kurutmak için kullanılan güneş bazlı bir tünel kurutucu geliştirmiştir. Saxena ve Ark. (2011), Bangladeş'te biberleri kurutarak güneş enerjili tünel tip bir kurutucunun optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Güneş enerjili bir kurutucu aynı zamanda hindistan cevizi kurutmak için de tasarlanmıştır (Scheffler ve Ark., 2006). Güneş enerjili kurutucular fosil yakıt tüketimini, işleme süresini ve çalışma alanını azaltmada etkilidir. Mewa ve Ark. (2019) tarafından sıcak iklim koşullarında et gibi gıda maddeleri güneş enerjili tünel tip kurutucularda kurutulmuş ve bu ürünlerin kurutma süresinin %40'a kadar azaldığı ve toplayıcının veriminin %23,5–36 aralığında olduğu

bulunmuştur. Ayrıca, sera işlevi yapan ve tarım ürünlerinin kurutulmasında kullanılan güneş enerjili tünel tip bir kurutucu da geliştirilmiştir (Rincon Mejia ve Osorio Jaramillo, 2000). Bu nedenle, ürünün kurutulmasında güneş enerjili tünel tip kurutucunun kullanılması, sadece ürünü kurutmakla kalmayıp, aynı zamanda kaliteyi de koruyan en iyi yöntemdir (Ayub ve Ark., 2018). Bu ürünlerin kurutulması sırasında kalite önemli bir özelliktir. Böylece, ürünler uzun süre korunabilirler. Bu ülkelerdeki ciddi elektrik sıkıntısı sonucunda, güneş enerjili kurutucular gıda kaynaklarını korumak için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Fosil yakıtların sürekli artan maliyetiyle mücadele edebilmek için, giderek daha fazla çiftçi, ürünlerini kurutmak için bu yenilenebilir enerji kaynağına yönelmektedir. Bir süredir var olmasına rağmen, yöntem bugün hala birçok ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ürünlerin bozulmasını azaltmaya ve tarımsal ürünlerin raf ömrünü uzatmaya yardımcı olan uygun önlemler hakkında bilgi eksikliği, bu israfın birincil nedenidir. Kurutma, bir ürünün nem içeriğini azaltmak için yüzyıllardır kullanılan, zamanla test edilmiş bir yöntemdir. Tarımsal ürünlerinin çoğu bu yöntem kullanılarak kurutulur.

2.1.4. Güneş Enerjisiyle Pişirme

Piştirme işlemi gıda endüstrisinde oldukça fazla enerji tüketir ve özellikle gelişmekte olan ülkeler için daha önemli hale gelmiştir. Endüstriyel ölçekte ısıtma amacıyla fazla miktarda ısı enerjisi kullanılır. Piştirme önemli bir işlemdir ve özellikle gelişmekte olan ülkelere enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturur. Fırıncılık endüstrisi, diğer tüm piştirme işlemlerinden daha fazla miktarda enerji tüketir. Yakacak odun ve fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşmaya ve çevre kirliliğine neden olur. Bu nedenle, enerji krizlerinin üstesinden gelmek için gıda endüstrilerinde çevre dostu teknolojilere ihtiyaç vardır.

Güneş enerjisinden kazanılan ısı enerjisi, maliyetli enerji kaynaklarının yerine geçer ve fırıncılık endüstrisindeki enerji talebini karşılamak için çok etkili olduğu bulunmuştur. Dünya genelinde güneş enerjisiyle çalışan çeşitli tipte yoğunlaştırıcı (heliostat ve parabolik plakalar) ve yoğunlaştırıcı olmayan (vakum tüplü ve düz plakalı) toplaçlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu tip toplaçlar yüksek sıcaklık gerektiren tarımsal işlemler için uygun bulunmamıştır. Saxena ve Ark. (2011) tarafından geliştirilen güneş enerjili kutu tipindeki pişirici, piştirme süresini 20 dakikaya kadar azaltmış ve ayrıca piştirme gücünü 79,80 W değerine kadar artırmıştır.

Sabit odaklı yoğunlaştırıcılar, orta ile yüksek sıcaklıkta piştirme, fırınlama, ısıtma, kızartma ve güç üretimi için geliştirilmiştir. Yoğunlaştırıcılar, tüm gelen ışınları sabit bir alıcıya odaklayan bir paraboloid odak noktasına sahiptir. Bu sayede etkin bir piştirme işlemi gerçekleşir. Güneş enerjisi kazanılan ısı enerjisinin pişirmedeki uygulamaları kolayca yönetilebilir. Bununla birlikte, fırınlamadaki uygulaması yüksek sıcaklık nedeniyle daha fazla özen gerektirir. Rincon Mejia ve Osorio Jaramillo (2000). güneş tabanlı sıcak plakaların yükseltilmesi için 2D ve 3D ışın izleme süreçleri konusunda bir çalışma yapmışlardır. 250 °C gibi yüksek sıcaklık, yaklaşık 40 dakika boyunca herhangi bir izleme sistemi olmaksızın güneş ışınımını yoğunlaştıran 5 derecelik bir yarı geliş açısıyla elde edilmiştir. Bu sıcaklıklar piştirme işlemi için oldukça uygundur. Rincon Mejia ve Osorio Jaramillo (2000), ayrıca güneş tabanlı pişiricinin tasarımını, çalışmasını ve sonuçlarını açıklamıştır. Güneşli pişiricilerde kavisli aynaların uygulanması onu yenilikçi bir tasarım haline getirir ve ayrıca bir fırının işlevlerini yerine getirmesini ve ürün

kızartma yeteneğini artırır. Isı ve kütle transferi ve farklı kimyasal reaksiyonlar, pişirme işleminde yer alan olgulardır. Pişirme işlemi performansı, özellikle kimyasal reaksiyonlar sırasında süre-sıcaklık değişimlerine ve nem içeriği dağılımına bağlı olduğundan, tahmin etmek çok zordur. Pişirme haznesinde dolaşan havayı fotovoltaiik kontrollü bir fan kullanarak ısıtmak için bir güneş fırını ünitesi tasarlanmıştır. Bu ünite, tüm ışıınımı ikincil bir reflektöre odaklayan 10 m² alanındaki bir *Scheffler* reflektörden oluşur. Ortalama enerji kullanım oranı %45 olarak hesaplanmıştır. Araştırma, iyi çalışan ve geleneksel fırınların yerini alabilecek düşük maliyetli bir güneş fırını tasarımılamak için temel oluşturmaktadır (Majeed ve Ark., 2023).

2.1.5. Yağ Çıkarma İçin Güneş Enerjisiyle Damıtma

Damıtma işlemi, uçucu özü buharlaştırarak, bitkisel kaynaklardan çıkarılan yağı saflaştırır. Esansiyel yağlar, ister buharla ister suyla olsun, bitkisel materyallerin damıtılması sonucunda açığa çıkan uçucu yan ürünlerdir. Bu yan ürünler, özelliklerini tanımlayan çeşitli kimyasal bileşenler içerir. Tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar, çok sayıda kontrollü laboratuvar deneyinin konusu olmuştur. Bu yağları çıkarmak için farklı bitkisel bileşenler kullanılır. Ancak, yapraklarından preslenen yağ, tüm yağların en değerlisidir. Farklı bitki türlerinin yapraklarında %0,1 ile %7 arasında değişen esansiyel yağlar bulunabilir (Munir ve Hensel, 2010). Güneş enerjisiyle çalışan damıtma sistemi ısı ışıınımı etkili bir şekilde kullanır ve böylece kendini enerji tasarrufu sağlayan bir süreç olarak kanıtlar. Pakistan'da geleneksel damıtma sistemlerindeki üretim maliyeti, yüksek gaz fiyatları nedeniyle çok yüksektir. Diğer taraftan, güneş enerjili damıtma sistemi çok uygun maliyetli, tutarlı ve enerji açısından optimumdur (Bachheti ve Ark., 2011).

2.1.6. Güneş Enerjisi Destekli Soğutma Ve Soğuk Depolama

Gıda ürünlerinin yüksek üretimine rağmen, gıda güvenliği hala kalkınma için büyük bir zorluktur. Hasat sonrası kayıplar ve hükümet politikaları bu sorunun nedenlerinden biridir. İklim koşullarının tarım ürünlerinin raf ömrü üzerinde daha fazla etkisi vardır. Bazı meyve ve sebzelerin raf ömrü kısadır ve özel bakıma ihtiyaç duyarlar. Hasat sonrası kayıpların çoğu, gıdanın uygunsuz işlenmesi, depolanması ve taşınması nedeniyle meydana gelir. Bu nedenle, çabuk bozulan ürünlerin büyük bir kısmı çiftlik düzeyinde kaybolur. Meyve ve sebzelerin kurutulması ve soğutulması, bu emtiaların depolanması için en uygun yöntem olarak kabul edilir. Kurutma işlemi nem seviyesini azaltır, mikrobiyal aktiviteyi azaltır ve gıdanın raf ömrünü uzatır. Yararlarına rağmen, bu sürecin bazı olumsuzlukları da vardır. Gıda ürünlerinin rengini, dokusunu ve tadını olumsuz etkiler. Soğutma sürecinde, emtiaların sıcaklığı çok düşük tutulur. Bu düşük sıcaklıkta, mikropların çoğu yaşayamaz, dolayısıyla mikrobiyal aktivite azalır ve raf ömrü uzar. Bu teknik, bozulabilir ürünlerin korunması için çok faydalıdır.

Geleneksel soğuk depolama teknikleri, soğutma sistemi için yüksek miktarda enerji gerektirir. Bu nedenle, bu teknik çiftçiler arasında yaygın olarak uygulanmaz. Diğer taraftan, soğuk depolama da tüm bölgelerde kolayca bulunamaz. Bu nedenle, ortalama çiftçilerin düşük kârla ürün satması zordur. Ayrıca, bu teknik bozulabilir gıdaları korumak için ticari ölçekte yaygın olarak kullanılır. Meyve ve sebzelerin nem içeriği çok yüksek olduğundan, bozulmaları hasattan hemen sonra başlar. Bozulmadan kaynaklanan kayıpları azaltmak için, hasattan sonra bunları uygun şekilde depolamak gerekli ve faydalıdır. Bu bağlamda, çiftlikte güneş enerjisine

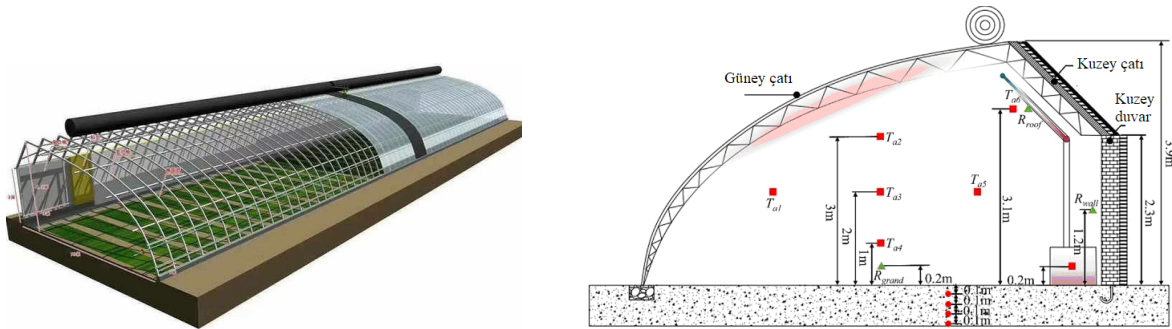
dayalı soğuk depolama, hasat sonrası kayıpları ve işletme maliyetini önemli ölçüde azaltır. Hasat sonrası kayıpları azaltmak için, güneş enerjisine dayalı depolama, tarladaki çiftçiye kolaylık sağlamak için tasarlanmıştır.

Güneş enerjili soğutma ve iklimlendirme sistemleri %40–50 oranlarına kadar enerji tasarrufu sağlayabilir (Diaconu ve Ark., 2011). Az gelişmiş ülkelerde, hasat sonrası kayıplar çok yüksektir. Pakistan gibi sıcak bölgelerde, bozulabilir gıdaların korunması ve işlenmesi için güneş enerjisinin kullanımı, özellikle şebeke elektriğine erişimin çok zor olduğu kırsal bölgelerde çok etkilidir. Güneş enerjisi, soğuk depolamayı çalıştırmak için etkili bir teknoloji olduğunu kanıtlamıştır. Güneş enerjisi sisteminin ilk yatırım maliyeti, güneş enerjisi soğutma teknolojilerinin yaygın kullanımında büyük bir engel oluşturmaktadır. Ancak, 2030 yılında, güneş enerjisine dayalı elektrikli soğutmaya yapılacak sermaye yatırımının, soğutma ünitesinin buhar sıkıştırma ünitesinin yüksek başlangıç maliyeti ve performans katsayısı (COP) değerleri nedeniyle en az olacağı öngörülmektedir (Majeed ve Ark., 2023). COP değerleri çok yüksek olduğundan, soğutma sistemi ve PV teknolojisinin bir kombinasyonu işletme maliyetlerini azaltacaktır. Güneş enerjili soğutma sistemi uygulamaları, PV teknolojinin maliyetindeki azalmaya bağlı olarak yaygınlaşacaktır. PV tabanlı bir soğutma sisteminde, akü bankası ve soğuk su depolama sistemi olmak üzere iki farklı enerji depolama uygulanır. Hem akü depolama kapasitesi hem de soğuk depolama kapasitesi, soğutucu programından büyük ölçüde etkilenir. Aküye ve su depolama tankına bağlı olarak, soğuk depolamada kullanıldığında, toplam sistem verimi %6,73 düzeyinden %10,27 düzeyine çıkabilir (Majeed ve Ark., 2023). Güneş enerjili, akü destekli, buhar sıkıştırma soğutucu dolu soğuk hava deposu (kapasite: 6-8 ton) Singh ve Ark. (2018) tarafından incelenmiştir. Amjad ve Ark. (2021) 2 ton kapasiteli bir soğuk hava deposu üzerinde çalışmışlardır. Sırasıyla, 4,5 kWp, 5 kW ve 600 Ah değerlerine sahip bir PV sistem, hibrit invertör ve akü bankasından oluşan hibrit bir güneş enerjisi sistemi kullanılmıştır. Ayrıca, soğutmayı depolamaya yardımcı olan üç adet soğutma pedi ile birleştirmişler ve 2 tonluk buhar sıkıştırma soğutma sistemi kullanmışlardır. Üç ay boyunca 8 °C'de patates depolamışlardır. Kaydedilen güneş enerjisi değerleri 5-6 kWh/(m²gün) düzeylerindedir. Değişken frekanslı bir sürücü kullanılmıştır. Sistemde COP 4,6 ile AC (klima) kullanılmıştır. Sistem ortalama 15 kWh elektrik tüketmiştir. Bu tüketimin 4,3 kWh'ı şebekeden, 10,5 kWh'ı ise güneş enerjisi sisteminden karşılanmıştır.

2.1.7. Güneş Enerjisiyle Sera Isıtma

Son yıllarda, küresel iklim değişikliği, savaş, salgın hastalıklar ve nüfus artışının etkileri altında, küresel gıda tedarik sorunu giderek daha belirgin hale gelmiştir. Bu sorunu etkili bir şekilde çözebilen gelişmiş tarımsal üretim tesisleri olarak güneş seraları konusu gündeme gelmiş ve yaygın olarak incelenmiştir. Güneş serası, güney (ön) tarafında cam veya film (şeffaf) çatı ve kuzey (arka) ve batı taraflarında sırasıyla, ısı yalıtımlı duvar ve ısı yalıtımlı arka çatı bulunan tek eğimli bir seradır (Ling ve Ark., 2015). Sera iç ortam mikro iklimi, bitki büyümesini sürdürmek için güneş enerjisi veya yapay ısı kaynakları kullanılarak doğru bir şekilde ayarlanabilir. Bu nedenle, güneş seraları, yüksek ürün verimi elde etmek ve çiftçilerin gelirini artırmak için, araziye tam olarak kullanmak amacıyla, soğuk kış ve yüksek enlem bölgelerindeki ürünlerin kışlık büyümesini gerçekleştirebilir (Wang ve Ark., 2017). Çin'de

2019 yılında güneş seralarının alanı 570.000 hektara ulaşmıştır (Liu ve Ark., 2022). Güneş seralarının benimsenmesi, soğuk bölgelerde kışın taze sebze üretmeyi mümkün kılmakta ve Kuzey Çin’de kış sebzesi tedarikini garanti altına almaktadır. Ancak, kışın güneş seralarının normal üretimi sırasında, önemli miktarda fosil yakıt tüketimiyle birlikte yapay ısı takviyesine ihtiyaç duyulmaktadır. İstatistiklere göre, aşırı soğuk iklim koşullarına sahip yüksek enlemlerdeki bölgelerde, seraların ısıtma maliyeti toplam işletme maliyetinin %70–85’ini oluşturabilmektedir (Marucci ve Ark., 2018). Bu nedenle, soğuk bölgelerde güneş seralarının ısıtma enerjisi tüketimi, seraların yeşil gelişiminin önündeki en büyük engel haline gelmiştir ve fosil yakıtların kullanımıyla ilişkili karbon emisyonları küresel iklimi olumsuz etkilemektedir. Kuzey Çin’de, kışın seraların iç ortam sıcaklığını korumak için, ısıtma amaçlı kömür tüketimi hektar başına yaklaşık 1800–2500 ton arasında değişmektedir. Bu durum, seraların üretimi ve işletilmesinden kaynaklanan yüksek karbon emisyonlarına neden olmaktadır. Güneş serası işletimi sırasında, ısıtmadan kaynaklanan karbon emisyonları toplam karbon emisyonlarının %14’ünü oluşturmaktadır (Sun ve Ark., 2023). Bu kadar yüksek karbon emisyonları, karbon emisyonunun zirve yapmasını ve Çin’de karbon nötrlüğüne ulaşılmasını büyük ölçüde engellemektedir. Bu nedenle, güneş seralarında (Şekil 1) enerji tasarrufu ve emisyon azaltımı üzerine araştırmalar önemlidir.



Şekil 1. Güneş serası tasarımları

Güneş serası, gün boyunca ısı depolama duvarı aracılığıyla güneş enerjisini soğurur ve depolar. İç ortam sıcaklığı azaldığında, geceleri ısıyı serbest bırakarak, iç ortam sıcaklığını artırır. Ancak, geleneksel sera duvarı ve ön çatının şeffaf malzemelerinin yüksek ısı iletkenliği ve zayıf ısı yalıtımı nedeniyle, seranın içi ile dışı arasındaki büyük sıcaklık farkında, iç ortam ısı kaybı meydana gelebilir. Isı kayıplarının %60'ı ön çatıdan (Xu ve Ark., 2017) kaybolurken, kalan %40'ı duvardan ve arka çatıdan gerçekleşir (Cuce ve Ark., 2016). Bu nedenle, duvarın ve ön ve arka çatılarının ısı yalıtım performansını iyileştirmek ve ısı kaybını azaltmak, enerji tasarrufu sağlayan sera tasarımı için çok önemlidir. Güneş seralarının ısı kaybını azaltmak için, bilim insanları ön çatının ısı yalıtım performansını incelemiş ve çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılmıştır (Abualigah ve Ark., 2022; Agushaka ve Ark., 2022). Kim ve Ark. (2018), bir güneş serasının güney tarafındaki çatının geceleri ısı yalıtım örtüsüyle örtülmesinin sera sıcaklığı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonuçları, bir güneş serasının güney tarafının ısı yalıtım örtüsüyle örtülmesinin geceleri yaklaşık %28,7 oranında iç ortamda ısı kaybı azaltımı sağlayabileceğini göstermiştir. Kawashima (2015), ön çatının ısı kaybını daha da azaltmak için çok katmanlı yalıtıma sahip bir tip ısı yalıtım örtüsü geliştirmiştir. Araştırma ve karşılaştırmalar sonucunda, bu ısı yalıtım örtüsünün enerji tüketimi, tek katmanlı bir ısı yalıtım örtüsünün enerji tüketiminden yaklaşık %40 oranında daha düşüktür. Zhang ve Ark.

(2020b) güneş seralarında yaygın olarak kullanılan dört tipik yalıtım malzemesini incelemiş ve güneş seralarının ön çatısının enerji tüketimini azaltmak için kullanılabilecek en iyi yalıtım malzemelerini belirlemişlerdir.

Ön çatı yalıtımı çalışmasına ek olarak, bilim insanları bir güneş serasının ısı depolama duvarının, yaygın olarak incelenen sera yalıtımı, ısı depolama ve iç ortam sıcaklık düzenlemesinde önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Zhang ve Ark. (2016), güneş seralarının enerji tüketimini araştırmış ve seraların kuzey duvarının enerji tasarrufunda önemli olduğunu belirtmişlerdir. Kuzey duvarının ısıl iletkenliği ne kadar düşükse, enerji tasarrufu etkisi o kadar büyük olur. Guan ve Ark., (2017), sera kuzey duvarını faz değıştiren materyal (PCM) duvar paneli, blok tuğlalar ve yalıtım panelinden oluşan bir kompozit yapıya dönüştürmüş ve ısı depolama ve salma özelliklerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları, duvarın ısı depolama ve yalıtım performansının, geleneksel duvara göre, büyük ölçüde iyileştirilebileceğini göstermiştir. Chen ve Ark., (2018), ısı depolama duvarının ısı depolama performansını iyileştirmek ve ısı kaybını azaltmak amacıyla PCM yerleştirerek aktif bir ısı depolama duvarı geliştirmişlerdir. Duvarın olumlu ısı yalıtımı ve ısı depolama performansı sağladığı belirlenmiştir. Ren ve Ark., (2019) yeni bir saman bloğu formu oluşturmuşlar ve bunu güneş serasının kuzey duvarına uygulamışlardır. Duvarın ısıl performansının geleneksel kil blok duvarından daha iyi olduğu belirlenmiştir. Liu ve Ark. (2020), bir seranın kuzey duvarının yüzey yapısının iç ortam iklimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kuzey duvarının yüzey yapısı petek yapısında olduğunda, ısı depolama kapasitesinin en yüksek olduğu ve bunun da iç ortam sıcaklığında etkili bir şekilde artışa neden olabileceğini bildirmişlerdir. Liu ve Ark. (2022), Shenyang'daki bir güneş serasının ısı depolamalı kuzey duvarının içine, seranın kış üretim koşullarının karşılanması sağlayan ve böylece sera enerji tüketimini azaltan bir güneş enerjili sıcak su dolaşımı ısı depolama sistemi tasarlamışlardır. Guan ve Ark. (2023), sera duvarının ısı depolama performansını iyileştirmek için bir mikrodizi ve PCM ile yeni bir duvar formu geliştirmişlerdir. Deneyler ve simülasyon çalışmaları yoluyla, duvarın seraların ısıtma enerjisi kaybını etkili bir şekilde azaltabileceği ve iç ortam sıcaklığının ayarlanmasını kolaylaştırabileceği gösterilmiştir. Sun ve Ark. (2023), yalıtım ve PCM katmanları yerleştirerek bir seranın kuzey duvarının ısıl yalıtım ve depolama performansını iyileştirmişlerdir. Liu ve Ark. (2024), çeşitli yapı faktörlerinin cam güneş seralarının ısıtma enerjisi tüketimi üzerindeki etkisini gösteren ağırlık değerlerini şu şekilde belirlemişlerdir: Gaz tabakası kalınlığı: %45,5; cam türü: %34,4; arka çatı yalıtımı: %15,3; gaz türü: %3,2; cam kalınlığı: %1,1 ve ısı depolama duvarı yalıtım malzemesi: %0,5. Araştırmadan belirlenen sonuçların, aşırı soğuk bölgelerde cam güneş seralarının enerji tasarrufu sağlayacak şekilde yenilenmesi için bilimsel ve nesnel bir teorik temel sağlayabileceği, aşırı soğuk bölgelerde güneş seralarının uygulanmasını teşvik edebileceği ve karbon emisyonlarını azaltabileceği belirtilmiştir.

Sonuç olarak, bilim insanları esas olarak, seraların güney çatısının enerji kaybını azaltmaya veya kuzey duvarının ısıl yalıtım performansını artırmaya odaklanmışlardır. Yalıtım malzemesi enerji tüketimini etkileyen faktörler olarak benimsenmiştir.

2.1.8. Güneş Enerjili Traktörler

Traktör, tarımsal üretimde verimliliği artırmak için en önemli güç kaynağı olarak kabul edilir. Normal traktörler, sadece üretim maliyetini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda

karbondioksit üreterek çevreye zarar veren yakıt ve yağla çalışır. Traktörler, toprak işleme, ekim, biçme ve hasat gibi çiftlik işlerini mekanize etmek için kullanılır. Bu nedenle, güneş enerjili traktörler, sırasıyla PV modüller ve aküler kullanarak milyonlarca kişinin gündüz ve gece çalışabileceği uygulanabilir bir seçenek haline gelir. Günümüzde, güneş enerjili traktörlerin geliştirilmesi başlangıç aşamasındadır.

2.1.9. Güneş Enerjisi Kullanarak Gübreleme

Günümüzde çiftçiler ürün verimini artırmak için gübre kullanmaktadır. Tarımda en önemli kimyasal olan amonyak, termokimyasal *Haber-Bosch* işlemi kullanılarak gübre üretiminde önemli bir rol oynar. Bu işlem, her yıl 140 milyon ton amonyak (NH_3) üretir. *Haber-Bosch* işlemi çok fazla enerji gerektirir. Bu yöntem metandan türetilen hidrojeni kullanır ve bu da yılda 340 milyon ton CO_2 üretir (Maphosa, 2020). Gübre tesisleri kurmak için yapılan büyük sermaye yatırımları nedeniyle, 100'den az tesis dünya genelinde faaliyet göstermektedir. Bu tesislerin enerji beklentilerini aşmak için, enerji taleplerini karşılamak amacıyla güneş enerjisinden yararlanmak uygulanabilir bir seçenektir. Dinitrojenin azot bazlı bileşiklere dönüştürülmesi, güneş enerjisi tarafından desteklenebilir. Güneş gübreleri, güneş enerjisinden yararlanan tesislerden üretilen gübreleri ifade eder. Güneş enerjisiyle gübre üretimi, azot bazlı gübreler üretmek için sadece güneş enerjisine, azota ve havadan gelen suya dayanır. 2018 yılında yapılan bir araştırmaya göre, üre veya amonyak bazlı gübrelerin kullanımı %10 oranında azaltılarak yılda 250 petajoule (PJ) enerji tasarrufu sağlanabileceği bildirilmiştir (Majeed ve Ark., 2023).

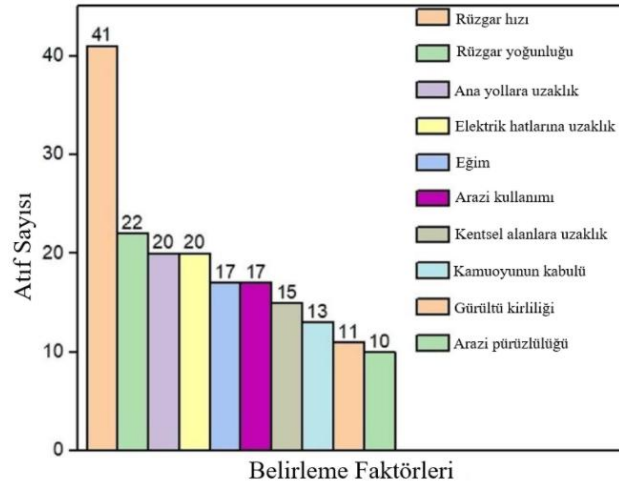
2.1.10. Güneş Enerjili Tarım Robotları

Güneş enerjili tarım robotları, seralarda ve açık tarla çiftliklerinde ekim, ot ayıklama, sürme, ilaçlama ve yiyecek hasadı gibi tarım işlerini yapmak için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Tarım robotları artık şarj edilebilir piller ve elektrik motorlarıyla çalıştırılmaktadır. Bu nedenle bunlarla bir PV modülü birleştirmek uygulanabilir bir çözümdür. Birkaç firma, tarımsal yöntemlerle uyumlu görüntü işleme yöntemleri kullanarak, ürün sıralarını ayırt etmek ve büyük ölçekli tarla görünimleri toplamak için, dijital kameralar kullanan akıllı ot ayıklama robotları oluşturmak için geliştirme ve araştırma girişimleri yapmaktadır. Sonuç olarak, bu tür robotlar sürdürülebilir çözümler sunma ve tarımsal uygulamaların maliyetini azaltma potansiyeline sahip olabilir.

2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, yüksek basınç bölgesinden düşük basınç bölgesine doğru hava akışı olarak adlandırılır. Rüzgar enerjisi, 24 saat boyunca günlük olarak kullanılabilir olması anlamında güneş enerjisinden farklıdır. Rüzgar enerjisi teknolojileri, hem elektrik hem de mekanik enerji üretmek için kullanılabilir. Rüzgar enerjisi teknolojileri, en fazla büyüyen yenilenebilir enerji teknolojisi olarak kabul edilir. Yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişme, çiftçileri, rüzgar enerjisi üretim maliyetini azaltmak için, rüzgar enerjisi altyapısına yatırım yapmaya teşvik edecektir. Bu durum çiftçilerin kendi kendine yeterliliğini sağlayacaktır. Rüzgar enerjisinin kullanımı, tarımsal uygulamalar için güç sağlamak amacıyla sadece güvenilir değil, aynı zamanda uygun maliyetlidir. Sulamada kullanılan su pompaları rüzgar türbinleri tarafından çalıştırılabilir. Böylece transformatörler, elektrik hatları ve direkler gibi elektrikli ekipmanların kurulum ihtiyacı ve maliyeti ortadan kaldırılabilir. Rüzgar enerjisi sektöründeki yüksek

sermaye yatırımı nedeniyle, politika yapıcılar ve yatırımcılar maliyet ve fayda arasındaki farkı en aza indirmek için alternatifler geliştirmeye meyillidir. Yatırımcının ekonomik beklentilerini karşılamak, uygun bir yer seçerek karşılanabilecek genel projedeki en önemli aşamalardan biridir. Rüzgar enerjisi üretimi için verimli ve ekonomik olarak uygulanabilir yerlerin seçilmesi, çeşitli faktörlere bağlı maliyetli bir yöntemdir. Ekonomik, çevresel ve sosyal yönler olarak, bölgenin rüzgar potansiyeli dikkate alınmalıdır. Yenilenebilir bir kaynak sisteminin verimli performansı, ekonomik faaliyetler, yollardan uzaklık, yerel kaynaklar, enerji altyapısı ve konut altyapısı dahil olmak üzere, bölgenin özelliklerine doğrudan bağlıdır. Ulaşım şebekesi iyileştirmeleri gelişmiş ülkelerde tarımsal ve toplu üretimi artırabilir. Rüzgar türbinleri kurmak için bir yer seçmek, çeşitli faktörlerin kapsamlı bir analizi olarak kabul edilir. Bir rüzgar enerjisi tesisinin verimliliğini doğrudan etkileyen en önemli 10 faktör Şekil 2’de verilmiştir. Bu faktörler, seçilen bir bölgenin özelliklerini dikkate alan karar alma modellerinde kullanılan değişkenlerin kullanımı, ağırlıklandırılması ve kullanılmasıyla ilgili değişkenler oldukları için önemlidir (Şekil 2).



Şekil 2. Rüzgar enerjisi için bölge seçiminde etkili faktörler (Ali ve Ark., 2002)

Rüzgar enerjisinden yararlanmak için yakıt gerekmediğinden ve gürültü kirliliğinde azalma sağlandığından çevre dostu olarak kabul edilir. Bu durum, sera gazları (GHG) gibi zararlı gazların daha az emisyonuyla sonuçlanır. Rüzgar enerjisiyle çalışan çiftliklere sahip olmak, bir çiftliği çalıştırmak için gereken ithal yakıt miktarını azaltmanın ekonomik faydasının yanı sıra, işletme ve bakım maliyetlerinin azaltılmasını da destekler. Bir çiftliğin güç gereksinimleri, küçük rüzgar türbinleri tarafından karşılanabilen 400 W ile 40 kW arasında değişir (Ghafoor ve Ark., 2016). Bu nedenle, çiftlik sahipleri, arazilerinin küçük bir alanını kullanarak rüzgar enerjisi üretebilirler. Çiftçiler, çiftliklerini kullanarak mahsuplaşmadan büyük ölçüde faydalanacaklardır.

Rüzgar enerjisi, tarımsal uygulamalar için doğrudan su pompalama dahil olmak üzere, çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Pompa, bir rüzgar türbini rotoru aracılığıyla doğrudan rüzgar kullanılarak çalıştırıldığında, bu uygulama doğrudan su pompalama olarak kategorize edilebilir. Bu sistem aracılığıyla, kinetik enerjiden (rüzgar) mekanik enerjiye ve su pompalamak için hidrolik enerjiye olmak üzere basit enerji dönüşümü gerçekleştirilebilir. Bu yöntemin, su deposu

veya rezervuar tarafından sınırlandırılabilen su temini basıncı açısından büyük bir olumsuzluğu vardır. Düşük hidrostatik basınç sonucunda, çeşitli uygulamalar doğrudan su pompalama yoluyla pratik değildir. Son zamanlarda, üreticiler eski rüzgar teknolojilerinden rüzgarla çalışan elektrikli pompalara geçmişlerdir. Rüzgar değirmeni pompaları ve rüzgar elektrik pompaları, güç kaynağının (rüzgar jeneratörleri) ve su kaynağının konumuna göre farklılaştırılır. Çünkü, ayrı yerlerde olabilirler. Bu durum, rüzgar jeneratörlerinin rüzgar mevcudiyetinin elverişli olduğu yerlere kurulabilmesi nedeniyle sistemin verimliliğini artıracaktır.

Rüzgar enerjisiyle sulama, belirli derinliklerden su çekebilen tarıma uygun çok kanatlı türbinler kullanılarak, bitkisel üretim artırılabilir ve enerji harcamaları azaltabilir. Türkiye gibi ülkeler bu tür sistemlerin başlıca kullanıcılarıdır. Tarım arazileri, ürünlere verdikleri az hasar nedeniyle rüzgar türbinleri için uygun bir konumdadır. Daha az gürültü yapan modern bir yöntem olan düşük hızlı ve yüksek hızlı türbinler kullanmak mümkündür (Otanicar ve Ark., 2012). Çiftçilerin gelirleri, enerji üretimi ve tarımsal üretimin birlikte yapılması sonucunda artırılabilir. Rüzgardan üretilen elektrik ile su pompalama veya güneş PV sistemleri, genellikle uzak ve şebekeden bağımsız küçük arazilerde (<2 ha) çiftçilik yapmak için daha uygundur. PV dizilerini rüzgar türbinleriyle entegre ederek büyük ölçekli maliyet açısından rekabetçi sulama sağlanabilir. Sulama sistemi kış ve yaz ürünleri için kullanılabilir. Entegre sistemden üretilen ekstra güç, sistemin genel karlılığını artıran çeşitli çiftlik içi amaçlar için kullanılabilir. Entegre sistem, güvenlik ve pompalama kapasitesini artırmak için eş zamanlı olarak kullanılabilir. Yıl boyunca enerjinin mevcut olma olasılığı, çeşitli ülkelerde ürün büyümesi için bir avantajdır. Sulama ve drenaj amaçlı bu tür entegre sistemler, büyük ölçekli uygulamalar için tasarlanabilir. Tarım arazilerindeki tüm ekipmanlar, ölçeklendirilmiş entegre sistemler kullanılarak çalıştırılabilir.

Mikro iklimin etkisiyle rüzgar türbinleri potansiyel olarak ürün büyümesini etkileyebilir. Rüzgar çiftliklerinin etkileri konusunda önemli bir kanıt yoktur. Literatüre göre, başlıca üç engel vardır. Birincisi, büyük rüzgar türbinlerinin neden olduğu karbondioksit, ısı dalgalanmaları ve nemdeki değişiklikler, hava değişkenlerine bağlı olarak hem olumlu hem de olumsuz olarak yetiştirilen ürünü etkileyebilir. Isınma etkisi nedeniyle geceleri bitki solunumu artabilir, gündüzleri ise su ve karbondioksit miktarındaki değişimler fotosentez ve transpirasyona neden olabilir. İkinci konu, rüzgar türbini kullanımının bir sonucu olarak iklim değişikliğiyle ilgilidir. Bu durum, ürün yüzeyi ve türbin özellikleri arasındaki etkileşimleri dikkate almadan çeşitli karmaşık ve özel faktörlere bağlıdır. Üçüncü konu, mikro iklimin, toprak erozyonunun, gürültü ve görsel kirliliğin, kuş veya yarası uçuş yolu empedansının veya bozulmasının ve traktörler için yolların doğrudan veya dolaylı etkilerinden kaynaklanan yerel ekosistemler ve üretkenlikle ilgilidir. Bir araştırmaya göre, rüzgar türbinleri altında ürün olarak mısır yerine soya fasulyesi üretildiğinde, bir rüzgar çiftliğinden çıkan enerjide %14 oranında bir artış vardır (Ali ve Ark., 2012).

Tarım arazileri, enerji üretimi ve gıda gibi çok boyutlu uygulamalar için kullanılabilir. Aynı arazi kullanılarak güneş ve rüzgar enerjisi, tarımsal ürünlerle birlikte üretilebilir. Bu durum, çiftçiler için istikrarlı ve uzun vadeli bir gelir kaynağı olan elektrik üreterek kazan-kazan kombinasyonu olabilir. Rüzgar enerjisinin faydaları olmasına rağmen, yukarıda tartışıldığı gibi, bazı olumsuzlukları da vardır. Günümüzde, tarımsal uygulamalar için rüzgar gücü kullanan uygulamalar daha az öneme sahiptir. Önceleri rüzgar gücü yeraltı suyunu pompalamak için

kullanılmıştır. Ancak, rüzgar değirmenlerinin bakımı ve mekanik hassasiyeti, geleneksel yakıtı ve mümkünse güneş enerjisiyle su pompalanmasını daha iyi bir seçenek haline getirir.

2.3. Biyokütle Enerjisi

Enerji bazlı ürünler için dönüşüm teknolojilerinin kökeni ve bulunabilirliğindeki çeşitlilik nedeniyle çeşitli yenilenebilir enerjiler dikkate alınır. Bunlar arasında biyokütle, enerji sağlamak için potansiyel kullanıma sahip bir seçenektir. Biyokütle, fotosentez yoluyla üretilen çeşitli bitkileri ve yan ürünlerini kapsar. Biyoenerji, toplam yenilenebilir enerji kullanımının yüksek bir payına sahip olan genel enerji ekonomisinin önemli bir parçasıdır. Biyoenerji sadece ısıtma ve pişirmeyi içeren evsel amaçlar için kullanılmaz, aynı zamanda çeşitli küçük endüstriler (tuğla ve kömür fırınları) tarafından da tüketilir. Biyoenerji, tarımsal gıda sektörünün ve ötesinde ısı, güç ve ulaşım yakıtlarına olan taleplerini karşılayabilen temel bir enerji kaynağıdır. Tarımsal gıda biyokütle yan ürünleri, işleme, depolama ve pişirme için enerji sağlamak amacıyla kullanılabilir. Geleneksel fosil yakıtların fiyatlarındaki artışla birlikte, bitkileri enerji üretmek için dönüştürmek küresel olarak ilgi görmüştür. Tahıl ve bitki parçaları da dahil olmak üzere, bitkilerden elde edilen biyokütleyi biyoenerji üretimi için hammadde olarak kullanmak, gıda kaynaklarıyla mücadele edebilir ve ayrıca toprağın üretkenliğini ve yapısını sürdürmeye yardımcı olan bitkilerin önemli kısımlarını ortadan kaldırabilir. Tarıma dayalı araştırmalar, çift amaçlı bitkilerin belirli biyokütle özelliklerini iyileştirerek bu takasları azaltmada rol oynayabilir. Marjinal araziler için, gıda bitkileriyle rekabetin daha az olduğu yerlerde yeni bitkiler üretilir. Daha az ürün kalıntılarına bağımlı olan sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları da bu takasları azaltmaya katkıda bulunabilir. Biyoyakıt üretimi için kullanılan kalıntılar dahil olmak üzere, düşük verimli yağmurla beslenen sistemlerde sürdürülebilir üretim yapmak için agronomistler tarafından ürün kalıntılarının eşik değerleri tanımlanmalıdır. Tarıma dayalı araştırmalar, düşük net karbon emisyonlarına sahip yenilenebilir bir kaynak olarak katma değerle sonuçlanan ürünlerin enerji verimliliğinin artırılmasını kolaylaştırabilir.

Biyoyakıtlar günümüzde biyokütleden elde edilen sakaroz veya nişasta bazlı etanoldür. Yüksek oktana sahip etanol, içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanım için küçük oranlarda benzinle karıştırılabilir. Bu motorlar, sürme, sulama ve makina kullanımı gibi, çeşitli tarımsal işlemleri gerçekleştirmek için kullanılabilir.

2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerin iç kısmında bulunan karbon içermeyen, yerel, çevre dostu, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Oluşumu normalde yerin yüzeyinin altındaki volkanik ve tektonik faaliyetlere ilgilidir. Jeotermal işlemde kullanılan ısı, normalde yerin yüzeyinin derinliklerinde bulunan kayalarda ve ayrıca yüksek sıcaklıklardaki hidrotermal rezervuarlarda depolanır. Birçok araştırmacı, jeotermal enerjinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu konusunda hemfikir. Jeotermal rezervuarlardan ısı çıkarma hızının, kullanılan ısıyı yenilemekten normalde daha hızlı olduğu, bunun da jeotermal uygulamalara, jeolojik zaman ölçeğine ve ısıyı yeniden enjekte etmek için benimsenen yöntemle bağlı olduğu belirtilebilir (Moravec ve Ark., 2018). Tuzlu su çözeltisi, buhar üretimi için kullanılan bir ısı ortamı olarak tanımlanmıştır. Jeokimya araştırmacıları, termo-akışkanları 'tuzlu su' olarak adlandırılan mineral yüklü sıcak

su ve buhar olarak iki guruba ayırmıştır. Bu tür akışkanlar, jeotermal rezervuarlara bağlanan sondajlı kuyular aracılığıyla hem elektrik üretimi hem de doğrudan uygulamalar için, ısıнын yer altından yüzeye taşınmasını kolaylaştırır. Jeotermal rezervuarların derinliği, sıvıların çeşitli hidrotermal gözenekli sıcak kayalarda ve jeotermal rezervuarlarda hapsedildiği 300 metreden 3000 metreye kadar değişebilir (Aydoğdu ve Ark., 2021). Rezervuarların özelliklerine bağlı olarak, sıcak doğal akışkanları çıkarmak için pompalama veya serbest akış yöntemleri uygulanabilir. Çıkarılan ısıyı en iyi şekilde kullanmak için, jeotermal akışkanlara ilişkin çeşitli ısı yönetimi teknikleri benimsenebilir. Jeotermal akışkandan elektrik üretmek veya doğrudan ısıtma uygulamaları için güç dönüşüm sistemleri kullanılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, dünyanın enerji üretim kapasitesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu kaynaklar arasında, jeotermal enerji mevsime, iklime ve coğrafi koşullara bağlı olmaması nedeniyle güvenilir kabul edilir. Bir araştırmaya göre, 2020 yılında jeotermal enerjinin kurulu kapasitesinin yaklaşık 20 GW olacağı ve üretilen enerjinin %90'ının İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda, Endonezya, İtalya, Meksika, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere 8 ülke tarafından karşılanması tahmin edilmiştir (Axelsson, 2016). Büyüme tahminleri, 2050 yılına kadar jeotermal enerjinin elektrik üretiminin yaklaşık %3'üne ve küresel şebeke yükünün %5'ine katkıda bulunacağını ve 2050 yılında 1 milyar tondan fazla CO₂'in uzaklaştırılmasını sağlayacağını göstermektedir. Bu tahmini gerçeğe dönüştürmek için, sosyal, ekonomik, yönetsel, çevresel ve politik zorluklarla ilgili çeşitli endişeleri değerlendirmek için çok disiplinli çabalar gösterilmesi gerekecektir (Majeed ve Ark., 2023).

Jeotermal enerji, seralarda ve açık alanlarda optimum bitki büyümesi için gereken sıcaklığı kontrol ederek tarım sektöründe kullanılabilir. Açık alanlarda, jeotermal akışkan; toprak ısıtma ve su kaynaklarına kolay erişimin olmadığı yerlerde sulama için kullanılabilir. Toprak ısıtma, sıcak akışkanın dolaştırdığı ince boru hatları döşenerek yapılabilir. Bu yöntemin en büyük yararı ekonomik olmasıdır. Bununla birlikte, bu yöntemin çok az durumda uygulanabilir olduğu kanıtlanmıştır. Sulama sistemi olmadan gömülü boru hatları ile toprak ısıtma, boruları çevreleyen nem ve ısı yalıtımındaki azalma nedeniyle toprağın ısı iletkenliğinin azalmasına neden olabilir. Bu nedenle, optimum çözüm, birleşik sulama ve toprak ısıtma uygulamasıdır. Jeotermal akışkan doğrudan kullanılacaksa, bitki büyümesi üzerinde olumsuz etkilerden kaçınmak için kimyasal bileşimlerinin yakından izlenmesi gerekir. Açık alanda sıcaklık kontrolü, düşük çevre sıcaklıklarından kaynaklanan olumsuz etkileri hafifleterek, uzun bir büyüme mevsimine ve bitki büyümesinde artış sağlar. Bu durum, ayrıca toprağı sterilize ederek verimliliği artırır. Birçok ülkede, tarımda jeotermal enerji en yaygın olarak sera ısıtması için kullanılır. Sera ısıtmasının avantajları arasında, mevsim dışı sebzeler ve çiçekler için yetiştirme süresinin uzatılması yer alır. Işınım miktarı, sıcaklık, CO₂ konsantrasyonu, hava akışı ve toprağın ve seranın içindeki nem gibi optimum koşullara bağlı olarak uygulanabilir bitki büyümesi sağlamak için farklı yöntemler mevcuttur. Seraların ısıtılması, sıcak suyun zeminde veya zeminin üzerinde borular veya kanallar aracılığıyla dolaştırılması, ısı değiştiricilerde zorlamalı hava akışı ve ayrıca duvarlara veya tezgahların altına yerleştirilen kanatlı ünitelerin yardımıyla sağlanabilir. Bir seranın işletme maliyeti, ürün (sebzeler, meyveler, fideler ve iç mekan bitkileri) maliyetlerinin %35'ini oluşturur (Majeed ve Ark., 2023). İşletme maliyetleri, jeotermal ısı kullanılarak önemli ölçüde azaltılabilir. Bu durum, jeotermal akışkanın akışı doğal olarak gerçekleştiğinde geçerlidir. Borular, ısı değiştiriciler ve pompalar, jeotermal akışkanın

kimyasal bileşimleri nedeniyle, tortu bırakma eğiliminde olduklarından düzenli olarak bakım gerektirebilir. Hollanda’da jeotermal teknolojinin uygulanması sonucunda domates üretiminde önemli artış olmuştur.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal uygulamalarda kullanılmak üzere; güneş, rüzgar, biyokütle ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları bol miktarda mevcuttur. Bu bildiride, tarım sektöründe yenilenebilir enerji teknolojilerinin benimsenmesiyle ilişkili faydaları, zorlukları ve fırsatları tartışmıştır. Tarımda enerji yönetimi için alternatif enerji kaynaklarına geçiş, sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltma, enerji verimliliğini artırma ve gıda üretiminde sürdürülebilirliği teşvik etme açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak, bu hedeflere ulaşmak, yenilenebilir enerji teknolojilerini ve uygulamalarını benimsemek gerektirirken, zorlukları ve engelleri değerlendirmek için ortak çabalar gerektirir. Enerji yönetimi uygulamalarını ilerletmek ve tarımda yenilenebilir enerjinin benimsenmesini teşvik etmek suretiyle, daha sürdürülebilir ve dayanıklı bir tarım sektörüne katkıda bulunabilir, gıda güvenliğini sağlayabilir, iklim değişikliğini azaltabilir ve genel olarak sürdürülebilir kalkınmayı teşvik edebiliriz. Günümüzde azalan ucuz ve kullanılabilir fosil yakıt arzının yerini alacak yenilenebilir enerji kaynaklarını belirlemek, yenilenemeyen kaynakların tükenmesi sorununa yönelik tek pratik yanıttır. Öngörülebilir gelecekte, güneş enerjisi tamamen yenilenebilir enerjinin tek kaynağıdır. Sürdürülebilir güneş enerjisi, rüzgar türbinleri, hidroelektrik barajları, güneş ısı toplacıları ve fotovoltaiik hücreler dahil olmak üzere çeşitli yollarla üretilebilir. Bu bildiride, tarımda yenilenebilir enerji uygulamalarının çeşitli faydaları tartışılmıştır. Bunlara fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması, iyileştirilmiş enerji verimliliği yoluyla maliyet tasarrufları, artan enerji güvenliği ve gelişmiş çevresel sürdürülebilirlik dahildir. Dahası, yenilenebilir enerji sistemlerinin tarımsal üretime entegrasyonu, özellikle enerji altyapısının sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde, kırsal toplulukların dayanıklılığına ve kendi kendine yeterliliğine katkıda bulunabilir. Yenilenebilir enerjiyi mevcut tarım tekniklerine, özellikle el ile yapılanlara entegre etmek, ek kapasite geliştirme (örneğin, damla sulama sistemlerinin bakımı için) ve yeni ürünler için pazarlama ve erişim pazarları ile mevcut ürünler için verim artışı gerektirir. Yenilenebilir enerji tedarikini cihazlara bağlamak, farklı tarımsal değer zincirlerinin taleplerine uyan teknoloji çözümlerini test eden ve uygulayan inovasyona yatırım gerektirir. Teknolojik çözümü daha uygun fiyatlı hale getirmek için, ev cihazlarında enerji verimliliğine daha fazla önem vermek gereklidir.

KAYNAKÇA

- [1] Ali, S., Ramaswamy, H., Awuah, G., 2002. Thermo-physical properties of selected vegetables as influenced by temperature and moisture content. J. Food Process Eng. 25 (5), 417–433.
- [2] Ali, S., Dash, N., Pradhan, A., 2012. Role of renewable energy on agriculture. Int. J. Eng. Sci. Emerg. Technol. 4 (1), 51–57.
- [3] Amjad, W., Akram, F., Rehman, S., Munir, A., Manzoor, O., 2021. Thermal analysis of a solar assisted cold storage unit for the storage of agricultural perishables produce. Eng. Proc. 12 (1), 24.

- [4] Axelsson, G., 2016. Nature and assessment of geothermal resources. In: Short Course on Sustainability and Environmental Management of Geothermal Resource Utilization and the Role of Geothermal in Combating Climate Change. UNU-GTP and LaGeo, Santa Tecla, El Salvador.
- [5] Aydoğdu, M.H., Cançelik, M., Sevinç, M.R., Çullu, M.A., Yenigün, K., Küçük, N., Karlı, B., Ökten, Ş., Beyazgül, U., Doğan, H.P., 2021. Are you happy to be a farmer? Understanding indicators related to agricultural production and influencing factors: GAP-Şanlıurfa, Turkey. Sustainability 13 (22), 12663.
- [6] Ayub, I., Munir, A., Ghafoor, A., Amjad, W., Nasir, M.S., 2018. Solar thermal application for decentralized food baking using Scheffler reflector technology. J. Solar Energy Eng. 140 (6).
- [7] Bachheti, R., Joshi, A., Singh, A., 2011. Oil Content variation and Antimicrobial activity of Eucalyptus leaves oils of three different Species of Dehradun, uttarakhand, india. Int. J. ChemTech Res. 3 (2), 625–628.
- [8] Day, F., 2011. Energy-Smart Food for People and Climate. FAO, Rome.
- [9] Diaconu, B.M., Varga, S., Oliveira, A.C., 2011. Numerical simulation of a solarassisted ejector air conditioning system with cold storage. Energy 36 (2), 1280–1291.
- [10] Faostat, F., 2010. Disponível. em:<<http://faostat.fao.org>
- [11] Ghafoor, A., ur Rehman, T., Munir, A., Ahmad, M., Iqbal, M., 2016. Current status and overview of renewable energy potential in Pakistan for continuous energy sustainability. Renew. Sustain. Energy Rev. 60, 1332–1342.
- [12] Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I., 2013. Sustainable development goals for people and planet. Nature 495 (7441), 305–307.
- [13] Holm-Nielsen, J., Madsen, M., Popiel, P., 2006. Predicted energy crop potentials for bioenergy, worldwide and for EU-25. World Bioenergy.
- [4] Hossain, M., Woods, J., Bala, B., 2005. Optimisation of solar tunnel drier for drying of chilli without color loss. Renew. Energy 30 (5), 729–742.
- [15] IEA, O., 2010. OECD and World Bank (2010). Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative. IEA, OPEC. In: OECD, WORLD BANK Joint Report, June.
- [16] Kalogirou, S.A., 2004. Solar thermal collectors and applications. Prog. Energy Combust. Sci. 30 (3), 231–295.
- [17] Kapoor, M., Garg, R.D., Shukla, A., 2019. Geospatial analysis and prediction of Solar Energy at Rural area using Helosat-4, Global Solar Atlas, NASA POWER, SMARTS, and measured data in Hadoop. In: AGU Fall Meeting 2019.
- [18] Lindsey, R., 2009. Climate and earth's energy budget. In: NASA Earth Observatory. p. 680.
- [19] Majeed, Y., Khan, U.S., Waseem, M., Zahid, U., Mahmoodb, F., Majeed, F., Sultan, M., Raza, A., (2023). Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. Energy Reports 10 (2023) 344–359.
- [20] Maphosa, B., 2020. Investigation on Post-Harvest Processing of Fruits Using a Solar-Bio-Energy. Hybrid Dryer North-West University, South Africa.

- [21] Mewa, E.A., Okoth, M.W., Kunyanga, C.N., Rugiri, M.N., 2019. Experimental evaluation of beef drying kinetics in a solar tunnel dryer. *Renew. Energy* 139, 235–241.
- [22] Mikkola, H., Ahokas, J., 2010. Energy management of future farms. *Agron. Res.* 8, 165–176.
- [23] Moravec, D., Barták, V., Puš, V., Wild, J., 2018. Wind turbine impact on near-ground air temperature. *Renew. Energy* 123, 627–633.
- [24] Munir, A., Hensel, O., 2010. On-farm processing of medicinal and aromatic plants by solar distillation system. *Biosyst. Eng.* 106 (3), 268–277.
- [25] Munir, A., Ashraf, T., Amjad, W., Ghafoor, A., Rehman, S., Malik, A.U., Hensel, O., Sultan, M., Morosuk, T., 2021. Solar-hybrid cold energy storage system coupled with cooling pads backup: A step towards decentralized storage of perishables. *Energies* 14 (22), 7633.
- [26] Otanicar, T., Taylor, R.A., Phelan, P.E., 2012. Prospects for solar cooling—An economic and environmental assessment. *Sol. Energy* 86 (5), 1287–1299.
- [27] Rincon Mejia, E.A., Osorio Jaramillo, F.A., 2000. A novel solar hot plate for cooking.
- [28] Saxena, A., Pandey, S., Srivastav, G., 2011. A thermodynamic review on solar box type cookers. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (6), 3301–3318.
- [29] Scheffler, W., Bruecke, S., von Werdenbergstr, G., 2006. Introduction to the revolutionary design of Scheffler reflectors. In: *International Solar Cooker Conference*.
- [30] Singh, P., Jena, P., Giri, S., Gholap, B.S., Kushwah, O.S., 2018. Solar-powered cold storage system for horticultural crops. In: *Energy and Environment*. Springer, pp. 125–131.
- [31] Waseem, M., Majeed, Y., Nadeem, T., Naqvi, L.H., Khalid, M.A., Shafiq, M., Sajjad, M.M., 2022. Climate change, flood disaster, and food insecurity in Pakistan.

ÇİLEK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE RİZOBAKTERİ VE VİNAS UYGULAMALARININ GELİŞME VE VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ

Neslihan TOPAL

Selçuk Üniversitesi

neslidincer@hotmail.com orcid:0009-0004-7246-6974

Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN

Selçuk Üniversitesi

aesitken@selcuk.edu.tr orcid: 0000-0002-6140-7782

ÖZET

Bu çalışma, 2024 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri bölümüne ait seralarda yürütülmüştür. Araştırma Albion çilek çeşidi, vinasın %1, %2,5 ve %5 lik dozları ve rizobakteri olarak *Aeromonas hydrophila iehthiosmia* AE425 ırkı kullanılmıştır. Yapılan uygulamaların gelişme ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi için yaprak alanı, kardeş bitki sayısı, bitki kök uzunluğu, bitki yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, verim, meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve suyunda SÇKM oranı, meyve suyunda pH değeri, meyve suyunda toplam asitlik miktarı tespit edilmiştir.

Çalışmada vejetatif gelişme kriterleri açısından, vinas ve rizobakterinin tek uygulanması yerine özellikle düşük doz vinas ile rizobakterinin birlikte uygulamalarının etkilerinin daha önemli olduğu belirlenmiştir. Özellikle %5 vinas dozunun olumsuz etkileri saptanmıştır. Verim parametreleri açısından ise yine vinasın düşük dozları ile yapılan rizobakteri kombinasyonları daha etkili olmuştur. Özellikle rizobakteri + %2,5 vinas uygulamasının hem bitki başına meyve sayısını artırmada hem de meyve ağırlığını artırmada etkileri önemli bulunmuştur. Yine verim açısından da yüksek doz vinas uygulamasının olumsuz etkileri görülmüştür. SÇKM ve asitlik açısından uygulamalar arasında bir fark olmadığı, %5 vinas uygulamasının ise pH değerini artırmada en etkili, %2,5 vinas uygulamasının ise pH değerini düşüren uygulama olduğu saptanmıştır.

Çalışma sonucunda çilek yetiştiriciliğinde düşük dozlarda vinas ve rizobakteri kombinasyonlarının özellikle verimi artırmak için sentetik gübrelere alternatif olarak kullanılabileceği, bu sayede hem insan ve çevre sağlığına katkıda bulunabileceği hem de sürdürülebilir tarımında destekleneceği tespit edilmiştir. Bu yüzden çilek yetiştiriciliğinde rizobakteri ve %2,5 vinas kombinasyonlarının kullanılması verimi artırmak için tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler : Çilek, Vinas, Rizobakteri, Büyüme, Gelişme, Verim

CEVİZ KABUĞUNUN KOH VE İLE KİMYASAL AKTİVASYONU SONUCU ELDE EDİLEN AKTİF KARBONUN KARAKTERİZASYONU

Prof. Dr. ESRA ALTINTIĞ

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

altintig@subu.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0001-8031-2415>

Dr. BİRSEN SARICI

Düzce Üniversitesi

birsensarici@duzce.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0002-0581-8659>

ÖZET

Bu çalışmada lignoselülozik madde ve yüksek karbon içeriğine sahip ceviz kabuğundan aktif karbon üretimi amaçlandı. Çalışmada kimyasal aktivasyon yöntemi kullanıldı. Kimyasal aktive edici ajan olarak potasyum hidroksit (KOH) tercih edildi. Muhtemel kirliliklerden yıkanıp kurutularak arıtılan ceviz kabukları öğütülerek 50,70, 150 mesh boyutunda elendi. Farklı mesh aralığında (50-70-150) öğütülen fındık kabukları, 1:3 oranlarında (hammadde/kimyasal ajan) KOH ile karıştırılarak optimum aktif karbon üretim şartlarına ulaşmak hedeflendi. Aktivasyonu gerçekleşen ceviz kabuklarının 600 °C’de tüp fırında karbonizasyonu gerçekleştirildi. Ceviz kabuğundan elde edilen aktif karbonun, karakterizasyon çalışmaları öncesinde verim hesaplaması yapıldı. En yüksek verim elde edilen 70 mesh boyutlu aktif karbonun FT-IR, XRD ve SEM görüntüleri değerlendirildi. Elde edilen numunenin BET yüzey alanı hesaplaması yapılarak 1279 m²/g olarak bulundu. Ayrıca elde edilen aktif karbonun gözenek boyutu açısından değerlendirildiğin de yüksek mikro ve mezo gözenek yapısında olduğu görüldü. Kimyasal ajan olarak kullanılan KOH’in özellikle 1/3 oranında aktivasyona oldukça uyumlu olduğu belirlendi. Yapılan çalışmalar sonucu aktif karbon üretiminde ceviz kabuğunun hammadde olarak iyi bir başlangıç malzemesi ve sürdürülebilir bir çevre için doğru bir tarımsal atık olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Aktif karbon, Ceviz kabuğu, Karakterizasyon, BET

I. GİRİŞ

Aktif karbonlar, (AK) gözenek boyutları ve yüksek yüzey alanları nedeniyle çok yaygın kullanılan adsorbanlardandır (1). Su arıtımı, enerji depolama, ilaç sektörü, kimya ve petrol endüstrileri gıda sektörü, ayrıştırma, nükleer santraller ve atık su bertarafı gibi birçok uygulama alanı vardır. Bununla birlikte, piller, yakıt hücreleri, hidrometalurji, diğer adsorbentlere göre daha ucuz olması ve hammadde kullanımındaki çeşitlilik sayesinde adsorpsiyonda tercih edilmesi, önemi aktif karbon miktarı her yıl artmaktadır (2). Aktif karbonlar, saflaştırma işlemlerinin ön işlemlerinde veya ileri saflaştırmada kullanılır. Sıvı faz uygulamalarında adsorpsiyon, adsorbe edilen malzeme ile aktif karbonun etkileşiminden kaynaklanır. Adsorbe edilen madde bir elektrolit olduğunda, aktif karbon ile elektrostatik bir etkileşim meydana gelir. Bu elektrostatik etkileşimlerdeki itme ve çekme kuvvetleri aktif karbon yüzeyindeki elektron yüküne, adsorbe edilecek maddenin kimyasal yapısına ve çözeltideki iyon yüküne göre değişir. Elektrolit olmayan sıvılarda, bu etkileşimler Van der Waals etkileşimleri, hidrofobik, hidrofilik etkileşimler ve hidrojen bağları yoluyla gerçekleşir (3).

AK sentezi eski çağlarda genellikle kömür, linyit, odun ve hayvan kemiklerinden sentezlenirdi. Günümüzde bu ürünler hem pahalı olmaları hem de yenilenemez olmaları nedeniyle tercih edilmemektedir. Bu ürünlerin yerini tarım ürünleri ve bunların atıkları almıştır. Bu atıklardan bazıları fıstık-fındık, bambu kabuğu, mısır koçanı, zeytin çekirdeği, budama dut filizi, Jojoba tohum, hindistancevizi kabuğu, fındık küspesi, çay atıkları, ceviz kabuğu, kayısı çekirdeği, köknar talaşı ve diğerleri (4,5,6).

Bu ürünlerden aktif karbon sentezi yapıldığında verim, kömür ve linyitten üretilene göre daha düşüktür. Bunun nedeni bu ürünlerdeki karbon miktarının diğerlerinden daha az olmasıdır. AK sentezi genellikle iki şekilde gerçekleştirilir: karbonizasyon ve aktivasyon. Aktivasyon genellikle iki farklı şekilde gerçekleşir: fiziksel ve kimyasal aktivasyon (7). Ancak son yıllarda fizikokimyasal aktivasyon da ortaya çıkmıştır (8). Kimyasal aktivasyon, karbonizasyondan sonra numunenin kimyasal madde ile karıştırılması veya ham numunenin üzerine kimyasal maddenin yerleştirilmesi ile yapılabilir. Ham numune üzerine kimyasal madde konması durumunda karbonizasyon basamağından geçilerek tek adımda aktif karbon sentezi gerçekleştirilir. Her iki durumda da atmosfer inert olarak N_2 gazı ile yapılır. Kimyasal aktivasyonda yaygın olarak kullanılan kimyasallar $ZnCl_2$, H_3PO_4 , $NaOH$, KOH , ve K_2CO_3 'tür (9).

Fiziksel aktivasyonda, numune inert bir atmosferde (N_2 gazı ile) karbonize edilir. Karbonizasyon sonrasında fiziksel aktivasyona tabi tutulan numune genellikle CO_2 , su buharı, CO_2 -su buharı karışımı veya CO_2 -hava karışımına maruz bırakılır ve aktivasyon işlemi tamamlanır. Fizikokimyasal aktivasyonda, aktif karbon sentezi, ya ham numunenin üzerine ya da karbonize olan materyalin üzerine kimyasal bir ajan konularak ve fiziksel aktivasyonda kullanılan gaz atmosferine yerleştirilerek yapılır. Bir tür kimyasal ve fiziksel aktivasyon karışımıdır (10).

AK, yüzeylerindeki gözenekler sayesinde yüzey alanlarını genişletirler. Bu gözenekler genel olarak üç farklı şekilde tanımlanır: Mikro gözenekler ($<2\text{nm}$), mezo gözenekler ($2 < >50\text{ nm}$) ve makro gözenekler ($>50\text{ nm}$) (2). Lignoselülozik yapıya sahip biyokütleler, aktif karbon sentezi için uygun malzemelerdir. Bu biyokütleler hem yenilenebilir hem de ucuz oldukları için aktif karbon sentezinde sürekli olarak kullanılabilirler (3). Ek olarak, bu malzemelerin depolanması ucuz olduğundan, biyokütleler aktif karbon sentezi için uygundur. Lignoselülozik yapılar üç temel birimden oluşur: selüloz, hemiselüloz ve lignin. Bu birimler sıcaklıkla ayrışır ve gözenekli bir yapı oluşturur (2).

Bu çalışmada sürdürülebilir bir dünya için tarımsal atık olarak ceviz kabuğu (CK) aktif karbon üretiminde başlangıç maddesi olarak tercih edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Cihazlar

CK karbonizasyon İşlemleri Protherm PFT 12-105-900 Model Tüp Fırın kullanılarak inert atmosferde N_2 gazı akışında gerçekleştirildi. Retsch AS-200 Elek Numune boyutlandırma amacıyla kullanıldı. Tüm kurıtma işlemlerinde Nüve FN 500 (max. 250°C): etüv kullanılırken, nem ve kül analizleri Proterm Furnace kül fırınında gerçekleştirildi. FT-IR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopu) ölçümleri Perkin Elmer Two spectrum 100 ile, Stuart S1-500 Çalkalamalı İnkübatör numunelerin kimyasal aktivasyonu için kullanıldı. Ayrıca numunelerin SEM ve EDS (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri Jeol JSM-6060L marka cihaz ile alınmıştır. Elde edilen ürünlerin Braunauer-Emmett-Teller (BET) yüzey alanı Malatya İnönü Üniversitesinde Micromeritics Marka Tristar 3000 marka cihazla yüzey alanı ve gözenek boyutu, N_2 adsorpsiyon verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Numunelerin yapı analizi, Rigaku model XRD cihazı kullanılarak gerçekleşti. Tüm çalkalama işlemlerinde Wisestir MSH-20A Isıtıcı manyetik karıştırıcı kullanıldı.

2.2. Materyal

CK Erzurum İli Tortum ilçesinden 2020 mahsülü ürünlerden elde edilmiştir. Kimyasal ajan olarak kullanılan KOH (Merck) ve HCl (Merck 37%) ve NaOH (Merck Sodyum hidroksit peleti) çözeltileri pH ayarları için tercih edildi.

2.3. Metot

CK, önce musluk suyu ile yıkanarak aktivasyon aşamalarında kimyasal etkileşimi etkileyecek muhtemel safsızlıklardan arındırıldı. Daha sonra 3 gün oda ısısında kuruduktan sonra Öğütülmüş numuneler 2 saat etüvde 110°C bekletilerek kurutuldu. Hammaddenin parçacık boyutu, elde edilecek olan aktif karbona ait gözenek hacmini ve gözenek yapısını etkilediği bilinmektedir. Bu bakımdan kurumuş ceviz kabukları blenderda küçültülerek Retsch AS-200 marka elek ile 50,70,150 mesh boyutunda elendi.

2.4. Aktif Karbonun Üretimi

KOH (Merck) %50'lik çözelti hazırlandı. Üç farklı boyuttaki ceviz kabuklarının her birinden tartımı yapılan 10 g lık miktar 250 mL erlen içerisine konulmuş ve üzerine hazırlanan %50'lik KOH çözeltisinden hammadde kimyasal oranları 1:3, (30g) olacak şekilde tartımı yapılarak eklenmiştir. Daha sonra 40 °C'de 24 saat 200 rpm hızda çalkalamalı inkübatörde empreyne olması için 24 saat bekletilmiştir. Bir sonraki adımda yoğun kıvamlı çözeltiden kimyasal maddenin fazlası süzülerek ayrılmış ve numuneler laboratuvar koşullarında oda sıcaklığında açıkta olacak şekilde bir gün süreyle bekletilmiştir. Daha sonra numunelerin kuruması amacıyla 90 °C'de etüvde 24 saat bekletildikten sonra ağzı sıkı kapalı numune kaplarında karbonizasyon için stoklanmıştır (11).

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Verim analizi

Elde edilen aktif karbonların verimleri verilen 1 numaralı formülle hesaplandı.

$$\text{Verim} = m_1/m_2 \times 100 \quad (1)$$

Çizelge 1'de görüldüğü gibi en yüksek verim 70 mesh boyutlu aktif karbonda görüldü. Çalışmanın daha sonra yapılacak karakterizasyon aşamalarında verimi en yüksek olan numune ile devam edildi.

Çizelge 1. Farklı mesh boyutunda öğütülmüş aktif karbonların verim hesaplaması

Örnek	Sıcaklık (°C)	Mesh aralığı	KOH/Hammadde	Süre (h)	Verim (%)
1	600	50	1/3	24	33.6
2	600	70	1/3	24	35.8
3	600	150	1/3	24	31.1

3.2. Aktif Karbon Nem, Kül, Uçucu Madde ve Sabit Karbon Analizi

a. Nem analizi

$$W = \frac{M_1 - M_0}{M_1 - M_2} \times 100 \quad (2)$$

W = Numunenin kütlece yüzdesi olarak nem içeriği, 100 g başına g

M₀ = Sabit ağırlığa getirilmiş krozenin ağırlığı, g

M_1 = Kurutmadan önceki kroze ve numunenin ağırlığı, g

M_2 = Kurutmadan sonra kroze ve numunenin ağırlığı, g

b. Kül analizi

$$\% \text{ Toplam Kül Miktarı} = \left(\frac{D - B}{C - B} \right) \times 100 \quad (3)$$

B = Sabit ağırlığa getirilmiş kapaklı boş krozenin ağırlığı, g

C = Yakma işleminden önceki kapaklı kroze ve numunenin ağırlığı, g

D = Yakma işleminden sonra kapaklı kroze ve numunenin ağırlığı, g

c. Uçucu madde tayini

$$\% \text{ Uçucu Madde Miktarı} = \left[\left(\frac{C - D}{C - B} \right) \times 100 \right] - M \quad (4)$$

B = Sabit ağırlığa getirilmiş kapaklı boş krozenin ağırlığı, g

C = Kurutma işleminden önce kapaklı kroze ve numune kütlesi toplamı, g

D = Kurutma işleminden sonra kapaklı kroze ile geride kalan madde kütlesi toplamı, g

M = Kullanılan numunenin nem yüzdesi

d. Sabit karbon tayini

$$\% \text{ Sabit Karbon} = 100 - (\% \text{ Kül} + \% \text{ Uçucu Madde}) \quad (5)$$

Çizelge 2. Aktif Karbon Nem, Kül, Uçucu Madde ve Sabit Karbon Analizi Sonuçları

Yapılan analizler	Nem Miktarı	Kül Miktarı	Uçucu Madde	Sabit Karbon
AK	8,51	12,53	14,01	79,95

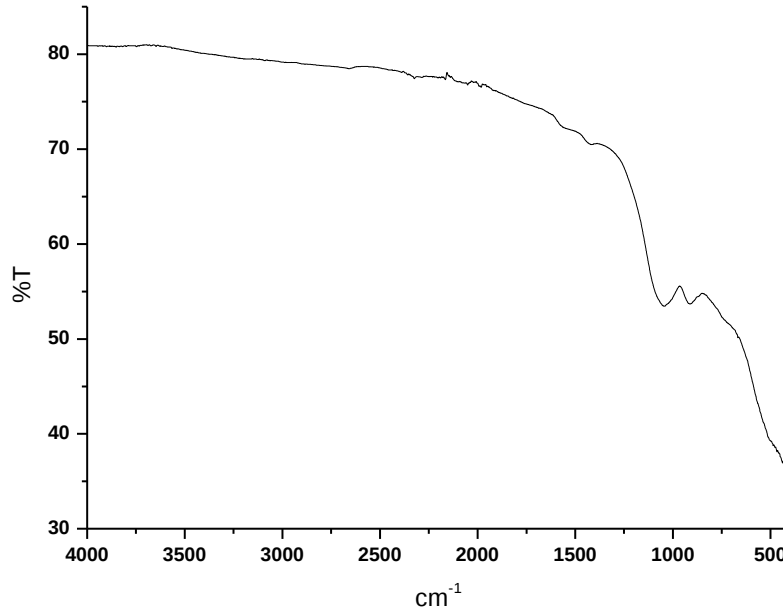
Çizelge 1’de verilen sonuçlar yukarıda verilen 2,3,4,5 nolu formüller kullanılarak hesaplandı. Çıkan sonuçlar çizelgede verildi. Çizelge incelendiğinde ceviz kabuğundan elde edilen aktif karbonun (CKAK) nun nem, kül, uçucu madde ve sabit karbon içeriğinin literatürle uyumlu olduğu görüldü (12). Çalışmada özellikle düşük kül içeriği aktif karbonun yüksek adsorban aktivitesine işaret etmektedir. Aktif karbonlarda yüksek kül içeriği olması mikro gözeneklerin tıkanmasına sebep olacağı için yüzey alanında azalmaya neden olabilmektedir. Ayrıca aktif karbonlarda yüksek kül içeriği, ceviz kabuğunun inorganik içeriğinden kaynaklanabilir. Rodriguez-Mirasol ve ark. (1993), yaptığı çalışmada yüksek kül içeriğinin, aktif karbona ait

yüzey alanı ve gözenek kapasitesini azalttığını ifade etmiş ve düşük kül seviyesine sahip aktif karbonların daha yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu ifade etmişlerdir (13).

3.1. Aktif Karbonun Karakterizasyonu

3.1.1. FT-IR (Fourier Kızılötesi Dönüşüm Spektroskopisi) Ölçüm Sonuçları

Genel olarak aktif karbon yüzeyinde bulunan fonksiyonel gruplar adsorpsiyon işlemleri sırasında kimyasal bağların oluşumunu sağladığı için aktif karbonun karakterizasyonu açısından oldukça önemlidir (14).



Görsel 1 70 mesh boyutundaki CKAK'na ait FT-IR spektrumları

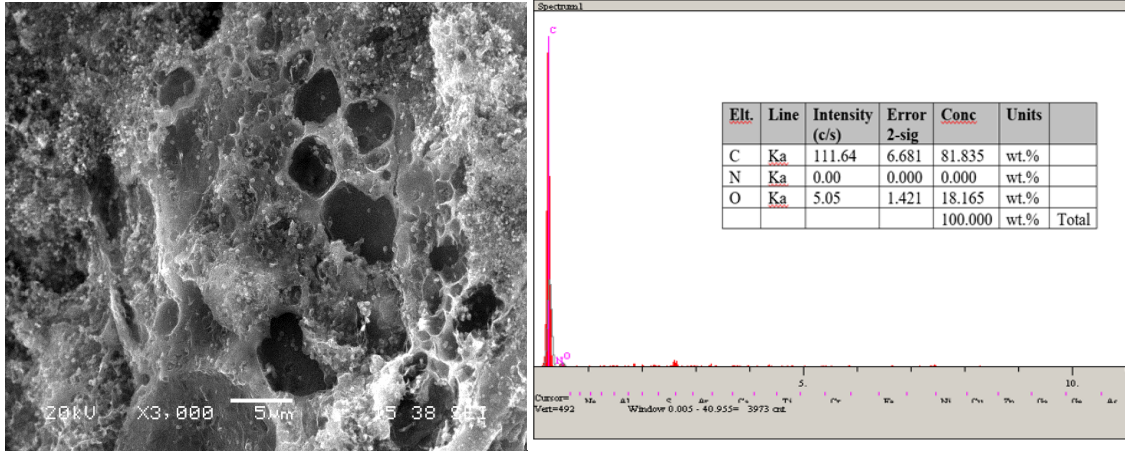
Spektrumlar incelendiğinde 3372cm^{-1} 'deki geniş -OH titreşim piklerinin oluşmadığı ve buda yapıda nemin olmadığını göstermektedir. 1125 cm^{-1} 'de beliren keskin pik heterosiklik halkalardaki C-O gerilme pikidir (15).

1550 cm^{-1} civarında görülen pikler aromatik yapılarda bulunan olefinik C=C titreşimlerinden ve C=O titreşimlerinden. 1132 cm^{-1} civarında görülen şiddetli pikler ise C-O titreşimlerinden kaynaklanmaktadır (16).

Genel olarak aktif karbon yüzeyinde bulunan fonksiyonel gruplar adsorpsiyon işlemleri sırasında kimyasal bağların oluşumunu sağladığı için aktif karbonun karakterizasyonu açısından oldukça önemlidir (14).

3.1.2. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) ve EDS Görüntüleme Sonuçları

Görsel 1’de ceviz kabuğunun KOH aktivasyonu sonucu elde edilen aktif karbonun 3000x büyütmede SEM fotoğrafları ve EDS görüntüsü verilmiştir.

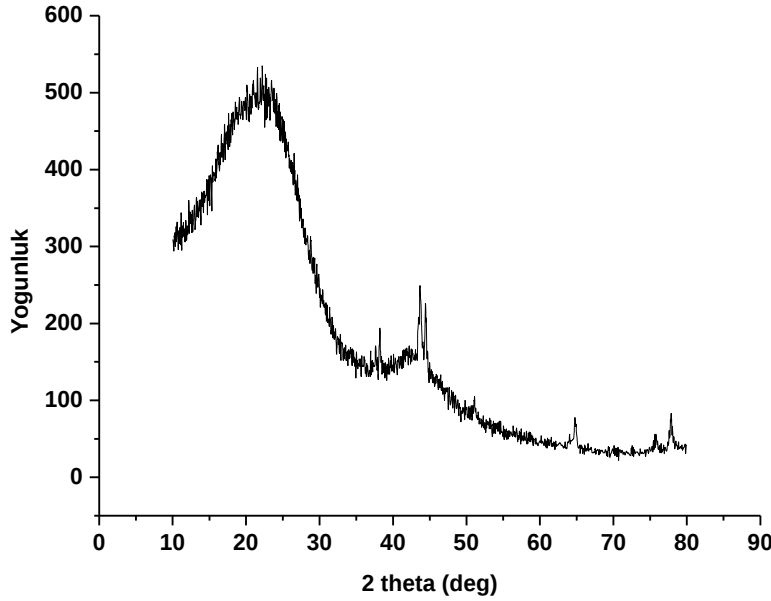


Görsel 2. Ceviz kabuğunun KOH aktivasyonu sonucu elde edilen aktif karbonun 3000x büyütmede SEM fotoğrafları ve EDS görüntüsü.

Görseller incelendiğinde yüzeyde mükemmel bal peteği görüntüsünde homojen dağılmış gözenekler görülmektedir. Yapı neredeyse bütünüyle gözenekli olmasıyla ve her bir gözenegin eşit dağılmış olmasıyla, ayrıca bütün yüzeyin deliklerle dolu ve düzensiz şekilli olmasıyla dikkat çekicidir. Bu görüntü aktif karbonun bal peteği yapısının özelliği olup bize KOH ile aktivasyonun gözenek dağılımı açısından başarılı olduğunu göstermiştir. EDS sonuçları değerlendirildiğinde karbon yüzde oranı % 81, olarak tespit edilmiş ve aktif karbon için mükemmel yakın bir orandır. Oksijen oranı ise %18, olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar hammaddenin KOH ile çok uyumlu şekilde aktifleştğini ve aktif karbonun ana bileşen oranının yüksek oranda arttığını gösterir (17).

3.1.3. XRD Görüntüleme Sonuçları

XRD analizi, yapıda var olan kristal özellikler hakkında bilgi veren bir analiz yöntemidir. Aktif karbon karakterizasyon yöntemi olarak kullanılan bu analiz, yapıda herhangi bir kristalin olup olmadığını görmemizi sağlamaktadır. Aktif karbonlar çoğunlukla amorf yapıda olmalarına karşın üretimdeki yöntem farkları yöntemlerine göre aktif karbon yapısında kristaller bulunabilmektedir.



Görsel 3. 70 mesh boyutundaki CKAK'na ait XRD sonucu

Sonuçlar 2 θ derecesinde 22° ve 43° tipik pikler aktif karbona ait amorf yapıyı işaret etmektedir. Ayrıca aktif karbon üretiminde mesh boyut farkının amorf yapıyı etkilemediği gözlenmiştir (18).

-

3.1.4. BET Yüzey ve Gözenek Boyutu Belirleme Sonuçları

Yüzey alanı ve porozite (gözeneklilik) analiz cihazı olarak adlandırılan BET cihazı, numunelerin yüzey alanını ölçmek için kullanılır. İsmini Brunauer Emmett ve Teller isimli üç bilim adamının baş harflerinin birleştirilmesinden alan cihaz, katı veya toz numunelerde fiziksel adsorpsiyon yöntemine dayanarak mikro, mezo ve makro gözenek boyutu ve gözenek boyut dağılımını düşük basınçta ve yüksek çözünürlükte tespit etmektedir (19).

Çizelge 2. 70 mesh boyutlu ceviz kabuğunun 1/3 oranında KOH ile aktive edilmesiyle elde edilen aktif karbona ait BET sonuçları

Numune	BET Yüzey alanı (m ² /g)	Mikrogözenek alanı (m ² /g)	Mezogözenek alanı (m ² /g)	Ortalama gözenek çapı dp (4 V/A by BET) (Å)
	1279,7536	336,0798	943,6738	25,768

Adsorpsiyon özelliğinin belirlenmesi açısından aktif karbonların yüzey alanları son derece önemli parametrelerdir. Aktif karbonun yüzey alanı ve gözeneklerinin özellikleri üretimde kullanılan yöntemden başlayarak, tercih edilen hammaddeye ve proses aşamasındaki birçok etkene bağlıdır. Bu etkenler başlangıç maddesinin yapısı, tercih edilen aktivasyon yöntemi ve tercih edilen kimyasal ajanlar, karbonizasyon ısısı ve aktivasyon sıcaklıkları ve uygulamalarda belirlenen süre gibi birçok parametredir. Hammadde aynı olsa bile diğer parametrelerin farklı olmasıyla bile çok farklı özelliklerde aktif karbonlar üretilebilmektedir (20, 21).

Aktif karbonlarda yüzey alanıyla birlikte, mezogözeneklerin alanı da fazlaca önemlidir. Ayrıca gözenek boyutunda, aktif karbon tarafından adsorbe edilecek moleküllerin boyutunu belirlediği için oldukça önemlidir. Özellikle aktif karbon içindeki mezo ve mikrogözeneklerin varlığı daha büyük moleküllerin adsorbe edilmesini iyileştirir. Ortalama gözenek çapı 2-10 nm arasındaki mezogözenekler ne kadar artarsa, aktif karbonun yüzey alanı da o kadar artacaktır (22, 23).

Çalışmada çıkan BET sonucu ve özellikle gözenek çapı ceviz kabuğu ve kullanılan kimyasal ajanın son derece uyumlu olduğu ve geniş yüzey alanı ve adsorbsiyon kapasitesi yüksek bir aktif karbon üretildiğini kanıtlamıştır (24).

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada CK hammadde olarak tercih edilmiş ve üç farklı mesh boyutunda (50,70,150) öğütülmüştür. KOH kimyasal ajan 1/3 oaranda olarak kullanılarak üç farklı mesh boyutta aktif karbon sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen aktif karbonların verimi en yüksek olan 70 mesh boyutlu olanın karakterizasyon özellikleri incelenmiştir. Nem-kül yüzde değerleri incelendiğinde, düşük kül içeriği ve nem içeriğiyle aktif karbonun adsorbsiyon kabiliyetinin yüksek olduğu düşünülmüştür. Karakterizasyon çalışmalarında özellikle SEM görüntüsü aktif karbona ait tipik bal peteği görüntüsüyle yüzey alanının geniş olduğu anlamına gelmiştir. SEM görüntüsü ise Özellikle BET analizi ile yapılan hassas ölçüm ile birlikte doğrulanmış ve elde edilen sonuç ticari aktif karbonun yaklaşık dört katı olarak 1279m²/g belirlenmiştir. Geniş yüzey alanı ve yüksek adsorban kapasitesi ile ceviz kabuğu tarımsal atık olarak aktif karbon yapımında önemli bir hammadde olark belirlenmiştir. Ayrıca kimyasal aktivasyon açısından KOH doğru bir seçim olarak görülmüş ve karbonizasyon ısısı oldukça düşük maliyetle aktif

karbon üretimine olanak sağlamıştır. Daha geniş çaplı araştırmalar ve daha detaylı sonuçlar için üretilen aktif karbon adsorbsiyon çalışmalarında kullanılmalı ve çevre açısından nasıl değerlendirileceği araştırmalar yapılması önerilir.

Kaynakçalar

1. Altıntig, E, Sarıcı, B., & Karataş, S. (2023). Prepared activated carbon from hazelnut shell where coated nanocomposite with Ag⁺ used for antibacterial and adsorption properties. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(5), 13671-13687.
2. Yahya MA, Al-Qodah Z, Ngah CZ (2015) Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review *Renewable Sustainable Energy Reviews* 46: pp.218-235
3. 15.Dias JM, Alvim-Ferraz MC, Almeida MF, Rivera-Utrilla J, Sánchez-Polo M (2007) Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous phase treatment: a review *Journal of environmental management* 85: pp.833- 846
4. Örkün Y, Karatepe N, Yavuz R (2012) Influence of temperature and impregnation ratio of H₃PO₄ on the production of activated carbon from hazelnut shell *Acta Physica Polonica Series A General Physics* pp.121:277
5. Altıntig, E., Sarıcı, B., Bozdağ, D., Över Özcelik, T., Karakaş, M., & Altundag, H. (2024). Application of Optimization Response Surface for the Adsorption of Methylene Blue Dye onto Zinc-coated Activated Carbon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(7), 682.
6. Yusufu M, Ariahu C, Igbabul B (2012) Production and characterization of activated carbon from selected local raw materials *African Journal of Pure Applied Chemistry* 6: pp.123-131
7. Jutakradsada P, Prajaksud C, Kuboonya Aruk L, Theerakulpisut S, Kamwilaisak K (2016) Adsorption characteristics of activated carbon prepared from spent ground coffee *Clean Technologies and Environmental Policy* 18: pp.639-645
8. Donald J, Ohtsuka Y, Xu CC (2011) Effects of activation agents and intrinsic minerals on pore development in activated carbons derived from a Canadian peat *Materials Letters* 65: pp.744-747
9. Sarıcı, B., Karatas, S., & Altıntig, E. (2022). Removal of Methylene blue from aqueous solution with activated carbon produced from hazelnut shells by K₂CO₃ activation. *Desalination And Water Treatment*, 254, 287-301.
10. Özcelik, T. O., Altıntig, E., Cetinkaya, M., Ak, D. B., Sarıcı, B., & Ates, A. (2025). Methylene Blue Removal Using Activated Carbon from Olive Pits: Response Surface Approach and Artificial Neural Network. *Processes*, 13(2), 347.

11. Khalil, H. P. S., Jawaid, M., Firoozian, P., Rashid, U., Islam, A., & Akil, H. M. (2013). Activated carbon from various agricultural wastes by chemical activation with KOH: preparation and characterization. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 7(6), 708-714.
12. Tünay, S. (2023). Fındık ve ceviz kabuğundan üretilen aktif karbon ile diklofenak sodyum, siprofloksasin ve sülfametoksazol adsorpsiyonunun incelenmesi= Investigation of the adsorption of diclofenac sodium, ciprofloxacin and sulfamethoxazole by activated carbon produced from hazelnut and walnut shell.
13. Rodríguez-Mirasol, J., Cordero, T., & Rodríguez, J. J. (1993). Preparation and characterization of activated carbons from eucalyptus kraft lignin. *Carbon*, 31(1), 87-95. [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(93\)90160-C](https://doi.org/10.1016/0008-6223(93)90160-C), 123(33), 20195-20209.
14. Shamsuddin, MS, Yusoff, NRN ve Sulaiman, MA (2016). H₃PO₄ aktivasyonu kullanılarak kenaf çekirdek lifinden üretilen aktif karbonun sentezi ve karakterizasyonu. *Procedia Kimya*, 19, 558-565.
15. Lv, P., Perre, P., & Perré, G. A. (2015). TGA-FTIR analysis of torrefaction of lignocellulosic components (cellulose, xylan, lignin) in isothermal conditions over a wide range of time durations. *BioResources*, 10(3), 4239-4251. DOI:10.15376/biores.10.3.4239-4251
16. Fan, H. T., Shi, L. Q., Shen, H., Chen, X., & Xie, K. P. (2016). Equilibrium, isotherm, kinetic and thermodynamic studies for removal of tetracycline antibiotics by adsorption onto hazelnut shell derived activated carbons from aqueous media. *RSC advances*, 6(111), 109983-109991.
17. Zhao, B., Xu, X., Zeng, F., Li, H., & Chen, X. (2018). The hierarchical porous structure bio char assessments produced by co-pyrolysis of municipal sewage sludge and hazelnut shell and Cu (II) adsorption kinetics. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(20), 1-18
18. Baker, F. S., Miller, C. E., Repik, A. J., & Tolles, E. D. (2000). Activated carbon. *Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, (s,21-47)
19. Sinha, P., Datar, A., Jeong, C., Deng, X., Chung, Y. G., & Lin, L. C. (2019). Surface area determination of porous materials using the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method: limitations and improvements. *The Journal of Physical Chemistry*
20. Önal, Y., Akmil-Başar, C., Sarıcı-Özdemir, Ç., & Erdoğan, S. (2007). Textural development of sugar beet bagasse activated with ZnCl₂. *Journal of Hazardous Materials*, 142(1-2), 138-143.
21. Altıntig, E., Sarıcı, B., Bozdog, D., Over Ozcelik, T., Karakaş, M., & Altundag, H. (2024). Application of Optimization Response Surface for the Adsorption of Methylene Blue Dye onto Zinc-coated Activated Carbon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(7), 682.
22. Duman, G., Onal, Y., Okutucu, C., Onenc, S., & Yanik, J. (2009). Production of activated carbon from pine cone and evaluation of its physical, chemical, and adsorption properties. *Energy & fuels*, 23(4), 2197-2204.
23. Chandra, T. C., Mirna, M. M., Sudaryanto, Y., & Ismadji, S. J. C. E. J. (2007). Adsorption of basic dye onto activated carbon prepared from durian shell: Studies of adsorption equilibrium and kinetics. *Chemical Engineering Journal*, 127(1-3), 121-129.
24. Aksoğan Korkmaz, A., & Önal, Y. (2022). Kenevir Atıklarının Karbonizasyonu ve Aktif Karbon Eldesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*,

METİLEN MAVİSİNİN MANYETİK AKTİF KARBON İLE GİDERİMİNİN İNCELENMESİ

Prof. Dr. ESRA ALTINTIĞ

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

altintig@subu.edu.tr - <https://orcid.org/0000-0001-8031-2415>

Dr. BİRSEN SARICI

Düzce Üniversitesi

birsensarici@duzce.edu.tr- <https://orcid.org/0000-0002-0581-8659>

ÖZET

Bu çalışmada, tarımsal atık olarak değerlendirilen badem kabuğu, kimyasal aktivasyon yöntemi (KOH) kullanılarak aktif karbon (AK) haline getirilmiş ve ardından birlikte çöktürme yöntemi ile manyetik özellik kazandırılarak AK/Fe₃O₄ kompoziti elde edilmiştir. Hazırlanan manyetik aktif karbon, su ortamındaki organik kirleticilerden biri olan metilen mavisinin (MM) giderimi amacıyla adsorban olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, adsorpsiyon sürecine etki eden çeşitli parametreler sistematik olarak incelenmiştir. Özellikle başlangıç pH'ı (2-10 aralığında), adsorban miktarı (0,1-0,5 g) ve temas süresi (0-150 dakika) gibi faktörlerin adsorpsiyon verimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve optimum adsorpsiyon koşulları belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, optimum pH değerinin 8 olduğu belirlenmiş olup, bu koşulda %98 gibi yüksek bir adsorpsiyon verimi elde edilmiştir. Adsorpsiyon kinetiği üzerine yapılan modelleme çalışmaları, sürecin yalancı ikinci dereceden kinetik modele uygun olduğunu göstermiştir. Başlangıç konsantrasyonunun artışıyla adsorpsiyon kapasitesinin de arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, adsorpsiyon izotermi incelenildiğinde, deneysel verilerin Langmuir izotermi ile daha iyi uyum sağladığı bulunmuş ve maksimum adsorpsiyon kapasitesi 294,15 mg/g olarak hesaplanmıştır. Langmuir izoterminde elde edilen yüksek korelasyon katsayısı ($R^2 \geq 0,95$), adsorpsiyon mekanizmasının kimyasal adsorpsiyon (kompleksleşme) yoluyla gerçekleştiğini göstermektedir. Bu çalışma, badem kabuğu gibi tarımsal atıkların çevre dostu ve ekonomik bir şekilde değerlendirilerek yüksek verimli manyetik aktif karbon üretimi için kullanılabileceğini göstermektedir. Elde edilen AK/Fe₃O₄ malzemesi, organik boya gideriminde etkili bir adsorban olarak değerlendirilebilir ve atık su arıtımı gibi çevresel uygulamalarda önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aktif karbon, metilen mavisi, adsorpsiyon

GİRİŞ

Su, yaşam için vazgeçilmezdir ve su kaynaklarının korunması giderek daha önemli hale gelmektedir. Temiz ve yeterli tatlı su insanın hayatta kalması için önemli bir etkidir. Su kaynaklarındaki kirlilik, fiziksel, kimyasal, biyolojik kirleticilerden kaynaklanır ve çevresel sorunların başında gelir (1, 2). Farklı kirleticiler arasında organik boyalardan biri olan Metilen Mavisi (MM), tekstil, ilaç gibi endüstride sıklıkla kullanılan toksik ve ekosisteme zararlı bir boya türüdür. Bu kirleticilerin giderilmesi için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan biri olan adsorpsiyon, basit, düşük maliyetli ve etkili bir yöntemdir (3, 4). Aktif karbon, organik kirleticilerin giderilmesinde en yaygın kullanılan adsorbandır ve karbon içeriği yüksek, düşük maliyetli hammaddelerden üretilebilir (5). Tarımsal atıkların aktif karbon üretiminde kullanılması ekonomik ve çevresel açıdan avantaj sağlamaktadır (Aminu ve diğerleri, 2020). Günümüzde, aktif karbonlar metal oksitlerle modifiye edilerek boyar madde gideriminde yaygın olarak kullanılmaktadır (6-8). Bu metal oksitlerden biri olan manyetik aktif karbon, aktif karbonun adsorpsiyon kapasitesini manyetik ayırma kolaylığı ile birleştirir (9). Aktif karbonun yüzeyine manyetik nanoparçacıkların eklenmesi (10), sudaki hedef kirleticilerin hızlı ve verimli bir şekilde giderilmesini sağlar. Bu yenilikçi yaklaşım, adsorbanın kolayca geri kazanılmasını ve yeniden kullanılmasını mümkün kılarak işletme maliyetlerini düşürür ve atık oluşumunu en aza indirir (8)

Bu çalışmada, ülkemizde bol bulunan badem kabuğundan üretilen aktif karbon (AK), demir oksit ile modifiye edilerek kompozit malzemeler elde edilmiştir. Daha sonra bu ürün adsorpsiyon deneylerinde pH, sıcaklık, başlangıç boyar madde derişimi, adsorban miktarı ve temas süresinin etkisi incelenerek optimum koşullar belirlenmiştir. Ayrıca, denge ve kinetik analizler yapılmıştır.

Materyal Metot:

Aktif Karbonların Hazırlanması

Badem kabuklarından aktif karbonların hazırlanması geleneksel yöntem ile aktivasyon ve karbonizasyon olmak üzere iki basamakta gerçekleştirilmiştir. Karbonizasyon proterm marka tüp fırında gerçekleştirilmiştir. Aktivasyon işleminde farklı tarımsal atıkların KOH kimyasal maddesi ile 1:3 oranında 24 saat 70 °C de karıştırılmıştır. Daha sonra süzülüp kurutulan

karışım proterm marka tüp fırın ile 600 °C de 1 saat 10 °C/dakika ile karbonize edilmiş. Daha sonra HCl yıkanıp, pH ayarlamaları yapıldıktan sonra 1 gece 105 °C etüvde kurutulmuştur.

Birlikte Çöktürme ile Demir Oksit Katkılı Aktif Karbonların Eldesi

Manyetik aktif karbon sentezi için 400 mL'lik bir behere 10 mL 2 M FeSO₄·7H₂O ve 40 mL 1 M FeCl₃ çözeltisi eklenmiş ve karışım 70 °C'ye kadar ısıtılmıştır. Daha sonra, 3,3 gram aktif karbon tartılarak çözeltiye ilave edilmiştir. Manyetit oluşumunu sağlamak amacıyla, karışıma 100 mL 5 M NaOH çözeltisi damla damla eklenmiş ve demir oksit çöktürülmüştür. Elde edilen kompozitin manyetik özellik kazandığı, çökeltiliye bir mıknatıs yaklaştırıldığında tüm partiküllerin mıknatısa doğru hareket etmesiyle doğrulanmıştır. Oluşan manyetik kompozit, distile deiyonize su ile yıkanarak mavi bantlı süzgeç kâğıdı kullanılarak süzölmüş, ardından 80 °C'de etüvde 2 saat kurutularak adsorpsiyon deneylerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır (8).

Adsorpsiyon Çalışmaları

AK/Fe₃O₄ kullanılarak MM adsorpsiyonu çalışmaları kesikli sistemde gerçekleştirilmiştir. MM adsorpsiyonunda; çözelti başlangıç pH'ı, adsorbent miktarı, temas süresi ve adsorpsiyon sıcaklığı parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Adsorpsiyon işleminin ardından çözelti içerisindeki MM derişimi, UV spektrofotometresinde (Shimadzu UV-1800)

$$q_e = \frac{(C_o - C_t) V}{m} \quad (1)$$

$$q_t = \frac{(C_o - C_t) V}{m} \quad (2)$$

$$\text{Adsorption (\%)} = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100 \quad (3)$$

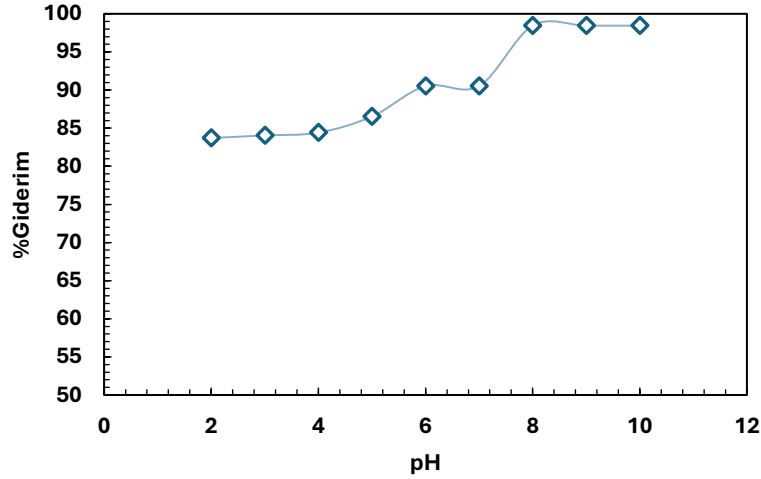
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1 Adsorpsiyon Çalışmaları

3.1.1. pH Etkisi

Başlangıç pH'ı, manyetik aktif karbon (AK/Fe₃O₄) kullanılarak MM adsorpsiyonunda kritik bir rol oynar. Çözelti pH'ı, katyonik bir boya olan MB'nin iyonizasyon durumunu etkileyerek aktif karbon yüzeyiyle etkileşimini belirler. Çalışmada, çözelti başlangıç pH'ının 2,00 ile 10,00 arasında değiştiği koşullarda, 0,1 g AK/Fe₃O₄ dozu, 100 mg/L MB konsantrasyonu ve 60

dakikalık adsorban temas süresi ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de pH’ın MM giderimine etkisi görülmektedir.

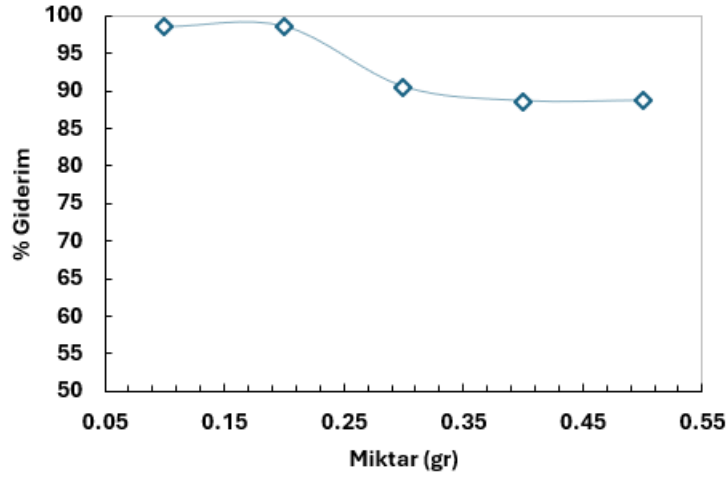


Şekil 1. Çözeltinin pH'ının MM Giderimine etkisi

En yüksek MM adsorpsiyonunun (%98,44) pH 8,00'da gerçekleştiği belirlenmiştir. Şekil 1’den da görülebileceği gibi, başlangıç pH’ının artmasıyla MB giderim verimi yükselmiştir. Katyonik bir boya olan MB, asidik koşullarda çözelti içindeki hidrojen iyonları (H^+) ile rekabet ettiğinden, adsorpsiyon verimi düşüktür (11).

3.1.2 AK/Fe₃O₄ dozunun Etkisi

AK/Fe₃O₄ miktarı, MM adsorpsiyonunu doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Daha yüksek adsorban dozu kullanmak adsorpsiyon verimini artırabilir, ancak aynı zamanda arıtma sürecinin genel maliyetini yükseltebilir. Bu nedenle, maliyet ve verimlilik arasında denge sağlayan optimal bir adsorban dozunun belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, pH 8,0, 90 dakikalık temas süresi ve 100 mg/L MM konsantrasyonu sabit tutularak, AK/Fe₃O₄ dozajı 0,1 g ile 0,5 g arasında değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de pH’ın AK/Fe₃O₄ adsorban miktarının giderimine etkisi görülmektedir.

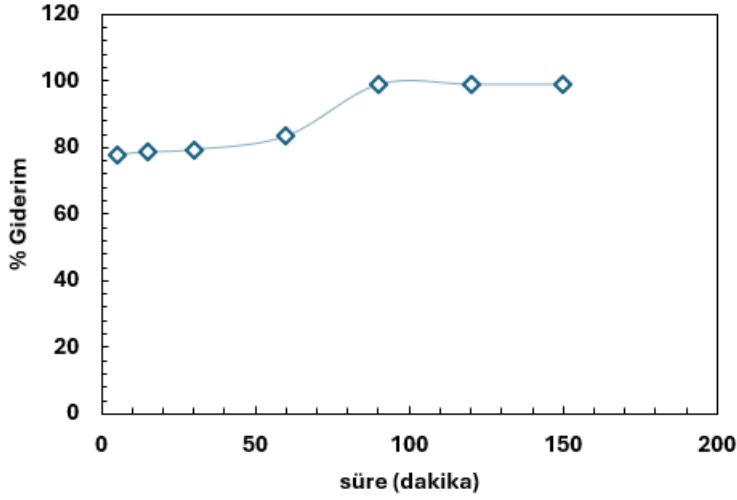


Şekil 2. AK/Fe₃O₄ adsorban dozunun MM Giderimine Etkisi

Şekil 2’de görüldüğü üzere adsorban miktarı 0,1 ile 0,2 arasında %98,57 arasındadır. 0,2 gramdan sonra verimde azalma meydana gelmiştir. Çalışmada optimum adsorban miktarı 0,1 g olarak belirlenmiş ve sonraki çalışmalar bu doz ile devam edilmiştir.

3.1.3. Temas süresinin MM Giderimine Etkisi

Temas süresi, MM’nin AK/Fe₃O₄ adsorbanI ile etkileşimde bulunduğu süreyi ifade eder. Bu süre, MM moleküllerinin AK/Fe₃O₄ yüzeyiyle temas etme hızını belirlemede önemli bir rol oynar. Çalışma, temas süresi 10 dakikadan 80 dakikaya değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. Sabit koşullar olarak 0,1 g AK/Fe₃O₄ dozu, pH 8,0 ve 100 mg/L MM konsantrasyonu kullanılmıştır. Temas süresinin MM’si giderimine etkisi Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Temas süresinin MM'si adsorpsiyonuna etkisi

Temas süresi arttıkça, daha fazla MB molekülü yüzeye bağlanarak adsorpsiyon gerçekleşir ve süreç dengeye ulaşana kadar devam eder. Denge sağlandıktan sonra (90. dakika), aktif adsorpsiyon alanlarının tükenmesi nedeniyle MM adsorpsiyonunda belirgin bir artış gözlemlenmemiştir.

3.2. Adsorpsiyon İzotermi

Bu çalışmada, 0,1 g AK/Fe₃O₄ aktif karbon ve 100 mL hacminde, başlangıç MM konsantrasyonları 50-300 mg/L arasında değişen çözeltiler kullanılmıştır. Adsorpsiyon sürecinde dengeye ulaşıldığında, adsorplanan madde miktarı ile denge derişimi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla izoterm modelleri uygulanmıştır. Adsorban başına düşen MM miktarını açıklamak için Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri kullanılarak modelleme yapılmıştır. Langmuir izoterminin doğrusal formu Denklem (4) ile ifade edilmektedir.

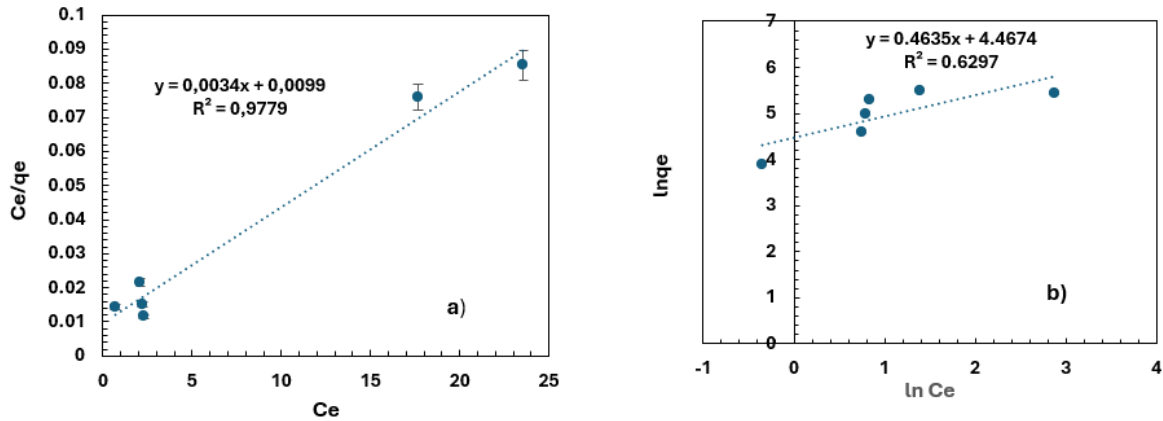
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \quad (4)$$

C_e (mg/L) adsorban ile dengedeki çözeltinin derişimi, q_e (mg/g) Denge halinde adsorbanın birim ağırlığı başına düşen adsorplanan madde miktarı (mg/g), q_m (mg/g) Yüzeyde tam bir tek tabakalı adsorpsiyon için adsorbanın ağırlığı başına absorplanabilecek en yüksek madde miktarı ve K_L Langmuir adsorpsiyon sabiti (L/ mg) (12, 13).

Freundlich izotermi, genellikle orta ve düşük konsantrasyon aralığında gerçekleşmekte olan adsorpsiyonlarda etkili bir sonuç vermektedir. Freundlich izotermi Denklem (5) ile açıklanmaktadır.

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} C_e \quad (5)$$

Freundlich sabitleri olarak bilinen K_F ve n sırasıyla adsorpsiyon kapasitesidir ve homojenlik faktörüdür $\ln C_e$ ve $\ln q_e$ 'nin grafiği çizilerek elde edilir. $1/n$ değeri adsorpsiyon sürecinin tercih edilebilirliği tahmin etmek için kullanılır. Şekil 4(a ve b) Langmuir ve Freundlich grafiklerini göstermektedir.



Şekil 4. a)MB giderimi için Langmuir modeli, (b) MB giderimi için Freundlich modeli eğrileri,

Tablo 1. MM adsorpsiyonu için 0,1g AK/ Fe_3O_4 'ün Langmuir ve Freundlich izoterm sabitleri

298K	Langmuir izotermi			Freundlich izotermi		
	q_{max} (mg g ⁻¹)	$K_L \times 10$ (L mg ⁻¹)	R^2	K_F (mg g ⁻¹)	n	R^2
Fe_3O_4/AK	294,15	0,34	0,9779	87,13	2,16	0,6297

Maksimum adsorpsiyon kapasitesi Tablo 1'de görüldüğü üzere eq_{max} grafiklerde eğim ve kesişim noktalarına göre hesaplanmış ve 294,15 mg/g olarak hesaplanmıştır.

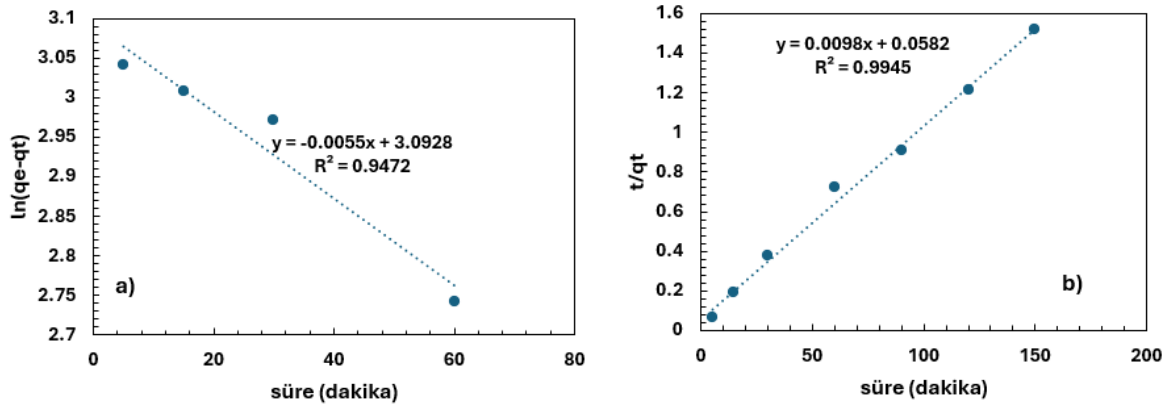
3.3. Kinetik Çalışmalar

Adsorpsiyon kinetik modellerinin doğrusal uyumu, sistemin uygunluğunu değerlendirmek açısından büyük önem taşımaktadır (14). MM'nin AK/Fe₃O₄ yüzeyine adsorpsiyonunun kinetik mekanizması, yalancı birinci ve yalancı ikinci dereceden kinetik modeller kullanılarak incelenmiştir. Yalancı birinci dereceden denklem (6) ve yalancı ikinci dereceden hız denklemi (7)'de gösterilmiştir.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_t) - \frac{k_1}{2,303} t \quad (6)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (7)$$

k₁, yalancı birinci dereceden hız sabiti (dk⁻¹), k₂ ise yalancı ikinci dereceden hız sabiti (g/mg·dk) olarak tanımlanmaktadır. q_e ve q_t (mg/g), sırasıyla denge anında ve belirli bir zamanda adsorbe edilen boya moleküllerinin miktarını ifade eder. t ise zaman (dk) cinsinden gösterilmektedir. ln(q_e - q_t) değerinin t'ye karşı çizilen grafiği, birinci dereceden kinetik modelinin uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 5. 7(a) AK/ Fe₃O₄ kullanılarak MM giderimi için yalancı birinci dereceden kinetik eğrisi, (b) AK/ Fe₃O₄ kullanılarak MM giderimi için yalancı ikinci dereceden kinetik eğrisi.

Tablo 2. MB adsorpsiyonunun kinetik parametreleri (25 °C'de)

C ₀ 100 (mg/L)	Yalancı birinci derece				Yalancı ikinci derece		
	q _e exp (mg/g)	k ₁ ×10 (h ⁻¹)	q _e cal (mg/ g)	R ²	k ₂ ×10 ³ (g/ mg h)	q _e cal (mg/g)	R ²
AK/Fe ₃ O ₄	98,99	0,055	20,65	0,945	0,168	102,04	0,99

Tablo 2’de elde edilen veriler doğrultusunda, adsorpsiyon kinetik mekanizmasının yüksek R² değerleri (>0,99) ve deneysel olarak belirlenen q_e değerlerinin hesaplanan q_e,h değerleriyle uyumlu olması, sürecin yalancı ikinci derece kinetik modeli ile en iyi şekilde tanımlandığını göstermektedir. Bu durum, MM boyar maddesinin AK/Fe₃O₄ aktif karbon yüzeyine kimyasal etkileşimle bağlandığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, MM'nin aktif karbon üzerindeki adsorpsiyonunun yalancı ikinci derece kinetik modeline daha iyi uyum sağladığı belirlenmiştir. Literatürde benzer çalışmalar da MM adsorpsiyonunun ikinci derece kinetik modele uygun olduğunu desteklemektedir. (8-11)

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Manyetik aktif karbon kullanılarak MM adsorpsiyonu, atık su arıtımı için umut verici bir yöntem olarak doğrulanmıştır. MM'nin adsorpsiyon veriminin, adsorban ve adsorbat arasındaki çeşitli faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir. Optimal adsorpsiyon (%98,44) bazık pH 8'da gözlemlenmiş ve denge, nispeten kısa bir temas süresi içinde (90 dakika) sağlanarak yöntemin zaman açısından verimli olduğu gösterilmiştir. Langmuir modeli, adsorpsiyon sürecine daha iyi uyum sağladığını doğrulamış ve monolayer (tek katmanlı) adsorpsiyon davranışını önermiştir. Maksimum adsorpsiyon kapasitesi 294,15 mg/g olarak belirlenmiştir. Bu durum, MM adsorpsiyonu için adsorban yüzeyinde sınırlı sayıda aktif bağlanma alanı bulunduğunu göstermektedir. Kinetik analizler, adsorpsiyon sürecinin yalancı ikinci dereceden kinetik modeli ile en iyi şekilde tanımlandığını ve hız sınırlayıcı adımın kimyasal adsorpsiyon (chemisorption) olduğunu ortaya koymuştur.

Kaynakçalar

1. Terkhi MC, Belhaine Ali, Abdelmalek Fatiha, Ghezzar Mouffok Redouane, Addou Ahmed. *Acacia saligna* leaves: a potential new low-cost adsorbent for removal of methylene blue from aqueous solutions. *Desalin Water Treat* 2023; 300:178–91. <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.29730>.
- [2] Günes K. Elucidation of the methylene blue adsorption mechanism at the interface of powder pumice and aqueous solution by electro-kinetic and static contact angle measurements. *Desalin Water Treat* 2023;298:199–206. <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.29655>.
- [3] Rashtbaria Y, Afshina S, Hamzezadeh A, Abazari M, Poureshgh Y, Mehdi Fazlzadehdavilb. Application of powdered activated carbon coated with zinc oxide nanoparticles prepared using a green synthesis in removal of Reactive Blue 19 and Reactive Black-5: adsorption isotherm and kinetic models. *Desalin Water Treat* 2020;179:354–67. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25020>
- [4] Altıntığ, E., Yenigun, M., Sarı, A., Altundag, H., Tuzen, M., Saleh, A.T., ‘Facile synthesis of zinc oxide nanoparticles loaded activated carbon as an eco-friendly adsorbent for ultra-removal of malachite green from water’, *Environmental Technology Innovation*, 21 (2021)101305.
- [5] Gupta, V.K., Saleh, T.A., ‘ Sorption of pollutants by porous carbon carbon nanotubes and fullerene-an overview’, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 20 (5)(2013) 2828–2843.
- [6] Asfaram A., Ghaedi M., Dashtian K., Ghezelbash G.R.: Preparation and characterization of MnO. 4ZnO. 6Fe₂O₄ nanoparticles supported on dead cells of *Yarrowia lipolytica* as a novel and efficient adsorbent/biosorbent composite for the removal of azo food dyes: central composite design optimization study. *ACS Sustain Chem. Eng.* **6**(4), 4549-4563 (2018).
- [7]Yagmur, H.K., Kaya, I. Synthesis and characterization of magnetic ZnCl₂-activated carbon produced from coconut shell for the adsorption of methylene blue. *J. Mol. Struc.* 1232,130071 (2021).
- [8] E. Altıntığ, H. Altundag, M. Tuzen, A.Sarı, Effective removal of methylene blue from aqueous solutions using magnetic loaded activated carbon as novel adsorbent, *Chem. Eng. Res. Des.*, 122 (2017) 151-163.
- [9] Foroutana R, Mohammadia R, Ahmadib A, Bikhbar G, Babaei F, Ramavandi B. Impact of ZnO and Fe₃O₄ magnetic nanoscale on the methyl violet 2B removal efficiency of the activated carbon oak wood. *Chemosphere* 2022;286(1):131632. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131632>
- [10] Sharma J, Sharma M, Nigam S, Joshi M. Environmental-friendly algal-mediated magnetic activated carbon for adsorptive removal of contaminants from water. *Chem Phy Impact* 2023;6:100169. <https://doi.org/10.1016/j.chphi.2023.100169>
- [11] Ren Z, Yang X, Zhang W, Zhao Z. Preparation, characterization and performance of a novel magnetic Fe-Zn activated carbon for efficient removal of dyes from wastewater. *J Mol Struct* 2023;1274:134407
- [12] A.K. Agarwal, M.S. Kadu, C.P. Pandhurnekar, I.L. Muthreja, Langmuir, Freundlich and BET adsorption isotherm studies for zinc ions onto coal fly ash, *Int. J. Application Innovation Eng. Manage.*, 3 (2014) 64–71.

- [13] O. Pezoti, A.L. Cazetta, K.C. Bedin, L.S. Souza, R.P. Souza, S.R. Melo, V.C. Almeida, Percolation as new method of preparation of modified biosorbents for pollutants removal, Chem. Eng. J., 283 (2016) 1305–1314.
- {14} Sarici B., Karataş Ş., Altintig E.: Removal of Methylene blue from aqueous solution with activated carbon produced from hazelnut shells by K_2CO_3 activation. Des. Water Treat. **254**, 287-301 (2022).

İĞDIR OVASI'NDA BULUNAN ARAZİLERİN SULAMA SİSTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ve KAPALI SULAMA SİSTEMİNE GEÇİLMESİ İMKÂNLARININ ARAŞTIRILMASI

Ziraat Mühendisi, Mehmet Fatih ÇELEBİ

İğdır Üniversitesi

mfcelebi2806@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-6212-6316>

ÖZET

Bu çalışmada Batı İğdır sulama sahasının performans değerleri, toprak örnekleri, çiftçi alışkanlıkları, mevcut (açık-cazibe-vahşi) sulama sistemi/şebekesi araştırılmış ve ovada kapalı (basınçlı-borulu) sulama sistemine/şebekesine geçiş imkânları araştırılmıştır. Çalışmanın verileri Batı İğdır Ovası'ndaki Yeşil İğdır Sulama Birliği arazilerinden toprak örnekleri alınarak, anket ve gözlemler yapılarak, birlik kayıtları değerlendirilerek elde edilmiştir. Çalışmada ulaşılan veriler ovada mevcut sulama şebekesi ile su kaynaklarının verimli kullanılamadığını (ihtiyaçtan fazla su kullanıldığını), şebekenin yenilenmesi gerektiğini, performans değerlerinin Türkiye ortalamalarına göre düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu sebeple mevcut sistemde köklü değişiklikler yapılarak kapalı sulama sistemine geçilmesinin daha uygun olacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kapalı sulama sistemleri, sulama oranı, sulama randımanı, sulama sistemleri performansı

ANTOSİYANİNLER VE ANTOSİYANİNLERİN GIDA RENKLENDİRİCİSİ OLARAK KULLANIMI

Dr. Fatmagül Hamzaoglu

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi,

fatmagul.hamzaoglu@erdogan.edu.tr - 0000-0002-7551-3500

ÖZET

Bu çalışmada, antosiyaninler ve antosiyaninlerin gıda sanayinde renklendirici olarak kullanımı incelenmiştir. Antosiyaninler, bir çeşit flavonoid olan antosiyanidinlerin glikozit formudur. Sahip oldukları hidroksil ve metoksil gruplarının sayısı ve bağlanma yeri, şekerlerin ve fenolik asitlerin türü, sayısı ve bağlanma yerine göre farklılık gösterirler. Bu farklılık, antosiyaninlerin son derece geniş spektrumlu ve karakteristik renklerinin oluşmasına sebep olur. Doğada en sık bulunan antosiyaninler; siyanidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin ve malvidindir. Antosiyaninler, farklı ortam pH'larında bir indikatör gibi renk değiştirir. Düşük pH'da (pH:1) kırmızı renkli flavilium katyonu halinde bulunan antosiyaninler, pH 4.5'te renksiz karbinol psödobaz ve çalkon, pH 7'de ise mavi renkli kuinoidal anhidrobaz formlarına dönüşür. Endüstriyel uygulamalarda, antosiyaninlerin pH'ya duyarlı renk özellikleri, çeşitli gıdalarda yaratıcı renk kombinasyonları oluşturma imkanı sunar.

E163 koduyla gıda boyası olarak satışı yapılan antosiyaninler, meyve ve sebzelerden, genellikle meyve suyu ve şarap üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan üzüm posasından elde edilmektedir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri nedeniyle sentetik gıda boyalarının (karmosin, allura red, ponzo 4R) kullanımı TKG¹'de sınırlandırılmış olsa da tamamen yasaklanmamıştır. Antosiyaninlerin ise, sağlık üzerindeki olumlu etkileri bilinmekte ve bu konuda yapılan çalışmalar (antiviral, antimikrobiyel, antikarsinojen, antioksidan aktivite vs.) artmaktadır. Antosiyaninlerin doğal kaynaklardan elde edilmesi ve sağlık açısından sunduğu faydalar, onları sentetik renklendiricilere karşı önemli bir alternatif haline getirmektedir. Antosiyaninler, gıda sanayinde şekerlemeler, tatlılar, süt ürünleri, fırıncılık ürünleri gibi birçok alanda kullanılabilir. Antosiyaninler ve antosiyanince zengin meyve ve sebzeler, gıda sanayisinin yanı sıra modern gastronomide de yaratıcı ve estetik sunumlar hazırlamada, tat profillerini geliştirmede ve fonksiyonel amaçlarla kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Antosiyaninler, doğal gıda renklendiricisi, gıda sanayi

ANTHOCYANINS AND THE USE OF ANTHOCYANINS AS FOOD COLOURANTS

¹ Türk Gıda Kodeksi

In this study, anthocyanins and their use as food colourant were investigated. Anthocyanins are the glycoside form of anthocyanidins, a type of flavonoid. The main differences among them are the number and position of hydroxyl and methoxy groups, the type, number and position of sugars and phenolic acids. This difference causes anthocyanins to have a wide spectrum and characteristic colours. The most common anthocyanins in nature are cyanidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin and malvidine. Anthocyanins change colour like an indicator depending on the pH of the medium. They are red (flavylium cation) at pH 1, colourless (carbinol pseudobase and chalcone) at pH 4.5 and blue (quinoidal anhydrobase) at pH 7. In industry, these property provide opportunities to create creative colour combinations in foods.

Marketed as E163, anthocyanins are extracted from fruit and vegetables, often from grape pomace, a by-product of juice and wine production. Although synthetic colourants (carmosin, allura red, ponzo 4R) are limited in the TFC¹ due to their health concerns, they aren't entirely prohibited. The benefits of anthocyanins on health are known and studies on this subject (antiviral, antimicrobial, anticarcinogen, antioxidant activity etc.) are increasing. The natural origin of anthocyanins and their health benefits make them an important alternative to synthetic colourants. Anthocyanins can be used in many areas of the food industry (confectionery, desserts, dairy products, bakery products). Anthocyanins and anthocyanin-rich fruits and vegetables are also used in modern gastronomy to prepare creative and aesthetic presentations, to improve flavour profiles and for functional purposes.

Keywords : Anthocyanin, natural food colourant, food industry.

¹ Turkish Food Codex

MARINATION PROCESS IN MEAT TECHNOLOGY: OBJECTIVES AND EFFECTS

Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK

Selçuk University,

meziyetdilek@selcuk.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2506-2067

ABSTRACT

In meat products, marination can be defined as a process applied to improve the organoleptic properties of meat, soften its texture, enrich it in terms of nutrients and ensure that the desired results are obtained during the cooking process. In this process, the meat is usually kept for a period of time with acidic compounds (e.g. vinegar, lemon juice), alkaline compounds (phosphate), lipids, salts and various spice mixtures. Acidic compounds dissolve the protein structure of the meat and contribute to a softer texture. Spices and aromatic compounds penetrate the internal structure of the meat and increase the depth of flavour. Another important purpose of marination is to increase the microbial stability of meat, keeping it fresh longer and preventing the development of potential pathogens. In addition, marination allows the meat to cook more homogeneously and reduce moisture loss during cooking. As a result, marination enriches the organoleptic properties and nutritional value of meat, while improving cooking quality and shelf life. In this study, the objectives (technological, nutritional and microbial) of the marination process applied in meat technology and its effects on the final product were reviewed.

Key words: meat, marination, nutritional, food safety, tenderness

1. INTRODUCTION

Today, maintaining a healthy diet is only possible with adequate and balanced intake of the protein, fat, carbohydrate, calorie, vitamin and mineral substances we need. Meat is an important foodstuff for healthy nutrition as it contains high quality animal protein, vitamins and minerals and it is recommended to consume sufficient amounts. Tenderness, juiciness, flavour and colour are the main quality criteria in consumer preference of fresh meat products and these parameters have a significant effect on consumer preferences. Thanks to the marinating process applied by means of a liquid mixture containing components such as salt, vegetable oil, organic acid, vinegar, phosphate salt and spices in certain proportions according to the recipe, it is

ensured that consumer demands are met by improving the taste and aroma properties as well as giving the product crispness and softness (Çimen, Unal, & Alp, 2024; Dilek et al., 2023; Kubra Unal, Babaoğlu, & Karakaya, 2023).

Marination technology is a commonly used process to improve the technological and sensory properties of meat and meat products as well as, to protect them against to microbiological deterioration and oxidation reactions (Alvarado & McKee, 2007; Demir, Çelik, & Sezer, 2022; S. M. Yusop, O'Sullivan, Kerry, & Kerry, 2010). Various ingredients, including water/oil emulsions, organic acids, extracts, mineral salts, chemical tenderizers, aromatic vegetables, fruit juices and vinegars, lemon juice, wine, soy sauce, essential oils, fermented dairy products, herbs, and spices, are typically used in marinades, which are mixtures used in the marinating process for a wide range of meat species, including pork, beef, lamb, rabbit, poultry, and wild game (Kargiotou, Katsanidis, Rhoades, Kontominas, & Koutsoumanis, 2011; K Unal, Alagöz, Çelik, & Sarıçoban, 2022).

The marinating process in meat products is carried out by various methods including immersion (dipping) (soaking), tumbling and injection into the product (Aykın-Dinçer, 2021; Ehsanur Rahman et al., 2023). The immersion method is based on the principle of soaking the meat in the marinade at a low temperature for a certain period of time, while the injection method requires the use of needles to apply pressure and deliver a precise amount of marinade liquid to the meat. In the tumbling process, after the addition of the marinating liquid, the meat is rotated in horizontally tilted devices called drums (Aykın-Dinçer & Dinçer, 2023). In addition to the commercial marinating process, it can also be applied at home by consumers to improve the flavor and eating quality of meat. While commercial marinades have alkaline pH values, acidic marinades are also used in the food industry and at home (Karam, Roustom, Abiad, El-Obeid, & Savvaiddis, 2019; Sengun, Goztepe, & Ozturk, 2019). Alkaline marinades contain phosphates, while acid marinades are usually prepared by adding organic acids or their salts (Balestra & Petracci, 2019).

Although the overall quality of marinated meat products is affected by various factors such as the marinating method, the ingredients in the marinade and the marinating conditions (pH, time and temperature) (Alvarado & McKee, 2007; S. Yusop, O'Sullivan, & Kerry, 2011), it is generally reported that the marination process reduces cooking losses, improves microbiological quality and therefore food safety, and improves the color, juiciness and flavor of the meat (Abdel-Naeem et al., 2022; Kumar, Singh, Pandey, Tanwar, & Kumar, 2017).

Marinating applications generally are carried out to enhance the technological properties, microbiological quality, and shelf life of the products to which they are applied. In this study, current marination research in meat and meat products will be categorized based on their application purposes and its effects.

2. MARINATION PROCESSES CARRIED OUT TO INCREASE TECHNOLOGICAL VALUE

Marination carried out using different additives positively affects various parameters of meat and meat products, such as color, flavor, and tenderness, depending on the properties of the substances used (Ehsanur Rahman et al., 2023). Acidic marination weakens muscle structure due to the denaturation of muscle fibrils and connective tissue proteins, the breakdown of myofibrillar proteins through proteolysis, and the increased solubility of collagen during cooking. Consequently, hardness decreases, resulting in a product with the desired texture. The water-binding capacity of the meat improves, cooking yield increases, and sensory properties, such as aroma and flavor, are enhanced (Fencioglu, Oz, Turhan, Proestos, & Oz, 2022; Wongmaneepratip & Vangnai, 2017).

In the study investigated the effects of aronia, grape, and hawthorn vinegars as marination solutions on spent chicken meat, the results showed that marination with these vinegars improved texture, reduced hardness and chewiness, and increased yield, especially with hawthorn vinegar. SEM analysis revealed larger gaps between muscle fibers in marinated samples. Overall, the researchers concluded that marinating with these vinegars can enhance the physicochemical and textural properties of spent chicken meat (Dilek et al., 2023). In another study conducted on spent chicken meat, the effects of ultrasound-assisted marination in distilled water, kiwi, and lemon juices on the water-holding capacity, pH, color, cooking loss, and texture of spent chicken breast meat were investigated. The results indicated that ultrasound-assisted marination increased the water-holding capacity and reduced drip loss compared to traditional marination methods, with lemon juice marination showing lower cooking loss compared to the other samples. According to SEM analysis, the intermyofibrillar spaces were more pronounced in the ultrasound-assisted marinated samples compared to the non-ultrasonic marination group (Çimen et al., 2024).

In another study in which black chokeberry, grape and hawthorn vinegar-based marinades were used to marinate Longissimus lumborum steaks, it was reported that vinegar-

based marinades reduced the pH value and cooking loss of the samples, and grape vinegar marinade was the most effective marinade on firmness. SEM images and sensory analysis results obtained from this study also supported these texture results. As a result of the study, it was reported that grape vinegar-based marinade could be a promising natural tenderizer to improve the textural properties of tough meats (Kubra Unal et al., 2023).

3.MARINATION PROCESSES CARRIED OUT TO INCREASE MICROBIOLOGICAL QUALITY

Meat and meat products are food products that are highly susceptible to spoilage by microorganisms during production, storage and consumption stages due to their high content of nutrients such as animal protein, vitamins and minerals. Improving the microbiological quality of meat products is an important issue in ensuring food safety and for this purpose, various methods such as heat treatment applications, use of natural or synthetic antimicrobial agents, reduction of water activity, pH changes are used to combat spoilage and pathogenic microorganisms. Marinating applications are also among the methods used to improve the microbiological quality of meat products, especially thanks to the antimicrobial properties of the substances used in marinade preparation and low pH values.

In a study where broiler chicken breast meat was marinated in apple and lemon juices, the researchers came to the conclusion that apple juice can be used as a meat marinade because it enhances the poultry meat's microbiological stability while preserving its good technological qualities and works well with lemon juice (Augustyńska-Prejsnar, Kačániová, Ormian, Topczewska, & Sokołowicz, 2023). In the literature, there are other studies reporting that the marinating process reduces the microorganism load and that marinating is particularly effective on coliform growth (Bazargani-Gilani, Aliakbarlu, & Tajik, 2015; Bolton, Meredith, Walsh, & McDowell, 2014; Buses & Thompson, 2003; Vaithiyathan, Naveena, Muthukumar, Girish, & Kondaiah, 2011).

4. CONCLUSION

Marination in meat and meat products is an important process that is widely used to both enhance the flavour and improve the texture of meat. The effect of this technique can vary depending on the chemical composition of the ingredients used and the type of meat. Acidic substances and enzymes weaken the fibre structure of the meat, resulting in a more tender and

digestible texture. In addition, the right marination methods can extend the shelf life of meat and improve food safety by inhibiting the growth of microorganisms. The use of different marination techniques can affect the quality of meat at different levels, leading to various application areas in the meat industry. Further development of marination through future research may lead to more efficient and healthier meat processing techniques.

REFERENCES

- [1] Abdel-Naeem, H. H., Talaat, M. M., Imre, K., Morar, A., Herman, V., & El-Nawawi, F. A. (2022). Structural changes, electrophoretic pattern, and quality attributes of camel meat treated with fresh ginger extract and papain powder. *Foods*, 11(13), 1876.
- [2] Alvarado, C., & McKee, S. (2007). Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 113-120.
- [3] Augustyńska-Prejsnar, A., Kačániová, M., Ormian, M., Topczewska, J., & Sokołowicz, Z. (2023). Quality and microbiological safety of poultry meat marinated with the use of apple and lemon juice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 3850.
- [4] Aykın-Dinçer, E. (2021). Application of ultrasound-assisted vacuum impregnation for improving the diffusion of salt in beef cubes. *Meat science*, 176, 108469.
- [5] Aykın-Dinçer, E., & Dinçer, C. (2023). Modeling of sage (*Salvia fruticosa* miller) phenolics diffusion in meat cubes during ultrasound assisted vacuum impregnation. *Food Bioscience*, 53, 102755.
- [6] Balestra, F., & Petracci, M. (2019). Technofunctional ingredients for meat products: Current challenges. In *Sustainable meat production and processing* (pp. 45-68): Elsevier.
- [7] Bazargani-Gilani, B., Aliakbarlu, J., & Tajik, H. (2015). Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on

- the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative food science & emerging technologies*, 29, 280-287.
- [8] Bolton, D., Meredith, H., Walsh, D., & McDowell, D. (2014). The effect of chemical treatments in laboratory and broiler plant studies on the microbial status and shelf-life of poultry. *Food Control*, 36(1), 230-237.
 - [9] Buses, H., & Thompson, L. (2003). Dip application of phosphates and marinade mix on shelf life of vacuum-packaged chicken breast fillets. *Journal of food protection*, 66(9), 1701-1703.
 - [10] Çimen, N., Unal, K., & Alp, H. (2024). Effects of ultrasound-assisted marination on spent hen meats: Microstructure, textural and technological properties. *Food Bioscience*, 104563.
 - [11] Demir, H., Çelik, S., & Sezer, Y. Ç. (2022). Effect of ultrasonication and vacuum impregnation pretreatments on the quality of beef marinated in onion juice a natural meat tenderizer. *Food Science and Technology International*, 28(4), 340-352.
 - [12] Dilek, N., Babaoğlu, A., Unal, K., Ozbek, C., Pırlak, L., & Karakaya, M. (2023). Marination with aronia, grape and hawthorn vinegars affects the technological, textural, microstructural and sensory properties of spent chicken meat. *British Poultry Science*, 64(3), 357-363.
 - [13] Ehsanur Rahman, S. M., Islam, S., Pan, J., Kong, D., Xi, Q., Du, Q., . . . Han, R. (2023). Marination ingredients on meat quality and safety—A review. *Food Quality and Safety*, 7, fyad027.
 - [14] Fencioglu, H., Oz, E., Turhan, S., Proestos, C., & Oz, F. (2022). The effects of the marination process with different vinegar varieties on various quality criteria and heterocyclic aromatic amine formation in beef steak. *Foods*, 11(20), 3251.
 - [15] Karam, L., Roustom, R., Abiad, M. G., El-Obeid, T., & Savvaids, I. N. (2019). Combined effects of thymol, carvacrol and packaging on the shelf-life of marinated chicken. *International Journal of Food Microbiology*, 291, 42-47.
 - [16] Kargiotou, C., Katsanidis, E., Rhoades, J., Kontominas, M., & Koutsoumanis, K. (2011). Efficacies of soy sauce and wine base marinades for controlling spoilage of raw beef. *Food Microbiology*, 28(1), 158-163.

- [17]** Kumar, Y., Singh, P., Pandey, A., Tanwar, V. K., & Kumar, R. R. (2017). Augmentation of meat quality attributes of spent hen breast muscle (Pectoralis Major) by marination with lemon juice vis-a-vis ginger extract. *Journal of Animal Research*, 7(3), 523-529.
- [18]** Sengun, I. Y., Goztepe, E., & Ozturk, B. (2019). Efficiency of marination liquids prepared with koruk (*Vitis vinifera* L.) on safety and some quality attributes of poultry meat. *LWT*, 113, 108317.
- [19]** Unal, K., Alagöz, E., Çelik, İ., & Sarıçoban, C. (2022). Marination with citric acid, lemon, and grapefruit affects the sensory, textural, and microstructure characteristics of poultry meat. *British Poultry Science*, 63(1), 31-38.
- [20]** Unal, K., Babaoğlu, A. S., & Karakaya, M. (2023). Improving the textural and microstructural quality of cow meat by black chokeberry, grape, and hawthorn vinegar-based marination. *Food Science & Nutrition*, 11(10), 6260-6270.
- [21]** Vaithiyathan, S., Naveena, B., Muthukumar, M., Girish, P., & Kondaiah, N. (2011). Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 C). *Meat science*, 88(3), 409-414.
- [22]** Wongmaneepratip, W., & Vangnai, K. (2017). Effects of oil types and pH on carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in grilled chicken. *Food Control*, 79, 119-125.
- [23]** Yusop, S., O'Sullivan, M., & Kerry, J. (2011). Marinating and enhancement of the nutritional content of processed meat products. *Processed meats*, 421-449.
- [24]** Yusop, S. M., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2010). Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat science*, 85(4), 657-663.

USE OF COLD PLASMA TECHNIQUE IN FOOD TECHNOLOGY

Assoc. Prof. KUBRA UNAL

Selçuk University,

ulusoy@selcuk.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-9005-6160

Assist. Prof. Dr. N. MEZİYET DİLEK

Selçuk University,

meziyetdilek@selcuk.edu.tr - ORCID ID: 0000-0003-2506-2067

ABSTRACT

Ensuring the quality of food and preserving its quality are the most important processes for food. Although high-quality ingredients are used in the formulation of food production, some mistakes could lead to food spoilage throughout the storage period. Traditional methods, in other words, thermal techniques, are used during the production and storage of food products. However, the high temperatures applied during the use of these methods can cause some undesirable situations to occur. Due to these negative effects of thermal technologies, food technology has turned to non-thermal techniques. Cold plasma technique is one of the non-thermal techniques that have been used in recent years. It is the non-thermal application of plasma, known as the fourth state of matter. It has an area of use from fruit and vegetable products to cereal products, from meat and meat products to dairy products and even seeds. In this study, the usage of cold plasma technique in food technology will be discussed.

Keywords : Food technology, non-thermal technique, cold plasma

1. INTRODUCTION

Among the most important tasks of the food industry is to extend the life of food in distribution and storage by reducing the change in microbiological, biochemical and sensory properties of agricultural products. Food technology has many goals such as producing ready-to-eat food products in line with consumer demands, ensuring the preservation of the nutritional quality necessary for human health. Traditional preservation and processing methods, in other words thermal processing methods, are still used to ensure the food quality during production

stages and storage periods. However, some undesirable situations can be encountered for example the use of high temperature, food additives, excessive energy etc.

Due to some disadvantages of thermal methods in food technology, the use of non-thermal techniques has emerged. One of these applications is the cold plasma technique (Laroque et al., 2022).

2. THE USE OF COLD PLASMA TECHNIQUE

The non-thermal application of plasma, the fourth state of matter, is accepted as the cold plasma technique. Its most important advantage is its low temperature and high efficiency (Misra et al., 2015). Cold plasma technology used in different industrial fields has application areas. While it is used in the medical field in the application of certain treatments (Isbary et al 2013), cold plasma is also used in agricultural applications such as seed germination (de Groot et al., 2018; Sivachandiran and Khacef 2017). It attracts attention especially in reducing the pesticide concentrations in agricultural applications (Sarangapani et al., 2016). It has also been reported in studies that cold plasma is used in the purification of wastewater as one of the biggest benefits it provides to the environment (Van Nguyen et al., (2020).

When looking at the applications of cold plasma in foods, the most striking feature is that it inhibits the development of microorganisms by providing surface decontamination. Cold plasma initiates a series of physical and chemical reactions when food comes into contact with plasma, all of which change the surface properties (Carette et al., 2021). The mutual reactions of the plasma gas successfully inactivate bacteria, bacteria spores, mycotoxin and fungus adhering to surfaces due to the short processing time and destroying the cell walls (Fernandes and Rodrigues, 2025; Shabbir et al., 2024; Umair et al., 2025). Plastic packaging materials, and other materials can be rapidly sterilized with cold plasma without compromising the mass or residue (Gan et al., 2021).

In addition to microbial decontamination, cold plasma technique is used to improve the quality of some foods. For example:

- Fruits and vegetables (Mahnot et al., 2020; Pathak et al., 2020)
- Cereals (Liu et al., 2024; Prakash et al., 2023)
- Dairy products (Kim et al., 2015; Abbas et al 2024; Nikmaram and Keener, 2022; Rathod et al., 2021)
- Seafoods (Mozzon et al., 2024; Wang et al., 2024; Shen et al., 2023; Hatab et al., 2022; Situ et al., 2023)
- Meat and meat products (Jayasena et al., 2023)

Studies have reported that basic parameters such as gas type, processing time, voltage and plasma flow rate are effective in the applicability of this technique (Gupta and Routray, 2025).

3. CONCLUSIONS

Cold plasma technique is an eco-friendly non-thermal technology and is successful to minimize the microbial counts in food surfaces. Further researchs should be explore the use of cold plasma in enhancing food technology.

REFERENCES

- [1] Laroque, D.A., Seó, S.T., Valencia, G.A., Laurindo, J.B., Carciofi, B.A.M. Cold Plasma in Food Processing: Design, Mechanisms, and Application. J Food Eng 312:110748. 2022.
- [2] Misra, N.N., Patil, S., Moiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J., Keener, K., Cullen, P. In-Package Atmospheric Pressure Cold Plasma Treatment of Strawberries. J Food Eng 125:131-138. 2014.
- [3] Isbary, G., Stolz, W., Shimizu, T., Monetti, R., Bunk, W., Schmidt, H.U., Morfill, G.E., Klämpfl, T.G., Steffes, B., Thomas, H.M., Heinlin, J., Karrer, S., Landthaler, M., Zimmermann, J.L. Cold Atmospheric Argon Plasma Treatment May Accelerate Wound Healing. 2013.
- [4] de Groot, G.J.J.B., Hundt, A., Murphy, A.B., Bange, M.P., Mai-Prochnow, A., Cold Plasma Treatment for Cotton Seed Germination Improvement. Sci Rep 8:14372. 2018.
- [5] Sivachandiran, L., Khacef, A.. Enhanced Seed Germination and Plant Growth By Atmospheric Pressure Cold Air Plasma: Combined Effect of Seed and Water Treatment. RSC Adv 7:1822-1832. 2017.
- [6] Sarangapani, C., Misra, N.N., Milosavljevic, V., Bourke, P., O'Regan, F., Cullen, P.J. Pesticide Degradation In Water Using Atmospheric Air Cold Plasma. J Water Process Eng 9:225-232. 2016.

- [7] Van Nguyen, D., Ho N.M., Hoang, K.D., Le, T.V., Le, V.H. An Investigation on Treatment of Groundwater with Cold Plasma For Domestic Water Supply. *Ground Sustain Dev* 10:100309. 2020.
- [8] Carette, X., Dhond, L., Hemberg, A., Thiry, D., Mincheva, R., Cailloux, J., Raquez, J. M.. Innovative One-Shot Paradigm To Tune Filler–Polymer Matrix Interface Properties By Plasma Polymer Coating In Osteosynthesis Applications. *ACS Applied Bio Materials*, 4(4), 3067-3078. 2021.
- [9] Umair, M., Xun, S., Jabbar, S., Abid, M., Rajoka, M. S. R., Zhendan, H. Recent Breakthroughs of Non-Thermal Cold Plasma Food Processing: A Review. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 100673. 2025.
- [10] Gan, Z., Feng, X., Hou, Y., Sun, A., Wang, R. Cold Plasma Jet with Dielectric Barrier Configuration: Investigating Its Effect on The Cell Membrane of *E. coli* and *S. cerevisiae* and Its Impact on the Quality of Chokeberry Juice. *LWT*, 136, 110223. 2021.
- [11] Gupta, K. K., Routray, W. Cold plasma: A Nonthermal Pretreatment, Extraction, and Solvent Activation Technique for Obtaining Bioactive Compounds From Agro-Food Industrial Biomass. *Food Chemistry*, 142960. 2025.
- [12] Fernandes, F. A., Rodrigues, S. Cold Plasma Technology for Sustainable Food Production: Meeting the United Nations Sustainable Development Goals. *Sustainable Food Technology*, 3(1), 32-53. 2025.
- [13] Shabbir, A., Hassan, S. A., Hanif, H., Rauf, R., Muntaha, S. T., Jubbar, M., Aadil, R. M. Applications of Cold Plasma Technique to Enhance the Safety and Quality of Different Food Products. *Measurement: Food*, 100183. 2024.
- [14] Liu, M., Feng, J., Fan, Y., Yang, X., Chen, R., Xu, C., Ma, R. Application of Atmospheric Cold Plasma for Zearalenone Detoxification in Cereals: Kinetics, Mechanisms, and Cytotoxicity Analysis. *Journal of Advanced Research*. 2024.

- [15] Prakash, S. D., Siliveru, K., Zheng, Y. Emerging Applications of Cold Plasma Technology in Cereal Grains and Products. Trends in Food Science & Technology, 141, 104177. (2023).
- [16] Abbas, H. M., Altamim, E. A., Salama, M., Fouad, M. T., Zahran, H. A. Cold Plasma Technology: A Sustainable Approach to Milk Preservation by Reducing Pathogens and Enhancing Oxidative Stability. Sustainability, 16(20), 8754. 2024.
- [17] Nikmaram, N., Keener, K. M. Degradation of Aflatoxin M1 in Skim and Whole Milk Using High Voltage Atmospheric Cold Plasma (HVACP) and Quality Assessment. Food Research International, 162, 112009. 2022.
- [18] Mozzon, M., Foligni, R., Mannozi, C., Vittori, S. Assessment of Lipid Oxidation in Fish and Fish Products Processed by Cold Plasma Technologies. Applied Food Research, 100646. 2024
- [19] Wang, X., Yang, Y., He, L., Zhang, M., Yang, T., Yu, X., Jiang, H. Application of Antioxidants in Cold Plasma Treatment of Fish Oil. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 97, 103799. 2024.
- [20] Shen, Z., Luan, A., Yi, S., Wu, J., Wang, F., Liu, Y., Li, X. Moderate Protein Degradation and Lipid Oxidation Induced By Cold Plasma and Its Effect on the Quality of Dried Fish Products. Journal of Food Composition and Analysis, 123, 105636. 2023.
- [21] Hatab, S., Koddy, J. K., Miao, W., Tang, L., Xu, H., Deng, S., Zheng, B. Atmospheric Cold Plasma: A New Approach to Modify Protein and Lipid Properties Of Myofibrillar Protein Isolate From Hairtail (*Trichiurus lepturus*) Fish. Journal of the Science of Food and Agriculture, 102(5), 2041-2049. 2022.
- [22] Situ, H., Li, Y., Gao, J., Zhang, C., Qin, X., Cao, W., Chen, Z. Effects of Cold Atmospheric Plasma on Endogenous Enzyme Activity and Muscle Protein Oxidation in *Trachinotus ovatus*. Food Chemistry, 407, 135119. 2023

- [23] Rathod, N. B., Kahar, S. P., Ranveer, R. C., Annapure, U. S. Cold Plasma an Emerging Nonthermal Technology for Milk and Milk Products: A Review. International Journal of dairy technology, 74(4), 615-626. 2021
- [24] Jayasena, D. D., Kang, T., Wijayasekara, K. N., Jo, C. Innovative Application of Cold Plasma Technology in Meat And Its Products. Food Science of Animal Resources, 43(6), 1087. 2023
- [25] Pathak, N., Grossi, Bovi, G., Limnaios, A., Fröhling, A., Brincat, J.P., Taoukis, P., Valdramidis, V.P., Schlüter, O. Impact of Cold Atmospheric Pressure Plasma Processing on Storage of Blueberries. J Food Process Preserv 44:e14581. 2020
- [26] Kim, H.J., Yong, H.I., Park, S., Kim, K., Choe, W., Jo, C. Microbial Safety and Quality Attributes of Milk Following Treatment with Atmospheric Pressure Encapsulated Dielectric Barrier Discharge Plasma. Food Control 47:451-456. 2015.

KAHVE TELVESİNİN GIDA SANAYİSİ ALANINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Gizem TİRYAKİ

Ege Üniversitesi,

gizemmtiryaki@gmail.com- 0000-0001-5608-9815

Doç. Dr. Emine NAKİLCİOĞLU

Ege Üniversitesi,

emine.nakilcioglu@ege.edu.tr- 0000-0003-4334-2900

ÖZET

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, dünya genelinde kahve tüketimi sürekli olarak artış göstermektedir. Kahve tüketiminin artmasıyla birlikte kahve işleme sürecinden kaynaklanan çeşitli atık miktarları da artmaktadır. Organik atıklar arasında bulunan kahve atıkları, çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması için çeşitli alanlarda değerlendirilebilecek büyük bir potansiyele sahiptir. Gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için mevcut kaynakların verimli kullanılması ve atıkların çevreye olan zararlarının minimize edilmesi gerekmektedir. Kahve telvesi, zengin antioksidan içeriği, diyet lifi ve biyoaktif bileşikler gibi faydalı bileşenleri içermektedir. Zengin antioksidan içeriği ile iltihaplanmayı azaltarak kronik hastalıkların önlenmesine destek olabilmektedir. Diyet lifi içeriği ile bağırsak sağlığını destekleyerek, sindirimi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca tokluk hissini artırarak kilo yönetimine yardımcı olabilmektedir. Sağlığa yararları ve zengin bileşimi ile kahve telvesi atıklarının gıda sektöründe değerlendirilmesi, sürdürülebilir uygulamalar için değerli bir kaynak olma potansiyelini ortaya koymaktadır. Kahve telvesi, içerdiği antioksidan ve diğer biyoaktif bileşenler sayesinde gıda katkı maddesi, fonksiyonel bileşen ya da yeni gıda ürünlerinde destekleyici bir malzeme olarak kullanılabilir. Kahve telvesi atıkları, zengin besin içeriği ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle fırıncılık ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu atıklar, lif içeriği sayesinde hamur ürünlerinde hem yapı hem de besin değerini arttırabilmektedir. Ayrıca, kahve telvesi atıkları uygun tat ve aroma özellikleriyle içecek üretiminde de değerlendirilebilmektedir. Kahve telvesinin gıda üretiminde değerlendirilmesi hem sürdürülebilirlik hem de sağlık açısından büyük birçok avantaj sunmaktadır. Bu şekilde, kahve tüketiminden kaynaklanan çevresel yük azaltılarak kahve atıklarının katma değerli ürünlere dönüştürülmesi sağlanabilmektedir. Atık yönetiminde bu yaklaşımlar, döngüsel ekonomiye katkı sağlarken, doğal kaynakların korunmasına da yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: kahve tüketimi, kahve atığı, kahve telvesi, atık değerlendirme

1. GİRİŞ

Kahve, dünya genelinde her yıl milyonlarca insan tarafından tüketilen ve ticareti yapılan, sosyal, kültürel ve ekonomik etkileri olan bir içecektir. Dünya genelinde yaklaşık 170 ülke kahve üreticisi olarak bilinmektedir ve kahve piyasası sürekli bir büyüme göstermektedir (Vegro, & de Almeida, 2020). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, kahve içen insanların sayısı ve tüketilen kahve miktarı da sürekli olarak artış göstermektedir (Slovak & Kolomiiets, 2023). Uluslararası Kahve Organizasyonu'nun (ICO) 2021 Kahve Gelişim Raporu'na göre, küresel kahve tüketimi, 2020/21 kahve yılında %1 oranında artış göstererek 165,4 milyon torbaya ulaşmıştır (International Coffee Organization, 2021). Bu oran 2021/22 yılında pandemi döneminin bitmesinin ardından %6'ya yükselerek yaklaşık 170 milyon torbaya ulaşmıştır (International Coffee Organization, 2022). Türkiye'de ise 2021 yılında kişi başına yıllık kahve tüketimi yaklaşık 1,1 kg olarak hesaplanırken, bu dönemde toplam kahve tüketimi ülke genelinde yaklaşık 90 bin ton olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2023). 2022 yılında ise kişi başı kahve tüketimi 1,2 kg'ya yükselmiş ve toplam tüketim yaklaşık 100 bin tona ulaşmıştır. Kahve tüketimine olan talep dünya genelinde artmaya devam etmekte ve bu eğilimin gelecekte de süreceği öngörülmektedir. Bu artan talep, kahve üretim süreçlerini ve atık yönetimini daha da önemli hale getirmiştir.

Gıda atıkları, ev ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanan, tüketilmeyen, bozulmuş veya kullanım süresi dolmuş yiyeceklerin atılmasıyla oluşmaktadır. Her yıl dünya genelinde gıda zincirinin tüm aşamalarında yaklaşık 1,3 milyar ton gıda kaybolmakta ve bu kayıplar giderek artmaktadır (Mohanty vd., 2022). FAO'ya göre, dünya çapında üretilen gıdaların üçte biri israf edilmekte ve bu durum, daha iyi depolama, dağıtım ve tüketim süreçlerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Atık değerlendirme, çevresel etkileri azaltmaya yönelik atıkların geri dönüşümü, yeniden kullanımı veya enerji üretimi gibi yöntemlerle işlenmesini hedeflemektedir (Gül & Yaman, 2021). Bu süreç, doğal kaynakların korunmasına ve atık miktarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Gıda atıklarının değerlendirilmesi ise sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden biri olup, biyolojik bazlı ürünlerin elde edilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir (Mohan, 2016). Kahve atıkları da organik atıklar arasında önemli bir kaynağı oluşturmaktadır ve dünya genelinde her gün milyonlarca fincan kahve tüketilmesi nedeniyle büyük miktarda kahve atığı ortaya çıkmaktadır. Bu atıklar, çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması için çeşitli alanlarda değerlendirilebilecek büyük bir potansiyele sahiptir. Gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için mevcut kaynakların verimli kullanılması ve atıkların çevreye olan zararlarının minimize edilmesi gerekmektedir.

Hem lezzeti hem de uyarıcı etkisi ile birçok insan tarafından her gün kahve tüketilmesiyle büyük miktarda kahve atığı ortaya çıkmaktadır. Kahve atıkları, kahve işleme ve tüketimi sırasında oluşan yan ürünleri ifade etmektedir. Kahve üretimi, çekirdeklerin yetiştirilmesinden başlayan ve çeşitli işleme aşamalarıyla devam eden bir süreçtir (Janissen & Huynh, 2018). Bu süreçte meyve kabuğu ve posası gibi organik atıklar ortaya çıktığı gibi kahve çekirdeği kabukları ve diğer atık ürünler oluşmaktadır (Carmen vd., 2020). Bu atıklar, yüksek seviyelerde tanen ve kafein içerdiğinden uygun şekilde yönetilmeleri gerekmektedir. Kahve

tüketimiyle ortaya çıkan atıklar arasında demleme işleminden sonra geriye kalan kahve telvesi, kahve filtresi ve kahve ürün ambalajları bulunmaktadır (Arya vd., 2022). Dünya genelinde her yıl yaklaşık 6 milyon ton kahve telvesi atığı, 0,5 ton kahve posası ve 0,18 ton kahve çekirdeği kabuğu oluşmaktadır (Mussatto vd., 2011). Kahve tüketim alışkanlıklarının artması, kahve atıklarının çeşit ve miktarının da artmasına neden olmaktadır. Kahve atıkları, çeşitli alanlarda değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir. Bu atıklar, gıda sistemlerinin sürdürülebilirliğine katkı sağlamak amacıyla etkin bir şekilde kullanılmalı, böylece atık miktarları ve çevreye olan olumsuz etkiler azaltılmalıdır.

2. KAHVE TELVESİ

Kahve telvesi, kahve tüketimiyle doğrudan ilişkili olan ve en yaygın karşılaşılan atık yan ürünüdür (Sulyman vd., 2020). Kahve tüketimiyle her yıl milyonlarca ton kahve telvesi atığı ortaya çıkmaktadır ve bu miktarın 9,1 ila 9,4 milyon ton arasında olduğu tahmin edilmektedir (Arya vd., 2022). Her 1 gram öğütülmüş kahve başına yaklaşık $\pm 0,91$ gram kahve telvesi atığı ortaya çıkmaktadır.

Kahve çekirdeklerinin öğütülerek demlenmesi sonucunda elde edilen kahve telveleri organik madde, yağlar ve çeşitli besin maddelerinden oluşmaktadır. Kahve telveleri doğru bir şekilde yönetildiğinde, katma değerli ürünlerin üretimi için ideal bir substrat haline gelmektedir (Campos-Vega et al., 2015). Kahve telvesi, kuru madde ağırlığının yaklaşık %45,3'ünü oluşturan polimerize olmuş şekerleri içerirken, lipid miktarı kuru madde ağırlığının %10-15'i arasında değişmektedir (Jenkins vd., 2014). Ayrıca kahve telvesi yapısında %17,44 oranında protein, %23,9 lignin, %2,29 yağ, %12,4 selüloz, %39,1 hemiselüloz, %16,43 galaktoz ve toplamda %60,49 diyet lifi bulundurmaktadır (Prihadi & Maimulyanti, 2021). Bu bileşenler, kahve telvesinin kimyasal bileşimi hakkında önemli bilgiler sunmakta ve potansiyel kullanım alanları için değerli bir kaynak oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra kahve telvesi kalsiyum, magnezyum, potasyum, azot ve fosfor olmak üzere birçok mineral bakımından da oldukça zengindir. Kahve telvelerinin toplam amino asit içeriği, demleme yöntemi ve koşullarına bağlı olarak 78-140 g/kg arasında değişiklik göstermektedir. Esansiyel amino asitlerden lösin, lizin ve valin gibi bileşenler ise beslenme açısından önemli düzeylerde bulunarak kahve telvesinin potansiyel besin değerini arttırmaktadır.

2.1. Kahve Telvesinin Sağlığa Yararları

Kahve telvesi atıkları, sindirimi kolaylaştıran ve bağırsak sağlığını destekleyen diyet lifi kaynağıdır. Ayrıca bu atıklar yapılarında klorojenik asit ve melanoidinler gibi antioksidanlar içermektedir. Bu bileşiklerin sağlık üzerinde anti-inflamatuar ve kardiyovasküler koruyucu etkileri olduğu bilinmektedir. Kahve telvesi yapısında bulunan klorojenik asit, kan basıncının düzenlenmesini sağlayarak karaciğerde yağ birikiminin ve kandaki lipidlerin azaltılmasını sağlamaktadır (Kozuma vd., 2005; Bhandarkar vd., 2019). Melonidinler aracılığıyla da glukoz intoleransı iyileştirilmektedir (Bhandarkar vd., 2020). Ayrıca kahve telvesinde bulunan biyoaktif bileşiklerin tüketim dozuna bağlı olarak terapötik etkileri bulunmaktadır (Ramón-Gonçalves vd., 2019).

Kahve telvesi atıklarında bulunan bileşiklerin prebiyotik etkileri, faydalı bağırsak bakterilerinin büyümesini teşvik ederek sindirim ve genel sağlık üzerinde olumlu etkiler

sağlayabilmektedir (Bevilacqua vd., 2023). Buna kahve telvesi tüketimiyle *Bifidobacterium* popülasyonlarının artarken; *Clostridium* ve *Escherichia coli* gibi zararlı bakterilerinin azalarak bağırsak bakterilerinde olumlu değişiklikler göstermesi örnek verilebilmektedir. Gıda ürünlerine dahil edilen kahve telvesi atıkları, tokluk hissini arttırarak kilo yönetimine yardımcı olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada kahve telvesi atıkları ile zenginleştirilmiş kurabiye tüketiminin kısa vadede tokluk hissini arttırdığı ve toplam enerji alımını azalttığı gözlemlenmiştir (Campos-Vega vd., 2020).

2.2. Kahve Telvesi Atıklarının Değerlendirilmesi

Yıllık atık miktarı oldukça yüksek olan kahve taveleri önemli düzeyde organik madde içermektedir. Bu atıkların parçalanması için yüksek miktarlarda oksijene ihtiyaç duyulmaktadır. Doğru bir şekilde bertaraf edilemeyen kahve telvesi atıkları, karbondioksitten 86 kat daha fazla küresel ısınma potansiyeline sahip olan metan gazı üretmektedir (Stylianou vd., 2018). Bu durum, çevresel sorunların ortaya çıkmasına ve atık yönetimi açısından problemlere neden olabileceği için, ulusal düzenlemelere uygun şekilde tasarlanmış bir atık yönetim planının uygulanması gerekmektedir. Demleme işleminin ardından kahve taveleri, içerdiği yüksek miktarda antioksidan, yağ, şeker ve azot, potasyum, fosfor gibi diğer bileşenlerle önemli bir enerji kaynağı olma potansiyeline sahiptir. Bu atıkların geri dönüşümü ve yeniden kullanımı, çevresel etkileri azaltırken yeni gıda uygulamalarının oluşmasına olanak tanıyabilecektir. Birçok araştırmacı, değerli bileşenlerinden faydalanmak ve atık miktarını azaltmak amacıyla kahve telvesinin tam potansiyelinden yararlanmanın yollarını araştırmaktadır.

Kahve telvesi atıkları, biyokütle atık kategorisine girdiğinden bu atıkların, katma değerli ürünlere geri dönüştürülmesi, ortaya çıkan büyük miktarda atıkla başa çıkma konusunda etkili bir yöntem olarak görülmektedir (Atabani vd., 2019). Kahve telvesi atıklarının içerdiği mineraller sayesinde gerekli besin maddelerini sağlayarak bitki yetiştiriciliğinde kullanıldığı bilinmektedir. Atıkların bu amaçla kullanılması, toprak kalitesini artırarak nem tutma kapasitesini iyileştirmektedir. Kahve telvesi atıklarının etkili bir şekilde kullanılması, sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkıda bulunurken, kahve atığı bertarafından kaynaklanan çevresel etkileri de azaltabilir. Ayrıca kahve telvesi atıkları ile biyoyakıt, biyogaz, biyoetanol ve biyodizel gibi yakıt türlerinin üretilmesi sağlandığı gibi nutrasötik takviye olarak kullanılması gibi çeşitli yaygın alanları bulunmaktadır (McNutt, 2019). Yapılan bir çalışmada, kahve telvesi atıklarının, deniz yosunu ve peynir altı suyu ile birleştirilerek biyogaz üretiminde kullanıldığı belirtilmiştir (Kim vd., 2017). Bu malzemelerin ortak kullanımı, metan üretim oranını artırarak süreci iyileştirmiştir. Özellikle kahve telvesi ile birleştirildiğinde, deniz yosunu biyokütlesinin metan veriminin arttığı (0,19 L/g COD) gözlemlenmiştir.

2.3. Kahve Telvesi Atıklarının Gıda Alanında Değerlendirilmesi

Günümüzde tüketiciler, biyolojik olarak aktif bileşiklerin biyoyararlanımına odaklanan daha sağlıklı alternatifler aramaktadır. Gıda güvenliği ve güvencesi, gıda işletmesi sahipleri arasında kritik bir konu haline gelirken; tüketiciler de daha sürdürülebilir gıda sistemlerine geçiş yapmaya başlamıştır (Arya vd., 2022). Dünya genelinde de mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılması, doğal flora ve faunanın değerlendirilmesi, süreçlerin daha verimli hale

getirilmesi ve atıkların çevreye olumsuz etkilerinin minimize edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Kahve telvesi atıklarının değerlendirilmesi, gıda alanında geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Bu atıkların gıda sektöründe değerlendirilmesi, zengin bileşimi sayesinde sürdürülebilir uygulamalar için değerli bir kaynak olma potansiyelini ortaya koymaktadır. Kahve telvesi, içerdiği antioksidan ve diğer biyoaktif bileşenler sayesinde gıda katkı maddesi, fonksiyonel bileşen ya da yeni gıda ürünlerinde destekleyici bir malzeme olarak kullanılabilir (Ahmed vd., 2024). Kahve telvesi atıklarının et ve diğer gıda ürünlerine eklenmesi, güçlü antioksidan özellikleriyle gıdaların bozulma hızını yavaşlatmakta ve patojenik bakterilerin çoğalmasını engelleyerek koruyucu bir etki sağlamaktadır (Jiménez-Zamora vd., 2015; July vd., 2016). Ayrıca, kahve telvesi atıkları uygun tat ve aroma özellikleriyle içecek üretiminde de değerlendirilebilmektedir.

Kahve telvesi atıkları, zengin besin içeriği ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle fırıncılık ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu atıklar, zengin lif içeriği sayesinde hamur ürünlerinde hem yapı hem de besin değerini arttırabilmektedir (Mussatto vd., 2011). Özellikle kurabiye, kek ve ekmek gibi ürünlerde kullanılan kahve telvesi, gıda sektöründe sürdürülebilirlik açısından önemli bir değerlendirme alanı sunmaktadır. Bunun yanında, kahve telvesi eklenen ürünlerin tüketici tarafından beğenildiği ve duyuşal özellikler bakımından kabul edilebilir olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.

2.3.1. Fırıncılık ürünleri

Kahve telvesi atıklarının gıda ürünlerinde değerlendirilmesi ile ilgili bir çalışmada, atıklar glutensiz kurabiye ürünlerine dahil edilerek fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kahve telvesi atığı eklenen kurabiye örneklerinin besin değerlerinin, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. %10 oranında kahve telvesi atığı eklenen formülasyon yüksek spesifik hacim ve yayılma oranı ile sonuçlanmıştır. %20 oranında kahve telvesi atığı eklenen formülasyon, ürünün lif kaynağı olarak sınıflandırılmasını (4.11 g/100 g) sağlamıştır (Oliveria Batista vd., 2023).

Başka bir çalışmada ise kahve telvesi atıklarının gıda bileşeni olarak uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla kahve telvesi atığı ile zenginleştirilmiş kurabiyeler, fizikokimyasal özellikleri ve gıda güvenliği açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kurabiye örneklerinin antioksidan aktivitelerinde ve besleyici değerinde artış yaşanırken; duyuşal özelliklerde olumlu değişimler gözlemlenmiştir. Ayrıca kahve telvesi atığı ile zenginleştirilmiş, prebiyotik içeren kurabiyelerin tüketiminin, kısa süreli tokluk sağladığı bulunmuştur (Desai vd., 2020).

Meerasri vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise kahve telvesi atıkları, kurabiye örneklerinde %10-30 oranında tereyağı ikamesi olarak kullanılmış ve bu ikamenin hamurun reolojik özellikleri ile kurabiye kalitesinin üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, toplam fenolik içerik ve antioksidan özelliklerin artarken, daha yüksek miktarda kahve telvesi atığı ile tereyağı ikame edildiğinde kurabiyelerin sertliğinin azaldığını göstermektedir. Çalışma,

kahve telvesi atıklarının gıda endüstrisinde atık bir ürünün değerlendirilmesiyle daha sağlıklı kurabiye ürünlerinde tereyağına alternatif bir bileşen olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Ali vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada kahve telvesi atıkları kullanılarak besleyici değeri yüksek nutrasötik bisküviler geliştirmek amaçlanmıştır. Kurutulmuş kahve telvesi atıkları, bisküvi formülasyonlarında belirli oranlarda kullanılarak farklı prototipler oluşturulmuştur. Telve ilavesinin bisküvilerin protein, lif ve antioksidan içeriğini artırdığı incelenmiştir. Üretilen bisküviler, lezzet, koku, doku ve genel beğeni açısından tüketiciler tarafından test edilmiştir. Telve ilavesinin bisküvi içeriğinde fenolik bileşikler ve diyet lifi oranlarını nasıl etkilediği değerlendirilmiştir. Çalışma, kahve telvesi atık ilavesinin bisküvilerin besin değerini arttırdığını, özellikle lif ve antioksidan kapasitesini yükselttiğini göstermiştir. Tüketiciler, kahve telvesi içeren bisküvilerin genel kabul edilebilirliğini olumlu bulmuşlardır. Kurutulmuş kahve telvesinin hem besleyici hem de fonksiyonel gıda üretimi için umut vadeden bir bileşen olduğu sonucuna varılmıştır.

Kahve telvesi atıklarının gıda alanında değerlendirildiği başka bir çalışmada ise, genç yetişkinlerde kahve telvesi atıkları ve bu atıklardan elde edilen antioksidan diyet lifi, bisküvi ürünlerine eklenmiştir. Bu amaçla arabica kahve çekirdeklerinden arta kalan kahve telve atıkları kullanılarak, bisküvilerin yetişkinlerde sirkadiyen ritim üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bu bisküvi tüketiminin kolonik kısa zincirli yağ asidi üretimi ile ilişkili kronodüzen bozukluğunu iyileştirerek, uyku kalitesini ve süresini artırdığını göstermektedir. Ayrıca, kahve telvesi atıklarından elde edilen antioksidan diyet lifi, genç yetişkinlerde sirkadiyen aktivitenin iyileştirilmesine olumlu etkiler göstermiştir (Oseguera-Castro vd., 2019).

Bir başka çalışmada ise kahve telvesi atıklarının bir gıda bileşeni olarak kullanımı ve fırıncılık ürünlerinde uygulanması değerlendirilmiştir. Bu amaçla bisküvi ürünlerine dahil edilen kahve telvesi atıklarının fizikokimyasal karakterizasyonu, termal stabilitesi ve gıda güvenliği hakkında veriler toplanarak diyet lifi olarak kullanımının uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Sonuçlar, kahve telvesi atıklarının antioksidan açısından zengin, çözünmeyen lif, esansiyel amino asitler, düşük glisemik şekerler içerdiğini, termal gıda işleme ve sindirim sürecine dayanıklı olduğunu ve tamamen güvenli olduğunu göstermiştir. Kahve telvesi atıkları bisküvi ürünlerine dahil edilerek bu bisküvilerin besin kalitesi, kimyasal güvenliği, mikrobiyolojik güvenliği ve duyuşal testleri yapılmıştır. Sonuçta bisküvi ürünlerinin tüketici tercihleri doğrultusunda, yüksek besin ve duyuşal kaliteye sahip olarak elde edilerek obezite ile diyabet gibi kronik hastalık riskini azaltma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir (Martinez-Saez vd., 2017).

Hussein vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, kahve telvesi atıklarının lif kaynağı olarak kullanılmasının sünger kekin kimyasal, reolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada, kahve telvesi farklı oranlarda sünger kek tarifine eklenmiştir. Bu kekler, kimyasal analizlerle bileşenlerinin içeriği açısından incelenmiş; reolojik testlerle hamurun akışkanlık ve yapısal özellikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, keklerin duyuşal özellikleri (tat, doku, aroma ve genel kabul edilebilirlik) bir tüketici paneli aracılığıyla test edilmiştir. Sonuçta, kahve telvesinin sünger kekta lif içeriğini arttırdığı, bununla birlikte hamurun reolojik özelliklerini etkilediği ve duyuşal özellikler üzerinde önemli bir etki

oluşturduğu tespit edilmiştir. Belirli oranlarda kahve telvesi kullanımı, keklerin besin değerini artırırken kabul edilebilirliğini korumuştur. Çalışma, kahve telvesinin fırıncılık ürünlerinde sürdürülebilir bir bileşen olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Kahve telvesi atıklarının fırıncılık ürünlerine dahil edildiği diğer çalışmalar çizelge 1’de yer almaktadır.

Çizelge 1. Kahve telvesi atıklarının fırıncılık ürünlerine dahil edildiği diğer çalışmalar

Çalışmanın amacı	Çalışmanın sonucu	Kaynak
Kahve telvesi atıkları ile peynir altı suyu tozunun kombinasyonunun besinsel ve fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.	Formülasyon, yüksek antioksidan aktivite ve lif içeriği ile fonksiyonel özellikler açısından umut vadeden bir ürün olduğunu göstermiştir. Bu kombinasyonun, gıda endüstrisinde besleyici ve fonksiyonel özellikler sağlayan bir bileşen olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.	Osorio-Arias vd. (2020)
Kahve telvesi atıklarının sürdürülebilir bir lif ve antioksidan kaynağı olarak değerlendirilmesi ve bu atıkların muffin üretiminde işlevsel bir bileşen olarak kullanımını amaçlanmıştır.	Kahve telvesi kullanımı, muffinlerin lif ve antioksidan içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. Belirli bir kahve telvesi oranına kadar duyuşal özelliklerin olumlu olduğu ve tüketiciler tarafından kabul edilebilir bulunduğ u tespit edilmiştir.	Severini vd. (2020)
Mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemiyle kahve telvesi atıklarından karbonhidrat bakımından zengin bileşenler ekstrakte edilmiştir. Elde edilen karbonhidratça zengin fraksiyonlar, bisküvi hamurlarına ilave edilerek diyet lifi içeriğinin artırılması hedeflenmiştir.	Geliştirilen bisküviler duyuşal analizler ve besin bileşimi açısından değerlendirilmiştir. Sonuç olarak eklenen kahve telvesi fraksiyonlarının, bisküvilerin lif içeriğini önemli ölçüde arttırdığı ve ürünlerin duyuşal özelliklerinde kabul edilebilir düzeyde değişimlere neden olduğu gözlemlenmiştir.	Passos vd. (2015)
Ürünlerin besin değerinin artırılması ve kahve endüstrisindeki atıkların azaltılması amaçlanmıştır.	Çeşitli kahve telvesi atık konsantrasyonları (%0-10) kullanılarak altı farklı kurabiye formülasyonu geliştirilmiştir. Sonuçlar, kahve telvesi atığı içeren kurabiyelerin nem, protein, kül, lif, toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite açısından kontrol örneğinden daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermiştir.	Koay vd. (2023)

2.3.2. İçecekler

Yapılan bir çalışmada kahve telvesi atıkları kullanılarak yeni içecekler geliştirmek ve kahve endüstrisinde atık yönetimini iyileştirerek çevresel etkiyi azaltmak amaçlanmıştır. Araştırma, kahve telvesi atıklarında bulunan antioksidan bileşenlerinin ekstraksiyonunu ve bu ekstrakta sakaroz eklenerek fermantasyon ve damıtma işlemini içermektedir. Çalışmada üretilen içeceklerin fizikokimyasal özellikleri, besin içerikleri ve duyuşsal kabul edilebilirliği detaylı olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, kahve telvesinden üretilen içeceklerin hem besin değeri açısından zengin olduğu hem de duyuşsal değerlendirmelerde olumlu geri dönüşler aldığı ortaya konmuştur. Araştırma, kahve telvesinin gıda ürünlerinde inovatif bir bileşen olarak değerlendirilebileceğini ve bunun hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlayacağını göstermiştir. Böylece, kahve üretim sürecindeki atıkların azaltılabileceği ve yeni ticari fırsatların yaratılabileceği vurgulanmıştır (Machado vd., 2018).

Sampaio vd. (2013) tarafından çalışmada ise kahve telvesi atıklarından bir tür alkollü içki geliştirmek amaçlanmıştır. Araştırma, kahve telvesi atıklarında bulunan aromatik bileşiklerin hidrotermal yöntemle ekstraksiyonunu ve bu ekstrakta sakaroz eklenerek fermantasyon ve damıtma işlemini içermektedir. Elde edilen distilata, ürüne hoş tat ve aroma kazandırması amacıyla 17 uçucu bileşik tanımlanmıştır. Üretilen bu içeceğin kimyasal bileşimi detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve duyuşsal özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında fermantasyon süreci optimize edilmiş ve içeceğin alkol içeriği, aromatik profili, asiditesi ve diğer fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, kahve telvesinden elde edilen içeceğin kimyasal ve duyuşsal olarak kabul edilebilir özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu yeni içeceğin aromatik ve lezzet profili, panelistler tarafından olumlu değerlendirilmiştir. Araştırma, kahve telvesinin yalnızca bir atık ürünü olmadığını, aynı zamanda gıda ve içecek endüstrisi için potansiyel bir hammadde kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, kahve endüstrisindeki atıkların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine ve değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

Ravindran vd. (2019) tarafından yapılan çalışmanın amacı, kahve telvesinin ksilanaz üretimi için bir ortam olarak kullanılabilirliğini değerlendirmektir. Araştırmada, belirli mikroorganizma türleri kullanılarak kahve atığı üzerinde ksilanaz üretimi yapılması sağlanmıştır. Çalışmada, fermantasyon süreci optimize edilerek daha yüksek verim elde edilmesi hedeflenmiş ve ksilanazın meyve suyu zenginleştirmedeki potansiyeli incelenmiştir. Sonuçlar, kahve telvesinin ksilanaz üretimi için etkili ve sürdürülebilir bir substrat olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca üretilen ksilanazın, meyve suyu kalitesini artırarak polisakkaritlerin parçalanmasına yardımcı olduğu ve böylece daha fazla biyolojik aktif bileşik içermesini sağladığı bulunmuştur.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kahve telvesi gibi atıkların değerlendirilmesi, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında ve ekonomik faydaların artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde, kahve tüketiminin artmasıyla birlikte bu atığın yönetimi ve değerlendirilmesine yönelik çalışmaların hız kazanması gerekmektedir. Kahve telvesi, doğru teknolojilerle işlenip yeniden kullanıldığında, yalnızca bir atık olmaktan çıkıp değerli bir kaynak haline

gelebilmektedir. Bu dönüşüm hem bireysel tüketiciler hem de endüstriyel üreticiler için önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle gıda sanayisinde, kahve telvesi atıkları değerli bir bileşen olarak değerlendirilebilmektedir. İçeriğindeki yararlı bileşenler, kahve telvesi atıklarını alternatif bir ham madde kaynağı haline getirmektedir. Antioksidanlar gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin olan kahve telvesi atıkları, bu özellikleriyle fonksiyonel gıda üretiminde kullanılabilir. Gıda endüstrisinde kahve telvesi atıkları oldukça geniş bir alanda değerlendirilerek besin değerini artırıcı bir bileşen olarak kullanılabilir. Bu alanlara örnek olarak fırıncılık ürünleri, enerji barları ve içecekler verilebilir. Özellikle bisküvi, kek, kurabiye gibi fırıncılık ürünleri, kahve telvesi atıklarındaki zengin besin içeriğinin en iyi şekilde değerlendirebilecek matrise sahiptir. Kahve telvesindeki lif içeriği, bu ürünlerin dokusunu iyileştirerek sağlıklı ürün geliştirme taleplerine cevap verebilmektedir. Ayrıca düşük işleme gereksinimi, tat ve aroma uyumu, fırıncılık ürünlerini tercih edilen bir uygulama alanı haline getirmiştir. Sonuç olarak, kahve telvesi gibi değerli bir yan ürünün atık olarak kalmaması, çevreye duyarlı ve ekonomik olarak verimli bir yaklaşımın temelini oluşturacaktır. Hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik değer yaratma açısından kahve telvesi, modern gıda üretiminde büyük bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, biyoaktif bileşiklerin izolasyonu ve bunların fonksiyonel gıdalarda kullanımıyla, kahve telvesinin katma değeri yüksek bir ürüne dönüştürülmesi mümkün hale getirmektedir. Bu yaklaşım, hem gıda atıklarının azaltılmasına katkı sağlamakta hem de yenilikçi ürün geliştirme süreçlerine öncülük etmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahmed, H., Abolore, R. S., Jaiswal, S., & Jaiswal, A. K. (2024). Toward Circular Economy: Potentials of Spent Coffee Grounds in Bioproducts and Chemical Production. *Biomass*, 4(2), 286-312.
- Ali, H. S., Mansour, A. F., Kamil, M. M., & Hussein, A. M. S. (2018). Formulation of nutraceutical biscuits based on dried spent coffee grounds. *International Journal of Pharmacology*, 14(4), 584-594.
- Arya, S. S., Venkatram, R., More, P. R., & Vijayan, P. (2022). The wastes of coffee bean processing for utilization in food: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 1-16.
- Atabani, A. E., Ala'a, H., Kumar, G., Saratale, G. D., Aslam, M., Khan, H. A., ... & Mahmoud, E. (2019). Valorization of spent coffee grounds into biofuels and value-added products: Pathway towards integrated bio-refinery. *Fuel*, 254, 115640.
- Bevilacqua, E., Cruzat, V., Singh, I., Rose'Meyer, R. B., Panchal, S. K., & Brown, L. (2023). *The potential of spent Coffee Grounds in Functional Food Development. Nutrients* 15 (4): 994.
- Bhandarkar, N. S., Brown, L., & Panchal, S. K. (2019). Chlorogenic acid attenuates high-carbohydrate, high-fat diet-induced cardiovascular, liver, and metabolic changes in rats. *Nutrition research*, 62, 78-88.
- Bhandarkar, N. S., Mouatt, P., Goncalves, P., Thomas, T., Brown, L., & Panchal, S. K. (2020). Modulation of gut microbiota by spent coffee grounds attenuates diet-induced metabolic syndrome in rats. *The FASEB Journal*, 34(3), 4783-4797.

- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Vergara-Castañeda, H. A., & Oomah, B. D. (2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 24-36.
- Campos-Vega, R., Arreguín-Campos, A., Cruz-Medrano, M. A., & del Castillo Bilbao, M. D. (2020). Spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds promote satiety and attenuate energy intake: A pilot study. *Journal of food biochemistry*, 44(6), e13204.
- Carmen, M. T., Lorena, Z. C., Alexander, V. A., Amandio, V., & Raúl, S. (2020). Coffee pulp: An industrial by-product with uses in agriculture, nutrition and biotechnology. *Reviews in Agricultural Science*, 8, 323-342.
- Gül, M., & Yaman, K. (2021). Türkiye’de atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesi: Ankara örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(4), 1267-1296.
- Desai, N. M., Mallik, B., Sakhare, S. D., & Murthy, P. S. (2020). Prebiotic oligosaccharide enriched green coffee spent cookies and their nutritional, physicochemical and sensory properties. *LWT*, 134.
- Hussein, A.; Ali, H.; Bareh, G.; Farouk, A. Influence of spent coffee ground as fiber source on chemical, rheological and sensory properties of sponge cake. *Pak. J. Biol. Sci.* **2013**, 22, 273–282.
- International Coffee Organization – Trade Statistics Tables. – Coffee Development Report 2021. URL: <https://www.ico.org/documents/cy2022-23/coffee-development-report-2021.pdf> (Erişim tarihi: 24.11.2024)
- International Coffee Organization. (2022). *Annual Review Coffee Year 2021/2022*. URL: <https://www.ico.org/documents/cy2022-23/annual-review-2021-2022-e.pdf> (Erişim tarihi: 24.11.2024)
- Janissen, B., & Huynh, T. (2018). Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and recycling*, 128, 110-117.
- Mohan, S. R. (2016). Strategy and design of Innovation Policy Road Mapping for a waste biorefinery. *Bioresource technology*, 215, 76-83.
- Jenkins, R. W., Stageman, N. E., Fortune, C. M., & Chuck, C. J. (2014). Effect of the type of bean, processing, and geographical location on the biodiesel produced from waste coffee grounds. *Energy and Fuels*, 28(2), 1166–1174.
- Jiménez-Zamora, A., Pastoriza, S., & Rufián-Henares, J. A. (2015). Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *LWT*, 61(1), 12–18.
- Jully, K. M. M., Toto, C. S., & Were, L. (2016). Antioxidant effect of spent, ground, and lyophilized brew from roasted coffee in frozen cooked pork patties. *LWT*, 66, 244–251.
- Kim, J., Kim, H., Baek, G., & Lee, C. (2017). Anaerobic co-digestion of spent coffee grounds with different waste feedstocks for biogas production. *Waste Management*, 60, 322-328.
- Koay, H. Y., Azman, A. T., Zin, Z. M., Portman, K. L., Hasmadi, M., Rusli, N. D., ... & Zainol, M. K. (2023). Assessing the impact of spent coffee ground (SCG) concentrations

on shortbread: A study of physicochemical attributes and sensory acceptance. *Future Foods*, 8, 100245.

- Kozuma, K., Tsuchiya, S., Kohori, J., Hase, T., & Tokimitsu, I. (2005). Antihypertensive effect of green coffee bean extract on mildly hypertensive subjects. *Hypertension research*, 28(9), 711-718.
- Machado, E., Mussatto, S. I., Teixeira, J., Vilanova, M., & Oliveira, J. (2018). Increasing the sustainability of the coffee agro-industry: spent coffee grounds as a source of new beverages. *Beverages*, 4(4), 105.
- Martinez-Saez, N., García, A. T., Pérez, I. D., Rebollo-Hernanz, M., Mesías, M., Morales, F. J., ... & Del Castillo, M. D. (2017). Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chemistry*, 216, 114-122.
- McNutt, J. (2019). Spent coffee grounds: A review on current utilization. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 71, 78-88.
- Meerasri, J., & Sothornvit, R. (2022). Novel development of coffee oil extracted from spent coffee grounds as a butter substitute in bakery products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16687.
- Mohanty, A., Mankoti, M., Rout, P. R., Meena, S. S., Dewan, S., Kalia, B., ... & Banu, J. R. (2022). Sustainable utilization of food waste for bioenergy production: A step towards circular bioeconomy. *International Journal of Food Microbiology*, 365, 109538.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and bioprocess technology*, 4, 661-672.
- Oseguera-Castro, K. Y., Madrid, J. A., Madrid, M. J. M., García, O. P., Del Castillo, M. D., & Campos-Vega, R. (2019). Antioxidant dietary fiber isolated from spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds improves chronotype and circadian locomotor activity in young adults. *Food & function*, 10(8), 4546-4556.
- Osorio-Arias, J., Contreras-Calderón, J., Martínez-Monteagudo, S. I., & Vega-Castro, O. (2020). Nutritional and functional properties of spent coffee ground-cheese whey powder. *Journal of Food Process Engineering*, e13524.
- Passos, C. P., Sérgio, A., Ferrreira, S. S., Kukurová, K., Cicsarová, Z., Nuncia, F. M., & Coimbra, M. A. (2015). Microwave Assisted Extraction of Carbohydrate-rich Fractions from Spent Coffee Grounds: Formulation of Biscuits Enriched in Dietary Fibre. *Trends in Carbohydrate Research*, 7(1).
- Prihadi, A. R., & Maimulyanti, A. (2021). Chemical compounds of coffee ground and spent coffee ground for pharmaceutical products. *Pharmaceutical and Biomedical Sciences Journal (PBSJ)*, 2(2), 49-52.
- Ramón-Gonçalves, M., Gómez-Mejía, E., Rosales-Conrado, N., León-González, M. E., & Madrid, Y. (2019). Extraction, identification and quantification of polyphenols from spent coffee grounds by chromatographic methods and chemometric analyses. *Waste Management*, 96, 15-24.

- Ravindran, R., Williams, G. A., & Jaiswal, A. K. (2019). Spent coffee waste as a potential media component for xylanase production and potential application in juice enrichment. *Foods*, 8(11), 585.
- Sampaio, A., Dragone, G., Vilanova, M., Oliveira, J. M., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2013). Production, chemical characterization, and sensory profile of a novel spirit elaborated from spent coffee ground. *LWT-Food Science and Technology*, 54(2), 557-563.
- Severini, C., Caporizzi, R., Fiore, A. G., Ricci, I., Onur, O. M., & Derossi, A. (2020). Reuse of spent espresso coffee as sustainable source of fibre and antioxidants. A map on functional, microstructure and sensory effects of novel enriched muffins. *LWT-Food Science and Technology*, 119, 108877.
- Slokva, M., & Kolomiets, T. (2023). *TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE WORLD COFFEEMARKET* (Doctoral dissertation, Українська інженерно-педагогічна академія).
- Sulyman, M., Al-Marog, S., Al-Azabi, K., Dawed, E., & Abukrain, A. (2020). Economical and eco-friendly adsorbent derived from coffee waste for efficient adsorption of methylene blue: Characterization, evaluation and optimization studies. *Chem. Sci. Int. J*, 29(10), 16-36.
- Stylianou, M., Agapiou, A., Omirou, M., Vyrides, I., Ioannides, I. M., Maratheftis, G., & Fasoula, D. (2018). Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 35776-35790.
- Vegro, C. L. R., & de Almeida, L. F. (2020). Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. In *Coffee consumption and industry strategies in Brazil* (pp. 3-19). Woodhead Publishing.
- TÜİK. (2023). *Hanehalkı Tüketim Harcaması, 2022*. URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Tuketim-Harcamasi-2022-49690>
Erişim tarihi: 24.11.2024)

GIDA İŞLEMEDE 3D BASKI TEKNOLOJİSİNE GENEL BAKIŞ

Doç. Dr. Emine NAKİLCİOĞLU

Ege Üniversitesi,

emine.nakilcioglu@ege.edu.tr- 0000-0003-4334-2900

Gizem TİRYAKİ

Ege Üniversitesi,

gizemmtiryaki@gmail.com- 0000-0001-5608-9815

ÖZET

3D baskı teknolojisi, herhangi bir kalıp yardımı olmadan doğrudan 3D modelden fiziksel model oluşturmak için kullanılmaktadır. Günümüzde 3D baskı teknolojisi önemli ölçüde geliştirilmiş ve birçok alanda kullanışlı bir araç haline gelmiştir. Tıp, diş hekimliği, otomotiv, inşaat, ilaç, bilgisayar, havacılık ve gıda endüstrisi gibi birçok endüstri, endüstrinin ihtiyaç duyduğu kompleks bir parçayı üretmek için bu teknolojiyi uygulamaktadır. 3D gıda baskı tekniği, seçici lazer sinterleme ekstrüzyon bazlı baskı ve mürekkep püskürtmeli (sıvı bağlama) baskıdan oluşmaktadır. Gıda endüstrisi açısından, 3D baskı teknolojilerinin gıda üretimine getirdiği devrim, düşük maliyetli özelleştirilmiş üretim kolaylığı ve hatta hassas beslenme kontrolüdür. 3D gıda baskısının, kendine özgü iç desenlere sahip karmaşık gıda modelleri ürettiği düşünülmektedir. Böylece kişiselleştirilmiş gıda tasarımları, tedarik zincirini basitleştirmesi, gıda sektöründe geleneksel işleme yöntemleriyle elde edilemeyen şekil tasarımlarına ulaşılması, kişiye özel besin takviyeleri tasarlanması gibi etkileri bulunmaktadır. 3D baskı teknolojisi ile elde edilen gıdaların bazı duyuşal özellikleri, geleneksel işlenmiş gıdalardan farklı olabilir. Fakat gıda sanayinde farklı içerik ve katkı maddelerinden kişiye özel duyuşal özelliklere sahip yiyecekler hazırlamak her zaman bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Şu anda 3D gıda baskısında üç ana zorluk bulunmaktadır: süreç verimliliği, baskı hassasiyeti ve doğruluğu ve renkli, çok yapı, çok aromalı ürünlerin üretimi. Bu zorlukların ortadan kalkmasıyla 3D baskı tekniğinin gıda sektöründe geniş çapta uygulanması kaçınılmaz olacaktır.

Anahtar Kelimeler: 3D baskı teknolojisi, Kişiselleştirilmiş beslenme, Kişiselleştirilmiş gıda tasarımı

1. GİRİŞ

Dünya çapında çeşitli eklemeli üretim ve 3D baskı biçimlerinin ortaya çıkmaya başlamasından bu yana otuz yılı aşkın bir süre geçmiştir (Murr, 2016). Bugün bu teknolojiler, sürekli gelişen üretim biçimlerinde halen dünya çapında çoğalma göstermektedir. Son yıllarda da 3D yazıcı küresel pazarının yüksek büyüme oranı ile yaklaşık bir milyar ABD dolarlık sektöre sahip olduğu belirtilmektedir (Lee, 2021a). Önümüzdeki yıllarda 3D baskı teknolojisine yapılan harcamaların yıllık %22,3 büyüme oranına sahip olması beklenmektedir (Dizon vd., 2018).

Baskı kavramı, farklı boyutlara sahip bir katman oluşturmak amacıyla parçacıkların biriktirilmesini içermektedir (Murr, 2016). 3D baskı teknolojisi ise bu tür katmanların bilgisayar programları tarafından kontrol edilerek üst üste eklemeli üretim ile karakterize edilmesidir (Lee, 2021a). 3D baskı işlemleri ilk olarak 1980 yılında Charles Hull tarafından ticarileştirilmiştir (Shahrubudin vd., 2019). Sıvı polimer içerisine batırılmış bir desen, lazer kullanılarak katı tabakaya dönüştürülerek plastik nesneler elde edilmiştir (Mpofu vd., 2014). Baskı teknikleri, birçok karmaşıklığa ve özelleştirilmiş tasarıma uyum sağladıkları için önemli rekabet avantajları sağlamaktadır. Uygulama alanlarına bağlı olarak 3D baskı teknolojisi ile geleneksel imalat süreçlerine kıyasla daha ergonomik, hafif ve dayanıklı çoklu malzeme içeren ürünler elde edilebilmektedir. Bunun yanı sıra etkili kısa üretim süreleri ile daha az montaj hataları içeren ve dolayısıyla daha düşük maliyetli sürdürülebilir ürünler elde etmek mümkündür (Jiménez vd., 2019).

1.1. 3D Teknolojinin Kullanım Alanları

Günümüzde 3D baskı teknolojisi önemli ölçüde geliştirilmiş ve birçok alanda kullanışlı bir araç haline gelmiştir (Kamran & Saxena, 2016). 3D baskı teknolojisinin kullanıldığı alanlara örnek olarak tıp (Feng vd., 2021) ve diş hekimliği (Alsheghri vd., 2018) alanında fiziksel modellerin üretiminde olduğu gibi inşaat, ilaç, bilgisayar, havacılık ve gıda endüstrisi gibi birçok alan örnek verilebilmektedir (Shahrubudin vd., 2019). WinSun Decoration Design Engineering tarafından Şanghay'da evler inşa etmek için dört dev 3D yazıcı kullanılmıştır ve bu sayede maliyet ve zaman açısından kazanım sağlanmıştır (Mpofu vd., 2014). 3D baskı ile geleneksel inşaatla göre daha ucuz, daha hızlı ve daha güvenli bir alternatif sunulmaktadır. Tıp alanında ışıtme cihazları ve yapay kalp pompası gibi ürünler için 3D baskı teknolojisi kullanılmaktadır (Shahrubudin vd., 2019).

3D baskı teknolojisi, bazı vücut parçalarının implantları ve organ dokuları için kullanılabilmektedir (Mpofu vd., 2014). Önceleri takma vücut parçalarına sahip olma maliyeti son derece pahalı iken 3D baskı teknolojisi sayesinde bu maliyet önemli ölçüde azaltılmıştır (Soto vd., 2010). Bunların dışında doku mühendisliğinde 3D teknoloji ile kan damarları elde edilmektedir. Diş hekimliğinde ise kişiye özel diş implantları geliştirilerek ihtiyaca uygun özel ürünler sunulmaktadır ve bu sayede hızlı ve verimli sonuçlar alınmaktadır.

3D baskı teknolojisi otomobil ve uçak sektörüne de oldukça katkı sağlamaktadır. Araç parçalarının 3D baskı teknolojisi kullanılarak basılmasıyla hızlı ve verimli bir proses izlenmektedir. Bunların dışında mücevher sektörü (Shahrubudin vd., 2019), çocuk oyuncakları ve moda endüstrisinde de 3D baskı teknolojisi kullanılmaktadır (Mpofu vd., 2014).

2. GIDA SEKTÖRÜNDE 3D BASKI KULLANIMI

3D baskı teknolojisi, gıda endüstrisinde de geniş bir uygulama alanına sahip olmaya başlamıştır. Kişiselleştirilmiş gıda tasarımları gibi avantajları nedeniyle son yıllarda yaygın olarak araştırılmakta ve tedarik zincirini basitleştirme amacıyla bazı çalışmalar yürütülmektedir (Liu vd., 2017). Aynı zamanda günümüzde fonksiyonel gıda ve beslenme ihtiyacının artmasıyla ilgi odağı haline gelmektedir. 3D baskı teknolojisi ile basitleştirilen gıda tedarik zinciri ile nakliye hacmi azaltılarak paketleme ve dağıtım maliyetlerinin azaltılması amaçlanmaktadır (ÇAKMAK & GÜMÜŞ, 2020). Geleneksel gıda işleme prosesleri hammaddeden paketlemeye kadar bir dizi işlem içermektedir. Zahmetli ve zaman alıcı olan bu işlemler, 3D baskı teknikleri ile tek bir adımda birleştirecek yöntem kullanılabilmektedir (Lipton vd., 2015). Gıda formülasyonu ve üretim süreçlerinde 3D baskı kullanımı, zaman ve iş gücü tasarrufu avantajı ile devrim yaratacağı vad edilen bir yeniliktedir.

3D baskı teknolojisi kullanılarak gıdalardaki düşük besin içeriği telafi edebilmekte ve geleneksel gıda işleme yöntemleriyle elde edilemeyen bileşenlerin miktarı değiştirilebilmektedir (ÇAKMAK & GÜMÜŞ, 2020). Böylece yaşlılar, özel beslenme ihtiyacı olanlar, sporcular, askeri ve uzay yemekleri için kişiselleştirilmiş diyetler olarak kullanılabilmektedir. 3D baskı, meyve, sebze ve tatlı ürünler gibi, taze tat ve görünüme sahip olması ve uzun raf ömrü gerektiren birçok gıda türünde kullanılmaktadır. Günümüzde çikolata, hamur ve şeker gibi ürünler olduğu gibi peynir ve et gibi ürünler de 3D baskı için kullanılabilecek uygun gıdalar arasında yer almaktadır (Li vd., 2023a). 3D baskı ile üretilen gıdalarda güvenlik problemleri ortadan kalkmakta ve gıda israfı ile enerji tüketimi azaltılmaktadır. Gastronomi alanına büyük bir avantaj sağlayan 3D baskı teknolojisi, yenilikçi ürünler imkânı sunarak farklı tüketici deneyimleri yaratmaktadır (Sun vd., 2015).

2.1. Bazı Belirli Gıda Alanlarında 3D Baskı Teknolojisinin Uygulanması

2.1.1. Askeri ve uzay yemekleri

Amerika Birleşik Devletleri ordusu, 3D gıda baskı uygulamasını askerlerin beslenme ve enerji gereksinimlerine göre özelleştirilebiliyor olmasından dolayı büyük ilgi göstermektedir. 3D baskı teknolojisi kullanılarak yiyecek atıklarını azaltmak ve kalori alımını arttırmak amaçlanmıştır (Koptsev vd., n.d.). Aynı zamanda bu teknoloji sayesinde gıda maddelerinin raf ömrü arttırılarak depolama sağlanabilmektedir (Liu vd., 2017).

NASA'da kullanılan gıda sistemi geleneksel pişirme yöntemleri ile paketlenmiş gıdalar olduğundan, bu gıdalar zamanla bozulma nedeniyle çok az miktarda mikro besin içermektedir. Bu görev için daha uzun raf ömrü gerektiren besinlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla besinler kurutma veya dondurma gibi işlemlere tabi tutulmaktadır. Ancak bu işlemlerin uygulandığı besinler uzun süreli görevlerde iştah kaybına ve kaynak eksikliğine neden olabilmektedir (Santhoshkumar vd., 2023). Bu nedenle uzay görevleri için gıda gereksinimlerini ve beslenme stabilitesini karşılayacak 3D gıda baskını kullanılması uygun görülmektedir. Bu nedenle Systems and Material Research Corporation (SMRC) finanse edilmiştir (Liu vd., 2017). SMRC'nin önerisine göre uzay görevleri sırasında astronotlara özel kişiselleştirilmiş bir gıda sistemi tasarlanacaktır.

2.1.2. Kişiselleştirilmiş Beslenme

3D baskı, kişisel beslenme ihtiyaçlarına uygun olarak özel diyetlerin üretimini kolaylaştırmaktadır. Bu sayede, sporcular, özel diyet gereksinimi olanlar veya yaşlılar gibi gruplara özelleştirilmiş gıda ürünleri sunulabilmektedir. 50 yaş üzeri insanların yaklaşık %15-%25'i disfaji hastalığına yakalanarak yutma güçlüğü çekmektedir (Liu vd., 2017; Xie vd., 2022a). Bu hastalık nedeniyle kişilerde iştah kaybı ve yetersiz beslenme problemleri görülmektedir. Bu problemi çözme amacıyla Avrupa Birliği (AB), 3D baskı yöntemini kullanarak PERFORMANCE projesini finanse etmiştir (Liu vd., 2017). Bu proje kapsamında bezelye, brokoli gibi gıdaların tat ve dokuları taklit edilerek yutulması daha kolay olan simülasyon gıdalar üretilmektedir. Bakım evlerinde yapılan anket sonuçlarında katılımcıların %79'unun 3D baskı ile üretilen gıdaların geleneksel pişirme yöntemi ile hazırlanan gıdalara eş değer olduğunu düşündükleri görülmektedir. Ayrıca katılımcılarının %50'sine yakın bir oranının 3D baskı ile üretilen gıdaları tercih ettikleri belirtilmiştir.

2.1.3. Gastronomi ve Restoran Endüstrisi

3D baskı, gastronomi alanında yenilikçi ve yaratıcı ürünlerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Şefler ve restoranlar, 3D baskı teknolojisi sayesinde eşsiz sunumlar ve tüketici deneyimleri yaratabilmektedir.

Bunlar dışında 3D baskı teknolojisi, çikolata, şekerleme ve pasta süslemeleri gibi tatlı ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu sayede, çeşitli şekiller ve tasarımlar elde edilebilmekte ve görsel açıdan etkileyici tatlılar hazırlanabilmektedir. Ayrıca peynir ve et gibi ürünlerin özelleştirilmiş şekillerini ve tasarımlarını oluşturmada kullanılmaktadır. Bu yöntemle, örneğin peynir plakaları ve et dilimleri gibi ürünlerin farklı şekillerde sunumu mümkün olabilmektedir (Dankar vd., 2018).

2.2. Gıda Alanında Kullanılan 3D Baskı Yöntemleri

Gıda sektöründe dört çeşit 3D baskı tekniği bulunmaktadır. Bu çeşitler ekstrüzyon bazlı baskı, seçici sinterleme baskı (SLS), bağlayıcı püskürtme ve mürekkep püskürtmeli baskı yöntemleridir (Waghmare vd., 2023a).

2.2.1. Ekstrüzyon Bazlı Baskı

Ekstrüzyon bazlı baskı tekniği, viskozitesi yüksek malzemeleri yapılandırma yeteneği sayesinde gıda sektöründe en yaygın kullanılan 3D baskı teknolojisidir (Fahmy vd., 2021; Yan vd., 2022). Bu baskı tekniği, gıda malzemelerinin sıvı ya da hamur getirilerek ekstrüzyon işleminden sonra katmanlar halinde basılmasını gerektirmektedir. Ekstrüzyon bazlı baskı tekniği, gıda baskı malzemesine bağlı olarak ortam ekstrüzyonu, ısıtılmış eriyik ekstrüzyonu ve jel oluşturucu ekstrüzyonu içermektedir. Bunlar arasında jel oluşturucu ekstrüzyon, işlem sonrasında olgunlaştırma işlemi gerektirmedikinden yaygın olarak kullanılmaktadır (Li vd., 2023a). Bu baskı tekniği, genellikle çikolata, püre gibi yumuşak malzemelerin ekstrüzyonunda kullanılmaktadır (Liu vd., 2017).

Hammaddenin sorunsuz bir şekilde ekstrüde edilmesini sağlamak ve iyi şekillendirilebilirliği sağlamak amacıyla mekanik özellikleri iyi olan gıdalar tercih edilmesi

gerekmektedir (Li vd., 2023a). Ekstrüzyon bazlı baskı tekniğinde başarılı bir 3D baskı işlemi için kullanılacak gıda mürekkebinin kolay ekstrüde edilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda ekstrüzyon işleminden sonra hızlı bir yapısal iyileşme gösterebilen psödoplastik yapıda olması gerekmektedir (Xie vd., 2022a). Gıda malzemesi, psödoplastik yapıda olduğunda kesme kuvveti uygulandığında nodülden kolay bir şekilde ekstrüde edilebilmektedir. Aynı zamanda nodülden çıktıktan sonra tekrardan hızlı bir şekilde katılaşarak uygun kesme – inceltme davranışına sahiptir (Liu vd., 2017).

Çizelge 1. Ekstrüzyon bazlı baskı tekniğinin avantajları ve dezavantajları (Khosravani & Reinicke, 2020)

Proses	Ekstrüzyon bazlı baskı tekniği
Avantajları	- Ekstrüzyon baskı tekniği, uygun maliyetli olmasının yanı sıra yüksek verimli performans göstermektedir. - Bu teknoloji sayesinde küçük ekipman boyutlarına ihtiyaç duyularak hızlı üretim olanakları sağlanabilmektedir. - Çok yönlü olan bu baskı tekniğinin kullanımı da oldukça kolaydır.
Dezavantajları	- Sınırlı çözünürlüğe sahip olan ekstrüzyon baskı tekniği için malzeme seçimi önemlidir. - Ayrıca bu baskı tekniği için doku ve nodül yarıçapı sınırlamaları da bulunmaktadır. - Bu baskı tekniğinde sıcaklık dalgalanması sorunları ile karşılaşılabilir.

2.2.2. Seçici sinterleme baskı (SLS)

SLS, şeker açısından zengin toz tabanı kullanılarak karmaşık yapılar elde etmek amacıyla kullanılmaktadır (Liu vd., 2017). Bu yöntemde toz parçacıklarını birleştirmesi ve yüzeye belirli bir desen çizmesi amacıyla güçlü bir lazer kullanılmaktadır (Charoo vd., 2020). Bu baskı yönteminin avantajı çözücü içermeyen proses aşamalarına sahip olması ve hızlı üretim yapılabilmesidir. Aynı zamanda bağlanamayan tozlar, geri dönüştürülmektedir (Waghmare vd., 2023a).

2.2.3. Bağlayıcı püskürtmeli baskı

İlk olarak Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde geliştirilen (Nguyen vd., 2002) bağlayıcı püskürtme yönteminde malzeme katmanları bir araya getirilerek istenen bileşenler oluşturulmaktadır. Üretim platformunda eşit katmanlar halinde dağıtılan toz malzemeler üzerine sıvı bağlayıcı ajan püskürtülmektedir (Waghmare vd., 2023a). Sonuçta parçacıkların birleştirilmesi ile 3 boyutlu bileşen elde edilmektedir. Hızlı imalat ve düşük malzeme maliyeti ile karmaşık yapıların oluşturulmasını sağlasa da (Liu vd., 2017) makine maliyetinin yüksek olması ve elde edilen ürün yüzeyinin pürüzlü olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (CANDOĞAN & BULUT, 2020).

2.2.4. Mürekkep püskürtmeli baskı

Mürekkep püskürtmeli baskı, düşük viskoziteye sahip ürünler için kullanılmaktadır. Bu nedenle genellikle yüzey doldurma ve dekorasyon amacıyla tercih edilmektedir. Bu baskı çeşidinde mürekkep ve alt tabaka yüzeyi arasındaki uyumluluk son derece önemlidir

(ÇAKMAK & GÜMÜŞ, 2020). Aynı zamanda baskı materyalinin hızı ve reolojik özellikleri de sıcaklık ile dikkate alınması gereken parametrelerdir (Liu vd., 2017). Karmaşık gıdaların baskısında kullanılamamaktadır. Reçel, çikolata ve şekerleme gibi ürünler için tercih edilebilmektedir.

2.3. Gıda Mürekkepleri

Gıda mürekkepleri, 3D gıda yazdırma için özelleştirmeyi mümkün kılan, ekstrüde edilmeye hazır macun ya da jel formunda yenilebilir maddenin son basılabilir şeklidir (Ma & Zhang, 2022). Genellikle çikolata, yağ, jelatin, krema ve patates püresi gibi gıda maddelerinden elde edilmektedir (Waghmare vd., 2023a). En önemli özelliği, malzemeleri katmanlar halinde ekleyebilmesi ve biriken oluşumları sürdürebilmesi için kendi kendini destekleme gücünü sağlamasıdır. Bu özelliği, mürekkebin reolojik, fiziko-kimyasal ve mekanik özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Chen vd., 2022).

Gıda mürekkepleri 2 kategoriye ayrılmaktadır. Doğal olarak ekstrüde edilebilen gıda mürekkepleri, 3D baskının son derece verimli yapıldığı gıda ürünleridir. Bu ürünler arasında krema, çikolata gibi ürünler bulunmaktadır. Doğal olarak ekstrüde edilemeyen gıda mürekkepleri ise ancak işlendikten sonra ekstrüde edilebilen meyve, sebze ve et gibi gıda ürünlerini içermektedir. Yüksek lif içeriğine sahip olan gıdaların kullanılması yazıcı nodülünü tıkayabilmektedir.

Gıda maddelerinin reolojik özellikleri, 3D baskı teknolojisi için oldukça önemlidir. Proses tasarımı ve akış koşulları gıdaların reolojik özelliklerine göre belirlenmektedir (Waghmare vd., 2023a). Meyve ve sebzelerde bulunan yüksek nem içeriği, macun ya da jel formundaki mürekkebin viskozitesini azaltmaktadır. Bu durum, bir engel oluşturarak nodülün tıkanmasına yol açabilmektedir. Bunun dışında nişasta bazlı mürekkepler ısı ve basınca karşı düşük direnç göstermektedir. Bu durum gıda endüstrisinde istenmeyen bir özelliktir (Chen vd., 2022). Hidrokolloidlerin yüksek nem ve lif içeriğine sahip bu gıda maddelerine eklenmesinin ekstrüzyon kapasitesini iyileştirdiği kanıtlanmıştır. Meyve ve sebzelerin ekstrüde edilebilmesi için bazı ön işlemlerden geçmesi gerekmektedir (Waghmare vd., 2023a). Ufalama ve jelleştirme gibi işlemleri içeren bu ön işlemler, yaygın olarak kullanılsa da besin değeri kaybından dolayı verimli değildir.

2.4. Gıdalarda 3D Baskı İşlemi

Gıda sektöründe 3D baskı teknolojisi model oluşturma, malzeme baskısı ve son işlem gibi süreçleri içermektedir (Waghmare vd., 2023a). Bu teknoloji ile mürekkep malzemeleri kesme veya ekleme türlerine göre ayrılmaktadır (Lee, 2021b). Model oluşturma basamağında bilgisayar destekli tasarım (CAD) tabanlı model oluşturulmakta ve Stereo-litografik dosya formatına (.STL) dönüştürülmektedir (Kamran & Saxena, 2016; Waghmare vd., 2023a). Model, birbirinden bağımsız katmanlara dilimlenmektedir ve bu dilimleme işlemi sırasında G ve M kodları oluşturulmaktadır. G kodu, baskı hızı ve eksen ile ilgili motorları yönlendirirken, M kodu makinenin çalışmasına yardımcı olmaktadır. Sonraki adım, 3 boyutlu nesneler elde etmek amacıyla gıda mürekkebi olarak kullanılan malzemelerin katman şeklinde biriktirilmesidir. Son işlemde ise elde edilmek istenen ürünün özelliklerine göre pişirme,

kırpma ve kesme işlemleri yer almaktadır. Tercih edilen baskı tekniğine göre bir gıda modeli oluşturulmaktadır.

Gıda sektöründe 3D baskı işleminin başarılı kabul edilmesinin tek şartı, tüm baskı parametrelerinin doğru bir şekilde optimize edilmesidir (Waghmare vd., 2023a). Bunun nedeni baskıda kullanılacak işlem türünün ve baskı parametrelerinin her bir gıda içeriğine göre değişim göstermesidir. Elde edilen nihai ürünün kalitesi malzeme özelliklerine ve işlem parametrelerine bağlıdır (Liu vd., 2017). Ultrason gibi ön işlem yöntemleri ve kurutma, pişirme gibi işlem sonrası yöntemler, baskıda kullanılacak gıda maddelerinin jel oluşum mekanizmalarını ve stabilitesini etkilemektedir. Bu nedenle bu yöntem basamaklarının dikkate alınarak uygulanması gerekmektedir.

2.5. Gıda Alanında 3D Baskı Teknolojisi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Çizelge 2. Gıda alanında 3 boyutlu baskı teknolojisine yönelik çalışmalar

Ürün	Amaç	Referans
Morina balığı	Özel gıda üretimi için 3D baskılı gıda mürekkebi üretmeye yönelik bir yöntem geliştirilmiştir.	Xie vd., 2022a
Meyve ve sebzeler	Meyve ve sebzelere yönelik 3D baskılı gıda baskı teknolojisindeki en son gelişmeleri tartışılmıştır.	Waghmare vd., 2023a
Tahıl atıştırmalıkları	Mikroalgleri tahıl atıştırmalıklarına dahil etmek için 3D baskılı gıda baskı teknolojisinin potansiyeli araştırılmıştır.	Uribe-Wandurraga vd., 1947a
Peynir altı suyu proteini izolatu	Peynir altı suyu proteini izolat emülsiyon jellerinin β -karoten stabilitesinin ve 3D baskı kabiliyetinin reolojik özellikleri araştırılmıştır.	Li vd., 2023a

Yapılan bir çalışmada (Antonio & Galdeano, n.d.), makarna üretim ve dağıtım zincirinde 3D baskı teknolojisinin çevresel etkileri ve sürdürülebilirliği değerlendirilerek geleneksel üretim yöntemleri ile 3D baskı teknolojisi arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Ürün kalitesi ile baskı süreci ve özellikleri arasındaki korelasyonun araştırılmasını içeren bir çalışma yürütülerek (Xie vd., 2022b) yaşlıların özel beslenme ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla 3D baskı gıda teknolojisine uygun gıda mürekkebi yapmak için yöntem geliştirmişlerdir. Bu amaçla inülin (IN) ve soya fasulyesi diyet lifi (SDF) ile keten tohumu yağı gıda mürekkebi olarak morina proteini kompozitin reolojik ve yapısal özellikleri ve 3D yazdırılabilirliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar IN, SDF ve keten tohumu yağı ile geliştirilmiş morina proteini kompozit jelin, 3D baskı yoluyla üretilmesinin uygun olduğunu göstermiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada (Waghmare vd., 2023b), meyve ve sebzeler için 3D gıda baskı teknolojisindeki en son gelişmeleri ele almıştır. Üç ekstrüzyon baskı grubu incelenerek

meyve ve sebze tozundan oluşan 3D gıda ürünleri alanında yapılan son gelişmeler bir araya getirilmiştir.

Bir başka çalışmada (Uribe-Wandurraga vd., 1947b), 3D baskı teknolojisinin tahıl aperiatiflerine mikroalg dahil etme potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla *Chlorella vulgaris* ve *Arthrospira platensis* mikroalgleri takviye edilerek hamurların reolojik özellikleri ve basılabilirliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Hamurların baskı işlemine uygun reolojik ve viskoelastik davranış gösterdiği saptanmıştır.

Guar sakızı (GG), keçiyoynuzu sakızı (LBG), ksantan sakızı (XG) ve arap zıncı (GA) eklenerek yapılan bir çalışmada (Li vd., 2023b), peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) emülsiyon jellerinin reolojik özellikleri, β -karoten stabilitesi ve 3D baskı özelliği araştırılmıştır. Sonuçlar, tüm numunelerin kayma incelenmesi davranışı ve elastik özellik gösterdiğini ortaya konulmuştur.

3. SONUÇ

Dünya çapında çeşitli eklemeli üretim ve 3D baskı biçimlerinin ortaya çıkmaya başlamasından bu yana bu teknolojiler, sürekli gelişen üretim biçimlerinde halen çoğalma göstermektedir. Uygulama alanlarına bağlı olarak 3D baskı teknolojisi, düşük enerji tüketimiyle alternatif hammadde kaynaklarını kullanarak fonksiyonel ürünler üretebilen ekonomik ve sürdürülebilir bir teknolojidir. Bu teknolojinin, önümüzdeki birkaç yılın en önemli devrim niteliğindeki endüstriyel süreçlerinden biri olduğu düşünülmektedir. Gıda endüstrisinde 3D baskı teknolojisinin kullanılması önemli bir potansiyele sahiptir ve tüketici ihtiyaçlarını daha iyi karşılayacak özelleştirilmiş gıdalar sunmak için kullanılabilecek inovatif bir yaklaşımdır. 3D baskı teknolojisi, işlenmiş gıdalara yeni bir boyut kazandırmakta ve kişiye özgü besin açısından zengin gıdaların ekonomik olarak üretilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca tedarik zincirini basitleştirme ve mevcut gıda malzemelerinin çeşitlendirilmesi gibi birçok büyük avantaja sahiptir. Bu teknoloji, gıda sektöründe gelecekte daha fazla uygulama alanı bulabilecek önemli bir gelişmedir. Bu nedenle son zamanlarda gıda sektöründe 3D baskı teknolojisi araştırılmakta, doğru ve hassas bir baskı elde etmek için nasıl başarıya ulaşılabileceği hakkında çalışmalar yürütülmektedir. 3D baskı ile üretilen gıdaların kalitesini artırmak ve geleneksel gıda işleme teknikleriyle daha iyi bir entegrasyon sağlamak için daha fazla araştırma ve geliştirme yapılması gerekmektedir. Gelecekteki araştırmacılar, parametreler arasındaki ilişkileri sağlayarak gıda üretimi ile ilgili verileri sunmaya odaklandığı sürece 3D gıda baskısının daha geniş bir şekilde uygulanması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Alsheghri, A. A., Alageel, O., Amine Mezour, M., Sun, B., Yue, S., Tamimi, F., & Song, J. (2018). Bio-inspired and optimized interlocking features for strengthening metal/polymer interfaces in additively manufactured prostheses. *Acta Biomaterialia*, 80, 425–434. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2018.09.029>
- Antonio, J., & Galdeano, L. (n.d.). *3D PRINTING FOOD: THE SUSTAINABLE FUTURE*.
- ÇAKMAK, H., & GÜMÜŞ, C. E. (2020). 3D FOOD PRINTING WITH IMPROVED FUNCTIONAL PROPERTIES: A REVIEW. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 4(2), 178–192. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.746389>
- CANDOĞAN, Prof. Dr. K., & BULUT, E. G. (2020). 3D GIDA BASKISI: GÜNCEL DURUM VE GELECEK EĞİLİMLERİ. *Gıda*, 46(1), 152–167. <https://doi.org/10.15237/gida.gd20130>
- Charoo, N. A., Barakh Ali, S. F., Mohamed, E. M., Kuttolamadom, M. A., Ozkan, T., Khan, M. A., & Rahman, Z. (2020). Selective laser sintering 3D printing—an overview of the technology and pharmaceutical applications. In *Drug Development and Industrial Pharmacy* (Vol. 46, Issue 6, pp. 869–877). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/03639045.2020.1764027>
- Chen, Y., McClements, D. J., Peng, X., Chen, L., Xu, Z., Meng, M., Zhou, X., Zhao, J., & Jin, Z. (2022). Starch as edible ink in 3D printing for food applications: a review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2106546>
- Dankar, I., Haddarah, A., Omar, F. E. L., Sepulcre, F., & Pujolà, M. (2018). 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 75, pp. 231–242). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.018>
- Dizon, J. R. C., Espera, A. H., Chen, Q., & Advincula, R. C. (2018). Mechanical characterization of 3D-printed polymers. In *Additive Manufacturing* (Vol. 20, pp. 44–67). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.12.002>
- Fahmy, A. R., Amann, L. S., Dunkel, A., Frank, O., Dawid, C., Hofmann, T., Becker, T., & Jekle, M. (2021). Sensory design in food 3D printing – Structuring, texture modulation, taste localization, and thermal stabilization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102743>
- Feng, C., Ma, B., Xu, M., Zhai, D., Liu, Y., Xue, J., Chang, J., & Wu, C. (2021). Three-Dimensional Printing of Scaffolds with Synergistic Effects of Micro-Nano Surfaces and Hollow Channels for Bone Regeneration. *ACS Biomaterials Science and Engineering*, 7(3), 872–880. <https://doi.org/10.1021/acsbmaterials.9b01824>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, I. A., Espinosa, M. D. M., & Domínguez, M. (2019). Additive Manufacturing Technologies: An Overview about 3D Printing Methods and Future Prospects. *Complexity*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9656938>
- Kamran, M., & Saxena, A. (2016). A Comprehensive Study on 3D Printing Technology. In *MIT International Journal of Mechanical Engineering* (Vol. 6, Issue 2).

- Khosravani, M. R., & Reinicke, T. (2020). On the environmental impacts of 3D printing technology. *Applied Materials Today*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2020.100689>
- Koptsev, E., Rodriguez, A., & Cote, D. (n.d.). *PSYCHOSOCIAL VALIDATION OF 3D FOOD PRINTING Psychosocial Validation of 3D Food Printing A Major Qualifying Project*.
- Lee, J. (2021a). A 3d food printing process for the new normal era: A review. In *Processes* (Vol. 9, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr9091495>
- Lee, J. (2021b). A 3d food printing process for the new normal era: A review. In *Processes* (Vol. 9, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr9091495>
- Li, M., Feng, L., Xu, Y., Nie, M., Li, D., Zhou, C., Dai, Z., Zhang, Z., & Zhang, M. (2023a). Rheological property, β -carotene stability and 3D printing characteristic of whey protein isolate emulsion gels by adding different polysaccharides. *Food Chemistry*, 414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135702>
- Lipton, J. I., Cutler, M., Nigl, F., Cohen, D., & Lipson, H. (2015). Additive manufacturing for the food industry. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 43, Issue 1, pp. 114–123). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.02.004>
- Liu, Z., Zhang, M., Bhandari, B., & Wang, Y. (2017). 3D printing: Printing precision and application in food sector. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 69, pp. 83–94). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.018>
- Ma, Y., & Zhang, L. (2022). Formulated food inks for extrusion-based 3D printing of personalized foods: a mini review. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 44). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.12.012>
- Mpofu, T. P., Mawere, C., & Mukosera, M. (2014). The Impact and Application of 3D Printing Technology. In *International Journal of Science and Research*. www.ijsr.net
- Murr, L. E. (2016). Frontiers of 3D Printing/Additive Manufacturing: from Human Organs to Aircraft Fabrication. In *Journal of Materials Science and Technology* (Vol. 32, Issue 10, pp. 987–995). Chinese Society of Metals. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2016.08.011>
- Nguyen, N. T., Huang, X., & Chuan, T. K. (2002). MEMS-micropumps: A review. In *Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME* (Vol. 124, Issue 2, pp. 384–392). <https://doi.org/10.1115/1.1459075>
- Santhoshkumar, P., Negi, A., & Moses, J. A. (2023). 3D printing for space food applications: Advancements, challenges, and prospects. In *Life Sciences in Space Research*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2023.08.002>
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286–1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
- Soto, E., Baez, O., & Sosa, S. (2010). Modeling, design and construction of articulated hand for use in prosthetics, with adaptive control in neural networks based on mathematical model for finger. *Proceedings of Special Session - 9th Mexican International Conference on Artificial*

Intelligence: Advances in Artificial Intelligence and Applications, MICAI 2010, 107–112.
<https://doi.org/10.1109/MICAI.2010.34>

Sun, J., Peng, Z., Zhou, W., Fuh, J. Y. H., Hong, G. S., & Chiu, A. (2015). A Review on 3D Printing for Customized Food Fabrication. *Procedia Manufacturing*, 1, 308–319.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.09.057>

Uribe-Wandurraga, Z. N., Zhang, L., Noort, M. W. J., Schutyser, M. A. I., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (1947a). *Printability and Physicochemical Properties of Microalgae-Enriched 3D-Printed Snacks*. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02544-4/Published>

Waghmare, R., Suryawanshi, D., & Karadbhajne, S. (2023a). Designing 3D printable food based on fruit and vegetable products—opportunities and challenges. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 60, Issue 5, pp. 1447–1460). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05386-4>

Xie, Y., Yu, X., Wang, Y., Yu, C., Prakash, S., Zhu, B., & Dong, X. (2022a). Role of dietary fiber and flaxseed oil in altering the physicochemical properties and 3D printability of cod protein composite gel. *Journal of Food Engineering*, 327.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111053>

Yan, B., Zhao, Z., Zhang, N., Ruan, H., Yu, X., Zhao, J., Zhang, H., Chen, W., & Fan, D. (2022). 3D food printing curing technology based on gellan gum. *Journal of Food Engineering*, 327.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111036>

A CASE OF TOXIDERMIA ASSOCIATED WITH METRONIDAZOLE AND TERBINAFINE USE

Saadi Fatima Zohra

Ahmed Ben Bella University 1.Oran; Algeria

saadizahraatoxico@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3801-8228>

ABSTRACT

This case report describes a 54-year-old female patient presenting with abdominal pain, bilious vomiting, and constipation, ultimately diagnosed with alithiasic cholecystitis. She had a history of allergies to household detergents and poorly controlled asthma. Treatment with antibiotics (including metronidazole and terbinafine), a proton pump inhibitor (omeprazole), and other symptomatic medications was initiated. The following day, the patient developed a severe allergic reaction with widespread erythema and cervical urticaria, leading to the suspicion of toxidermia. The treatment was discontinued, and a specialist consultation was recommended. Toxidermia, an adverse drug reaction, can manifest in various ways, including skin eruptions and pruritus. While the exact mechanisms are not fully understood, drug allergies and a history of chemical sensitivity may exacerbate the condition. Anti-infective agents, particularly metronidazole and terbinafine, are frequently implicated in toxidermia, with cutaneous reactions ranging from maculopapular exanthems to more severe manifestations.

Keywords : Toxidermia, Adverse Drug Reaction, Metronidazole, Terbinafine.

THE IMPACT OF EARLY DETECTION ON ACETAMINOPHEN TOXICITY :A CASE STUDY ANALYSIS

**BESSAID Kamilia, TOUAMI Fadila, MILOUD ABID Dalila, KRID Meriem,
ABOUREJAL Nesrine,**

Toxicology service, CHU Tlemcen Dr. Tidjani Damardji, Algeria

Abstract:

Acetaminophen poisoning is a common toxicological emergency requiring prompt assessment and intervention. This study analyzes two clinical cases to highlight the impact of early versus delayed detection on treatment outcomes.

In the first case, intoxication was identified within three hours, allowing rapid administration of activated charcoal, which reduced drug absorption and prevented the need for an antidote. In the second case, delayed diagnosis led to high acetaminophen levels, which were interpreted using the Prescott Nomogram (Matthew-Rumack diagram) to assess the risk of hepatotoxicity, necessitating treatment with N-acetylcysteine (NAC).

These findings emphasize the crucial role of early detection and timely intervention in acetaminophen poisoning, as they improve outcomes and reduce the need for antidotal therapy.

Key words : Acetaminophen poisoning, Toxicological emergency Prescott Nomogram (Matthew-Rumack diagram), Activated charcoal, N-acetylcysteine (NAC)

PEDIATRIC TEBUFENPYRAD TOXICITY: A CASE REPORT OF ACCIDENTAL INGESTION

TOUAMI Fadila, BESSAID Kamilia, MILOUD ABID Dalila, KRID Meriem, ABOUREJAL Nesrine

Toxicologie service, CHU TLEMCEM Dr Tijani damerdji, ALGERIA

Abstract:

Tebufenpyrad, a widely used acaricide and insecticide, poses a significant risk of accidental poisoning in children. This study presents a pediatric case of Tebufenpyrad intoxication, focusing on clinical presentation, management, and preventive strategies.

A **3-year-old child (15 kg)** accidentally ingested Tebufenpyrad and was admitted with gastrointestinal symptoms. Due to delayed recognition of ingestion, medical management prioritized symptomatic treatment and continuous monitoring to prevent complications.

This case underscores the ongoing issue of pediatric pesticide poisoning, highlighting the critical need for public awareness, secure storage practices, and prompt medical intervention to mitigate toxicity risks and improve patient outcomes.

Key words: Tebufenpyrad, Pesticide poisoning, Accidental ingestion Pediatric toxicology, Acaricide toxicity, Poisoning prevention

BİR KEDİDE ARTICULATIO CUBİTİ LUKSASYONUNUN LİNEER TİP IA EKSTERNAL FİKSASYON İLE TEDAVİSİ: BİR OLGU SUNUMU

Dr. Öğr. Üyesi, Kerem YENER

Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı,
keremyener@harran.edu.tr - 0000-0002-6947-0356

Doç. Dr., Ünal YAVUZ

Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı,
unalyavuz@harran.edu.tr - 0000-0002-4981-2355

ÖZET

Bu çalışmanın amacı kedilerde nadir görülen articulatio cubiti luksasyonunun cerrahi tedavisinde lineer Tip IA eksternal fiksasyonun etkinliğini değerlendirmektir. Yedi aylık dişi tekir bir kedi, sağ ön ekstremitede akut topallık ve ağrı şikayeti ile kliniğe getirildi. Klinik muayenede eklemde şişlik ve ağrı tespit edildi. Ortogonal radyografilerde, articulatio cubiti luksasyonu (humerus-ulna/radius artiküler yüzeylerinin tam deplasmanı) tanısı konuldu. Genel anestezi altında kapalı redüksiyon sonrası, humerus distaline ve ulna proksimaline 2.0 mm çapında dört Schanz pini yerleştirildi. Pinler epoksi reçine ile lineer Tip IA eksternal fiksatörde stabilize edildi. İntraoperatif komplikasyon gözlenmedi. Postoperatif 2. haftada humerusa ait bir pinde migrasyon ve sekonder seroma gelişti; lokal drenaj ve antibiyotik ile tedavi edildi. Beşinci haftada radyografik kontrolde eklem stabilitesi sağlandığı görüldü ve fiksator çıkarıldı. Altı aylık takipte hasta tam fonksiyonel iyileşme gösterdi. Lineer Tip IA eksternal fiksasyon, kedilerde articulatio cubiti luksasyonunun cerrahi tedavisinde minimal invaziv, stabil ve komplikasyon oranı düşük bir yöntem olarak önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Articulatio cubiti luksasyonu, eksternal fiksator, Schanz pini, kapalı redüksiyon, kedi

ABSTRACT

TREATMENT OF ARTICULATIO CUBITI LUXATION WITH LINEAR TYPE IA EXTERNAL FIXATION IN A CAT: A CASE REPORT

The aim of this study was to evaluate the efficacy of linear Type IA external fixation in the surgical treatment of articulatio cubiti luxation, which is rarely seen in cats. A seven-month-old female tabby cat was brought to the clinic with acute lameness and pain in the right forelimb. Clinical examination revealed swelling and pain in the joint. Orthogonal radiographs revealed a diagnosis of articulatio cubiti luxation (complete displacement of the humerus-ulna/radius articular surfaces). After closed reduction under general anaesthesia, four Schanz pins with a diameter of 2.0 mm were placed in the distal humerus and proximal ulna. The pins were stabilised with epoxy resin in a linear Type IA external fixator. No intraoperative complications were observed. Migration of one humeral pin and secondary seroma developed at the 2nd postoperative week; it was treated with local drainage and antibiotics. At the fifth week,

radiographic control showed that joint stability was achieved and the fixator was removed. At six-month follow-up, the patient showed complete functional recovery. Linear Type IA external fixation can be recommended as a minimally invasive, stable and low complication method for the surgical treatment of articulation cubiti luxation in cats.

Keywords: Articulation cubiti luxation, external fixator, Schanz pin, closed reduction, feline.

KANATLI HAYVANLARDA AMONYAK EMİSYONLARI: ÇEVREYE ETKİLERİ VE AZALTMA STRATEJİLERİ

Arş. Gör. Atakan BUNDUR

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,

atakanbundur@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-3916-2635

Prof. Dr. Özge SIZMAZ,

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,

ozgeabacioglu@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2027-5074

ÖZET

Amonyak (NH_3), protein metabolizmasının bir yan ürünü olarak kanatlılarda önemli bir biyokimyasal bileşik olup, yüksek seviyelerde bulunması hayvan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik için risk oluşturmaktadır. Amonyak üretimi, amino asitlerin deaminasyonu, mikrobiyal fermentasyon ve hücre içi protein yıkımından oluşan üç ana biyokimyasal süreçten kaynaklanmaktadır. Kanatlı çiftliklerinde, NH_3 konsantrasyonlarının 25 ppm'in altında tutulması önerilmektedir. Aksi takdirde, kötü hava kalitesi, hayvanların refahını bozabilmektedir. NH_3 , havada ince partikül maddeler şeklinde kalmakta ve çökme sonrasında kümes altlığını asidik hale getirmektedir. NH_3 uçuculuk oranı, pH, nem, havalandırma hızı, altlık N içeriği ve sıcaklığa bağlı değişkenlik göstermektedir. Kanatlılarda amonyak, üre yerine ürik asit şeklinde atılmakta ve aşırı birikimi solunum yolu hastalıkları, bağışıklık sistemi baskılanması, büyüme geriliği ve yumurta kalitesinin düşmesine yol açabilmektedir. Yüksek amonyak seviyelerinin hayvan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için beslenme stratejileri önem taşımaktadır. Rasyonlarda protein düzeyinin optimize edilmesi, sentetik amino asitlerin kullanımı ve bağırsak sağlığını destekleyen probiyotikler, prebiyotikler ve organik asitler amonyak üretiminin kontrol altına alınmasına yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, kümes içi çevresel faktörlerin düzenlenmesi, biyofiltrasyon, asitli gaz temizleme sistemleri, özellikle altlık katkı maddeleri ile altlık yönetimi, amonyak seviyelerinin düşürülmesinde etkili olabilmektedir. NH_3 uçuculuğunu nitrifikasyon yoluyla azaltmaya yönelik az sayıda çalışma olsa da, nitrifikasyon, kanatlı kümeslerinde N atıklarını azaltmak ve NH_3 emisyonlarını kontrol etmek için sürdürülebilir bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Ancak, mikrobiyal nitrifikasyonu artırmak için en uygun nitrifikasyon bakterilerinin belirlenmesi amacıyla daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Amonyak emisyonları hem hayvan sağlığını korumak hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla beslenme stratejileri ve çevresel düzenlemeler ile kontrol altına alınabileceği, ancak; bu alandaki araştırmaların daha da derinleştirilmesi, sürdürülebilir çözümler için büyük öneme sahip olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Amonyak emisyonları, nitrifikasyon, yem katkı maddeleri, sürdürülebilirlik

Ammonia Emissions in Poultry: Environmental Impacts and Mitigation Strategies

Res. Asst. Atakan BUNDUR

Faculty of Veterinary Medicine, Ankara University,

atakanbundur@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-3916-2635

Prof. Dr. Özge SIZMAZ,

Faculty of Veterinary Medicine, Ankara University

ozgeabacioglu@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2027-5074

ABSTRACT

Ammonia (NH₃) is an important biochemical compound in poultry as a byproduct of protein metabolism, and its high levels pose risks to animal health and environmental sustainability. Ammonia production originates from three main biochemical processes: amino acid deamination, microbial fermentation, and intracellular protein degradation. In poultry farms, NH₃ concentrations should be maintained below 25 ppm; otherwise, poor air quality can negatively impact animal welfare. NH₃ remains in the air as fine particulate matter and, upon deposition, acidifies the litter. The volatilization rate of NH₃ varies depending on pH, humidity, ventilation rate, litter nitrogen content, and temperature. In poultry, ammonia is excreted as uric acid rather than urea, and its excessive accumulation can lead to respiratory diseases, immune suppression, growth retardation, and reduced egg quality. Nutritional strategies play a crucial role in mitigating the adverse effects of high ammonia levels on animal health. Optimizing protein levels in diets, using synthetic amino acids, and incorporating probiotics, prebiotics, and organic acids to support gut health can help control ammonia production. Additionally, regulating environmental factors inside poultry houses, implementing biofiltration, acid gas scrubbing systems, and using litter additives for litter management can effectively reduce ammonia levels. Although limited studies have investigated reducing NH₃ volatilization through nitrification, this process is considered a sustainable approach to reducing nitrogen waste and controlling NH₃ emissions in poultry houses. However, further research is needed to identify the most suitable nitrifying bacteria to enhance microbial nitrification. It is believed that ammonia emissions can be controlled through nutritional strategies and environmental regulations to protect animal health and ensure environmental sustainability; however, further research in this field is essential for developing sustainable solutions.

Keywords: Ammonia emissions, nitrification, feed additives, sustainability

1. Giriş

Kanatlı hayvan yetiştiriciliği, dünyada insan nüfusunun artışıyla birlikte hızla büyüyen bir sektör olup, gıda güvenliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Kanatlı hayvan üretiminde ortaya çıkan amonyak (NH_3) emisyonları, hayvansal kaynaklı hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biridir. Ayrıca, kümes içi yüksek amonyak konsantrasyonları, kanatlı hayvanlarda solunum yolu hastalıklarına, bağışıklık sistemi zayıflamasına ve performans kayıplarına yol açmaktadır (Naseem & King, 2018). Bu nedenle, amonyak emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejiler, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de hayvan refahı açısından büyük önem taşımaktadır.

1.1.Hava Kirletici Gazlar

Kanatlı hayvan yetiştiriciliği, yalnızca amonyak değil, aynı zamanda karbon dioksit (CO_2), metan (CH_4), nitroz oksit (N_2O) ve hidrojen sülfid (H_2S) gibi diğer hava kirletici gazların da kaynağıdır (Oliveira ve ark., 2021). Bu gazlar, hem çevresel hem de insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Metan ve nitroz oksit, güçlü sera gazları olup, küresel ısınmaya katkıda bulunur; metanın küresel ısınma potansiyeli CO_2 'nin 28 katı, N_2O 'nun ise 273 katıdır (de Haas, 2022). H_2S ise toksik bir gaz olmakla birlikte yüksek konsantrasyonlarda hem hayvanlar hem de kümes çalışanları için sağlık riski oluşturabilmektedir (Naseem & King, 2018). Amonyak, bu gazlar arasında hem çevresel etkileri hem de üretim süreçlerinde oluşturduğu doğrudan riskler nedeniyle en çok dikkat çeken kirletici gazlar arasında bulunmaktadır. Amonyak, atmosferde azot oksitler (NO_x) ve sülfatlarla reaksiyona girerek ince partikül madde ($\text{PM}_{2.5}$) oluşumuna katkıda bulunabilmektedir ve bu partiküller, solunum yolu hastalıkları ve kardiyovasküler sorunlarla ilişkilendirilmektedir (Sutton ve ark., 2013).

1.2.Amonyak Emisyonları

Amonyak, küresel azot döngüsünde kritik bir rol oynamaktadır. Kanatlı hayvan yetiştiriciliği, özellikle yoğun üretim sistemlerinde, bu emisyonların önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Behera ve ark., 2013). Kümes çalışanları, uzun süreli amonyak maruziyetinde solunum yolu tahrişi, öksürük ve baş ağrısı gibi semptomlar yaşayabilmektedir (Naseem & King, 2018). Kanatlılar için ise, 25 ppm üzerindeki amonyak seviyeleri solunum yolu enfeksiyonlarına, ve bağışıklık sistemi zayıflamasına neden olur; bu da büyüme performansında ve yumurta veriminde azalmalara yol açmaktadır (Koerkamp, 1994).

1.3.Kanatlı Kümeslerinde Amonyak Oluşum Mekanizması

Kanatlı hayvan kümeslerinde amonyak, başlıca dışkıdaki azotun mikrobiyal ve enzimatik parçalanması yoluyla oluşmaktadır. Kanatlı hayvanlar, azotu ürik asit, amonyak ve üre formunda atmaktadır. Ürik asit, kanatlı hayvan dışkısındaki azotun yaklaşık %70'ini oluşturmakta ve ürikaz enzimi aracılığıyla allantoin formuna parçalanmaktadır. Allantoin, daha sonra glikoksilat ve üreye dönüşür ve üre, üreaz enzimi tarafından hidrolize edilerek amonyak ve karbon dioksit üretmektedir (Koerkamp, 1994). Dışkıdaki üre, üreaz enzimi tarafından hızlı bir şekilde hidrolize edilmekte ve bu süreç, amonyak oluşumunun temel mekanizmalarından birisi olarak tanımlanmaktadır.

2. Kanatlılarda Amonyak Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Nemli altlık, mikrobiyal aktiviteyi artırarak amonyak oluşumunu hızlandırabilmektedir. Literatürde, altlık nem içeriğinin %30'un üzerinde olması durumunda amonyak emisyonlarının belirgin şekilde arttığı belirtilmektedir (Koerkamp, 1994). Nem, üreaz enziminin aktivitesini artırmakta ve ürik asit ile üre parçalanmasını hızlandırabilmektedir. Yüksek sıcaklıklar, hem mikrobiyal aktiviteyi hem de amonyak volatilizasyonunu artırabilmektedir. Özellikle 25°C üzerindeki sıcaklıklarda amonyak emisyonları önemli ölçüde yükselmektedir (Oliveira ve ark., 2021). Ayrıca, sıcaklık artışı; enzimatik reaksiyonların hızını artırarak ve amonyak gazının çözünürlüğünü azaltarak volatilizasyonu teşvik etmektedir. Yetersiz havalandırma, kümes içi amonyak konsantrasyonlarının artmasına neden olabilmektedir. İyi tasarlanmış havalandırma sistemleri, amonyak gazını kümeden uzaklaştırarak emisyonları azaltabilmektedir (Naseem & King, 2018). Ancak, aşırı havalandırma, enerji maliyetlerini artırabilmekte ve kümes içi sıcaklık dengesini bozabilmektedir. Dışkı pH'sı, amonyak oluşumunun en önemli belirteçlerindendir. Gübre pH'sı 7'nin üzerinde olduğunda, amonyak volatilizasyonu hızlanabilmektedir. Asidik koşullar (pH < 7), amonyak oluşumunu baskılamakta ve amonyum (NH₄⁺) formunda çözünmesini sağlayabilmektedir (Koerkamp, 1994). Yüksek proteinli rasyonlar, dışkıda azot birikimine ve dolayısıyla amonyak oluşumuna neden olmaktadır. Kümeslerdeki hayvan yoğunluğu, dışkı birikimini ve dolayısıyla amonyak oluşumunu da etkilemektedir. Bu da mikrobiyal aktiviteyi artırarak amonyak emisyonların da artmasına sebebiyet vermektedir (Yang ve ark., 2023)

3. Kanatlı Kümeslerinde Amonyağı Azaltma Stratejileri

3.1.Rasyon Yönetimi

Kanatlı hayvan rasyonlarındaki protein seviyelerinin optimize edilmesi, amonyak emisyonlarını azaltmada etkili bir yöntem olabilmektedir. Protein seviyelerinin azaltılması ve sentetik amino asitlerle (lizin, metiyonin gibi) dengelenmesi, azot atılımını %60'a kadar düşürebilmektedir (Naseem & King, 2018). Örneğin, broiler rasyonlarında ham protein seviyesinin %22'den %19'a düşürülmesi, amonyak emisyonlarını %40 oranında azaltabildiği bildirilmiştir (Powers ve Kapelari., 2017). Yem katkı maddeleri, amonyak oluşumunu azaltmak için etkili bir faktör olabilmektedir. Yucca schidigera özü, amonyak bağlayıcı bir madde olarak kullanılabildiği ve dışkıdaki azotun volatilizasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Oliveira ve ark., 2021). Ayrıca, probiyotikler ve prebiyotikler, bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek azot metabolizmasını optimize edebilmekte ve amonyak üretimini düşürebilmektedir (Naseem & King, 2018). Fazla azot atılımını önlemek için düşük azotlu yemleme stratejileri de seçenekler arasında değerlendirilmektedir. Dengeli rasyonlar, hayvanların amino asit gereksinimlerini tam olarak karşılayarak fazla azot atılımını en aza indirebilmektedir (Powers ve Kapelari., 2017).

3.2.Kümes Yönetimi

İyi tasarlanmış havalandırma sistemleri, kümes içi hava kalitesini iyileştirerek amonyak emisyonlarını azaltabilmektedir. Mekanik havalandırma sistemleri, amonyak gazını kümeden uzaklaştırarak hayvan refahını korumaktadır (Giannakis ve ark., 2019). Ancak, havalandırma

sistemlerinin enerji verimliliği ve maliyeti, tasarım aşamasında dikkate alınacak noktalar arasında gelmektedir. Özellikle, minimum havalandırma stratejileri, enerji verimliliğini korurken amonyak emisyonlarını azaltabilmektedir. Ayrıca, havalandırma çıkışlarına filtreleme üniteleri eklenmesi, atmosfere salınan amonyak miktarını daha da düşürebilmektedir (Oliveira ve ark., 2021). Asit yıkayıcılar, havalandırma çıkışlarından geçen hava akımındaki amonyak gazını yakalamak için kullanılan kimyasal bir teknolojidir. Bu sistemlerde, hava, sülfürik asit veya fosforik asit içeren bir sıvı çözeltiden geçirilir ve amonyak, amonyum tuzları (örneğin, amonyum sülfat) formuna dönüştürülerek çözünür hale getirilir (Melse ve Timmerman, 2009). Altlık materyalinin nem içeriğinin kontrol edilmesi, amonyak oluşumunu azaltmada kritik önem taşımaktadır. Düzenli altlık değişimi ve kuru altlık kullanımı, emisyonları önemli ölçüde düşürebildiği bildirilmiştir (Koerkamp, 1994). Ayrıca, altlık materyalinin türü (talaş, saman gibi) ve partikül boyutu, nem tutma kapasitesini ve dolayısıyla amonyak oluşumunu etkilemektedir (Oliveira ve ark., 2021). Kümes içi sıcaklık ve nemin kontrol edilmesi, amonyak emisyonlarını azaltmada önemli faktörlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıcaklık 20-25°C arasında, bağıl nem ise %50-60 arasında tutulması gerektiği bildirilmiştir (Naseem & King, 2018). Bu koşullar, mikrobiyal aktiviteyi ve amonyak volatilizasyonunu en aza indirebilmektedir. Dışkı yönetimi, amonyak emisyonlarını azaltmada en etkili stratejidir. Dışkının hızlı bir şekilde toplanması, depolanması ve işlenmesi, amonyak salınımını en aza indirmektedir. Dışkının günlük olarak toplanması ve kapalı depolama sistemlerinde saklanması, amonyak emisyonlarını %50'ye kadar azaltabilmektedir (Sutton ve ark., 2013). Dışkıya asitlendirici maddeler eklenmesi, amonyak gazının çözünürlüğünü artırarak emisyonları azaltabilmektedir. Sülfürik asit, fosforik asit ve organik asitler gibi maddeler, dışkı pH'sını düşürerek amonyak volatilizasyonunu baskılamaktadır (Oliveira ve ark., 2021). Dışkıya %2 oranında sülfürik asit eklenmesi, amonyak emisyonlarını %70'e kadar azaltabildiği bildirilmiştir (Melse ve Timmerman, 2009). Altlık katkı maddeleri, amonyak oluşumunu azaltmak için farklı metodlar arasında yer almaktadır. Alüminyum sülfat (Alum), altlık pH'sını düşürerek üreaz enzimi aktivitesini inhibe edebilmekte ve amonyak emisyonlarını %60'a kadar azaltabilmektedir (Powers ve Kapelari., 2017). Klinoptilolit (Zeolit), amonyak gazını adsorbe ederek emisyonları azaltabilmekte ve aynı zamanda altlık materyalinin nem tutma kapasitesini artırabilmektedir (Melse ve Timmerman, 2009). Sitrik asit ve laktik asit gibi organik asitler, altlık pH'sını düşürerek amonyak oluşumunu baskılayabilmektedir (Oliveira ve ark., 2021). Dışkı işleme tesislerinde anaerobik sindirim teknolojileri, amonyak emisyonlarını azaltırken enerji üretimi sağlayabilmektedir. Biyofiltreler, amonyak emisyonlarını azaltmak için etkili teknolojik çözümler arasında yer almaktadır. Bu sistemler, amonyak gazını biyolojik olarak parçalayarak zararsız bileşenlere (nitrat gibi) dönüştürebilmektedir. Biyofiltreler, genellikle organik materyaller (odun talaşı, kompost gibi) içeren bir filtre yatağından oluşmakta ve mikroorganizmalar tarafından amonyak oksidasyonu gerçekleştirilebilmektedir (Koerkamp, 1994). Literatürde, biyofiltrelerin amonyak emisyonlarını %80'e kadar azalttığı bildirilmiştir (Melse ve Timmerman, 2009). Ancak, bu sistemlerin yüksek başlangıç maliyetleri ve bakım gereksinimleri, küçük ölçekli işletmeler için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Asit yıkayıcılar, amonyak emisyonlarını %90'a kadar azaltabilmekte ve özellikle büyük ölçekli işletmeler için etkili çözüm olabilmektedir (Sutton ve ark., 2013).

4. Sonuç

Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde amonyak emisyonları, çevresel sürdürülebilirlik ve hayvan refahı açısından önemli bir sorundur. Amonyak, hava kirliliği, asit yağmurları, ötrofikasyon ve biyoçeşitlilik kaybı gibi ciddi çevresel etkilere yol açarken, kümes içi yüksek amonyak seviyeleri hayvan sağlığını ve üretim verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Amonyak oluşum mekanizmaları, mikrobiyal ve enzimatik süreçlere dayanmakta olup, bu süreçler sıcaklık, nem, pH ve havalandırma gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Amonyak emisyonlarını azaltmaya yönelik stratejiler, besleme yönetimi, kümes yönetimi, dışkı yönetimi ve teknolojik çözümler gibi çoklu yaklaşımları içermektedir. Besleme yönetiminde protein optimizasyonu ve yem katkı maddeleri, dışkı yönetiminde asitlendirme ve altlık katkı maddeleri, teknolojik çözümlerde ise biyofiltreler, havalandırma sistemleri ve asit yıkayıcılar gibi yenilikçi yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Bu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanması, hem çevresel etkileri en aza indirebileceği hem de kanatlı hayvan sektörünün sürdürülebilirliğini artırabileceği düşünülmektedir. Gelecekteki çalışmalar, bu stratejilerin entegrasyonuna ve bölgesel koşullara özgü çözümlerin geliştirilmesine odaklanmayı hedeflemektedir. Ayrıca, amonyak emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikalar ve teşvik mekanizmaları, sektörün sürdürülebilir dönüşümünü de hızlandırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

Behera, S. N., Sharma, M., Aneja, V. P., & Balasubramanian, R. (2013). Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 8092-8131.

de Haas, D., & Andrews, J. (2022). Nitrous oxide emissions from wastewater treatment- Revisiting the IPCC 2019 refinement guidelines. *Environmental Challenges*, 8, 100557.

Giannakis, E., Kushta, J., Bruggeman, A., & Lelieveld, J. (2019). Costs and benefits of agricultural ammonia emission abatement options for compliance with European air quality regulations. *Environmental Sciences Europe*, 31(1), 1-13.

Koerkamp, P. G. (1994). Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59(2), 73-87.

Melse, R. W., & Timmerman, M. (2009). Sustainable intensive livestock production demands manure and exhaust air treatment technologies. *Bioresource Technology*, 100(22), 5506-5511.

Naseem, S., & King, A. J. (2018). Ammonia production in poultry houses can affect health of humans, birds, and the environment—techniques for its reduction during poultry production. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 15269-15293.

Oliveira, M. D., Sousa, F. C., Saraz, J. O., Calderano, A. A., Tinôco, I. F. F., & Carneiro, A. P. S. (2021). Ammonia emission in poultry facilities: a review for tropical climate areas. *Atmosphere*, 12(9), 1091.

Powers, W., & Capelari, M. (2017). Production, Management And The Environment Symposium: Measurement and mitigation of reactive nitrogen species from swine and poultry production. *Journal of animal science*, 95(5), 2236-2240.

Sutton, M. A., Reis, S., Riddick, S. N., Dragosits, U., Nemitz, E., Theobald, M. R., ... & De Vries, W. (2013). Towards a climate-dependent paradigm of ammonia emission and deposition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621), 20130166.

Yang, Y., Liu, L., Liu, P., Ding, J., Xu, H., & Liu, S. (2023). Improved global agricultural crop- and animal-specific ammonia emissions during 1961–2018. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 344, 108289.

RUMİNANT BESLEMEDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA CEVİZ YEŞİL KABUĞU EKSTRAKTI KULLANIMI

Arş. Gör. Atakan BUNDUR

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,

atakanbundur@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-3916-2635

Prof. Dr. Özge SIZMAZ,

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi,

ozgeabacioglu@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2027-5074

ÖZET

Ceviz üretimi sırasında ortaya çıkan tarımsal atıklar, çevresel kirliliğe neden olma potansiyeline sahip olsa da, içerdiği biyoaktif bileşikler (juglon, polifenoller, flavonoidler vb.) sayesinde ruminant beslemede potansiyel bir katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir. Türkiye gibi ceviz üretiminin yaygın olduğu ülkelerde, bu atıkların değerlendirilmesi sürdürülebilir hayvancılık açısından önemli bir fırsat sunmaktadır. Fitobiyotik kaynakların ruminantlar üzerinde iyileştirici etkileri literatürde belirtilmiş olsa da, ceviz yeşil kabuğu ve ekstraktlarının ruminant beslemede etkilerini inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Son çalışmalar, hidroetanolik ceviz yeşil kabuğu ekstraktının rumen fermantasyonunu iyileştirdiğini, bazı rumen bakteri popülasyonunu artırdığı ve metan üretimini azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle ceviz yeşil kabuğu ekstraktı, ruminal pH'yı artırmak suretiyle subakut rumen asidozunun önlenmesine katkı sağlayarak, asetat:propiyonat oranında da belirgin bir artışa neden olmuştur. Bununla birlikte, propiyonat ve valerat konsantrasyonlarını azalttığı, ancak toplam uçucu yağ asidi miktarında önemli bir değişiklik yaratmadığı ortaya konmuştur. Hidroetanolik ceviz yeşil kabuğu ekstraktı ilavesiyle, özellikle fibrolitik bakteri popülasyonunda önemli bir artış gözlemlenmiştir. Buna karşılık, nişasta fermente eden bakterilerin sayısı ise azalmıştır. Ayrıca, metan üreten arkeaların popülasyonunda belirgin bir düşüş gözlenmiş olup, bu durum ceviz yeşil kabuğunun içerdiği tanenlerin metan üretimini inhibe etme potansiyeline sahip olabileceğini düşündürmektedir. Tanenlerin metan üretimini inhibe edici etkisi, metanojenlere doğrudan toksik etkisi veya hidrojen kullanımını sınırlandırmasıyla ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak, ceviz yeşil kabuğu ve ekstraktlarının uygun dozlarda kullanılması, rumen fermantasyonunu iyileştirebilmekte, metan emisyonlarını azaltabilmekte ve ruminant beslemede fitobiyotik bir katkı maddesi olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, farklı doz seviyelerinin etkilerini belirlemek ve uzun vadeli etkilerini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ceviz yeşil kabuğu, atık yönetimi, ruminant, sürdürülebilirlik

Walnut Green Husk Extract as a Sustainable Feed Additive in Ruminant Nutrition

Res. Asst. Atakan BUNDUR

Faculty of Veterinary Medicine, Ankara University,

atakanbundur@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-3916-2635

Prof. Dr. Özge SIZMAZ,

Faculty of Veterinary Medicine, Ankara University

ozgeabacioglu@gmail.com - ORCID ID: 0000-0002-2027-5074

ABSTRACT

Agricultural waste generated during walnut production has the potential to cause environmental pollution; however, due to its bioactive compounds (juglone, polyphenols, flavonoids, etc.), it is considered a potential feed additive for ruminants. In countries where walnut production is widespread, such as Türkiye, utilizing these by-products presents a significant opportunity for sustainable livestock farming. Although the beneficial effects of phytobiotic sources on ruminants have been reported in the literature, studies investigating the effects of walnut green husk and its extracts in ruminant nutrition are limited. Recent studies have shown that hydroethanolic walnut green husk extract improves rumen fermentation, enhances certain rumen bacterial populations, and has the potential to reduce methane production. Notably, walnut green husk extract contributes to preventing subacute rumen acidosis by increasing ruminal pH and significantly increasing the acetate-to-propionate ratio. However, it has been reported to decrease propionate and valerate concentrations without significantly altering the total volatile fatty acid content. The addition of hydroethanolic walnut green husk extract has also been observed to significantly increase the population of fibrolytic bacteria, while the number of starch-fermenting bacteria decreased. Moreover, a notable reduction in the population of methanogenic archaea was observed, suggesting that the tannins present in walnut green husk may have the potential to inhibit methane production. The methane-inhibitory effect of tannins has been associated with their direct toxicity to methanogens or their ability to limit hydrogen utilization. In conclusion, the appropriate use of walnut green husk and its extracts may improve rumen fermentation, reduce methane emissions, and be considered a phytobiotic feed additive in ruminant nutrition. However, further research is needed to determine the effects of different dosage levels and evaluate their long-term impacts.

Keywords: Walnut green husk, waste management, ruminant, sustainability

1. Giriş

Ruminant çiftlikleri, küresel protein talebinin karşılanmasıda önemli bir rol oynasa da, çevresel etkileri nedeniyle dikkatle yönetilmesi gereken bir sektördür. Ruminantlardan kaynaklanan metan emisyonları, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %14'ünü oluşturmaktadır ve iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (Gerber ve ark., 2013). Bu bağlamda, sürdürülebilirlik ilkelerine uygun hammaddelerin kullanımı, hem çevresel etkileri azaltmak hem de ekonomik verimliliği artırmak açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle, tarımsal atıkların geri dönüşümü ve katma değerli ürünlere dönüştürülmesi, sürdürülebilir tarım ve hayvancılık uygulamalarının temel taşlarından birini oluşturmaktadır (Czubaszek ve ark., 2022).

Tarımsal atıklar, genellikle düşük maliyetli ve bol miktarda bulunan hammadde kaynaklarıdır. Bu atıkların geri dönüşümü, hem çevresel atık yükünü azaltmakta hem de yenilenebilir kaynakların kullanımını teşvik etmektedir. Ceviz yeşil kabuğu, ceviz üretiminde ortaya çıkan ve genellikle atık olarak değerlendirilen bir tarımsal yan üründür. Bu materyal, polifenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer biyoaktif maddeler açısından zengin bir kaynaktır (Vieira ve ark., 2020). Bu özellikleriyle, ceviz yeşil kabuğu ekstraktı (CYKe), ruminant beslemede sürdürülebilir bir hammadde olarak kullanım potansiyeline sahiptir.

Ceviz üretimi sırasında ortaya çıkan yeşil kabuk, toplam meyve ağırlığının yaklaşık %50-60'ını oluşturmaktadır ve çoğunlukla çevreye atık olarak bırakılmaktadır (Fernandez-Agullo ve ark., 2013). Bu durum, hem çevresel kirliliğe yol açmakta hem de değerli bir biyokütlenin israf edilmesine neden olmaktadır (Czubaszek ve ark., 2022).

1.1.Ceviz Ağacı

Ceviz ağacı (*Juglans regia* L.), Juglandaceae familyasına ait, yaprak döken ve tek tüysü yaprakları karşılıklı dizilmiş bir ağaç türüdür. Ceviz ağacı, genellikle 20-25 metre yüksekliğe ulaşabilen, kalın gövdeli ve uzun ömürlü bir tür olmakla birlikte bazı bireylerin 150 yıla kadar yaşadığı bilinmektedir (Fernandez-Agullo ve ark., 2013). Anavatanı konusunda farklı görüşler olsa da, genellikle Orta Asya, İran ve Anadolu'yu kapsayan geniş bir bölge olarak kabul edilmektedir (Vieira ve ark., 2020). Büyüme dönemi, ilkbahar aylarında (Nisan-Mayıs) başlamakta ve bu dönemde çiçeklenme de gerçekleşmektedir. Meyve gelişimi, yaz ayları boyunca devam etmekte ve hasat dönemi genellikle Eylül-Ekim aylarına denk gelmektedir (Xi ve ark., 2023). Ceviz, dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen bir ürün olup, başlıca üretim ülkeleri arasında Çin, Amerika Birleşik Devletleri, İran, Türkiye ve Meksika bulunmaktadır. (Vieira ve ark., 2020). Ceviz meyvesi, sert bir iç kabuk ve bunun etrafını saran yeşil bir dış kabuk ile çevrili yapıdadır. Yeşil kabuk, meyvenin olgunlaşması sırasında koruyucu bir tabaka olarak görev yapmaktadır.

2. Ceviz Yeşil Kabuğu Ekstraksiyon Yöntemleri ve Kimyasal Yapısı

2.1. Ekstraksiyon Yöntemleri

Ceviz yeşil kabuğundan biyoaktif bileşiklerin elde edilmesi için çeşitli ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, hem verimlilik hem de çevresel etkiler açısından farklı avantajlar ve dezavantajlar sunmaktadır.

2.1.1. Solvent Ekstraksiyonu

Solvent ekstraksiyonu, en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir ve genellikle metanol, etanol veya su gibi çözücüler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde, kullanılan materyal kurutulup öğütüldükten sonra uygun bir çözücü ile karıştırılarak biyoaktif bileşiklerin çözücüye geçmesi esasına dayanmaktadır. Metanol ve etanol, polifenolik bileşiklerin yüksek verimle ekstrakte edilmesi için etkili çözücüler olarak bilinmektedir. (Fernandez-Agullo ve ark., 2013). Zhang (2015), etanol ile yapılan ekstraksiyonun, gallik asit ve kateşin gibi polifenolik bileşiklerin verimini artırdığını bildirmişlerdir. Ancak, çevresel etkileri ve toksisite riskleri nedeniyle dikkatle kullanılmaları tavsiye edilmektedir (Turkmen ve ark., 2006).

2.1.2. Süperkritik CO₂ Ekstraksiyonu

Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, çevre dostu bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemde, karbondioksit, süperkritik akışkan hale getirilerek biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Süperkritik CO₂, yüksek çözünürlük ve düşük toksisite avantajları sunmakla birlikte yüksek maliyetleri nedeniyle ticari uygulamalarda sınırlı kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle juglon gibi hassas bileşiklerin ekstraksiyonunda etkili olduğu belirtilmiştir (Vieira ve ark., 2020).

2.1.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon

Ultrason destekli ekstraksiyon, ses dalgalarının kullanılarak hücre duvarlarının parçalanmasını ve biyoaktif bileşiklerin çözücüye geçişini hızlandıran yenilikçi yöntemlerden birisidir. Bu yöntem, daha kısa ekstraksiyon süreleri ve daha düşük enerji tüketimi sağlamakla, böylece hem verimliliği artırmakta hem de çevresel etkileri azaltmaktadır. Ultrason destekli ekstraksiyonun, ceviz yeşil kabuğundan polifenolik bileşiklerin verimini %30 artırdığını bildirilmiştir (Wang ve ark., 2020).

2.2. Kimyasal Yapısı

Ceviz yeşil kabuğu, biyoaktif bileşikler açısından zengin bir kimyasal yapıya sahiptir. Bu materyalin kimyasal bileşimi, protein, yağ, karbonhidrat, E vitamini ve mineraller (Ca, K, Mg, Fe, Zn, Mn) gibi temel bileşenlerin yanı sıra biyoaktif maddeleri de içermektedir (Vieira ve ark., 2020).

2.2.1. Polifenolik Bileşikler

Ceviz yeşil kabuğu, polifenolik bileşikler açısından oldukça zengin olmakla birlikte bu bileşikler, antioksidan, antimikrobiyal ve antienflamatuar etkileriyle dikkat çekmektedir. En

fazla bulunan polifenolik bileşikler arasında gallik asit, ellajik asit, kateşin ve kersetin yer almaktadır (Fernandez-Agullo ve ark., 2013; Xi ve ark., 2023). Özellikle gallik asit, ceviz yeşil kabuğu ekstraktında en yüksek konsantrasyonda bulunan polifenolik bileşiktir ve güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2021).

2.2.1.1. Polifenolik Bileşiklerin Etki Mekanizmaları

Polifenolik bileşikler, canlı hayvanlarda çeşitli fizyolojik ve metabolik etkiler göstermektedir. Gallik asit ve ellajik asit, serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltabilmektedir. Wang ve ark. (2021), gallik asitin karaciğer hasarını önlemede etkili olduğunu göstermiştir. Polifenoller, rumen mikrobiyotasını düzenleyerek patojen mikroorganizmaların çoğalmasını baskılayabilmektedir. Özellikle kateşin, gram-pozitif bakterilere karşı güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2023). Xi ve ark. (2023), ceviz yeşil kabuğu ekstraktının *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* gibi patojenlere karşı etkili olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca, rumen fermantasyonunda metan üretimi üzerine kersetin, metanojenik bakterilerin aktivitesini inhibe ederek metan emisyonlarını düşürebildiği bildirilmiştir (Gerber ve ark., 2013). Vieira ve ark. (2020), bu etkinin özellikle yüksek konsantrasyonlu polifenolik ekstraktlarla daha belirgin olduğunu belirtmiştir. Ceviz yeşil kabuğu, juglon (5-hidroksi-1,4-naftokinon) adı verilen bir naftokinon türevidir. Juglon, antimikrobiyal ve antifungal etkileriyle bilinmekle birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilmektedir (Fernandez-Agullo ve ark., 2013). Örneğin, Wang ve ark. (2023), juglonun fungal patojenlere karşı güçlü bir inhibitör etkiye sahip olduğunu, ancak ruminantlarda toksisite riski taşıdığını vurgulamıştır. Bu nedenle, CYKe'nin ruminant beslemede kullanımında dozaj dikkatle kontrol edilmelidir.

3. CYKe'nin Ruminantlarda Potansiyel Kullanımı

Ceviz yeşil kabuğu ekstraktının ruminant beslemedeki potansiyel kullanımı üzerine yapılan çalışmalar sınırlı olsa da, mevcut araştırmalar, bu materyalin rumen fermantasyonu, metan emisyonları ve hayvan performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bir in vitro çalışmada, CYKe'nin rumen fermantasyon parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, CYKe'nin toplam uçucu yağ asidi (UYA) üretimini artırdığını ve rumen pH'sını stabilize ettiğini göstermiştir. Ayrıca, polifenolik bileşiklerin, amonyak-N konsantrasyonlarını düşürerek protein degradasyonunu azalttığı rapor edilmiştir (Wang ve ark. 2020). Chen ve ark. (2022), koyunlarda subakut rumen asidozu (SARA) modelinde CYKe'nin rumen pH'sını artırdığını ve laktik asit üretimini azalttığını belirtmiştir. CYKe'nin metan emisyonlarını azaltma potansiyeli, sürdürülebilirlik açısından en dikkat çekici özelliklerinden biridir. Süt ineklerine düşük dozda CYKe eklenmesi, metan emisyonlarını %12 oranında azalttığı gözlemlenmiştir. Bu etki, polifenolik bileşiklerin metanojenik bakterilerin aktivitesini inhibe etmesine bağlanmıştır (Czubaszek ve ark., 2022). Wei ve ark. (2023), koyunlarda yüksek konsantre yem ile hazırlanan rasyona CYKe eklenmesi durumunda metan üretiminin %15 azaldığını ve rumen mikrobiyal çeşitliliğin olumlu yönde etkilendiğini rapor etmiştir. Ancak, yüksek dozların (>%2 rasyon kuru maddesi) yem tüketimini ve sindirilebilirliği olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Chen ve ark., 2022). CYKe'nin ruminant performansına etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, koyunlara düşük dozda CYKe eklenmesi, büyüme performansını

iyileştirdiği ve bağışıklık sistemini desteklediği rapor edilmiştir. Bu etki, polifenolik bileşiklerin antioksidan ve antienflamatuar özelliklerine atfedilmiştir (Wang ve ark., 2020). Wei ve ark. (2023), CYKe'nın koyunlarda antioksidan kapasiteyi artırdığını ve oksidatif stres belirteçlerini azalttığını göstermiştir. Ancak, yüksek dozların toksisite riski (özellikle juglon nedeniyle) taşıdığı ve hayvan sağlığını olumsuz etkileyebileceği vurgulanmıştır (Chen ve ark., 2022).

4. Sonuç

Mevcut çalışmalar, CYKe'nın ruminant beslemede kullanımının umut verici olduğunu gösterse de, sınırlı sayıda çalışma ve uzun vadeli etkilerin belirsizliği, bu materyalin ticari uygulamalarını kısıtlamaktadır. Özellikle, optimum dozajların belirlenmesi ve toksisite risklerinin daha detaylı değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Gelecekteki araştırmalar, farklı ruminant türlerindeki etkilerin incelenmesine, uzun vadeli güvenlik çalışmalarına ve ticari uygulanabilirlik analizlerine odaklanmalıdır. CYKe, ruminant beslemede sürdürülebilirliği destekleyen yenilikçi bir hammadde olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Polifenolik bileşikler açısından zengin olan bu materyal, rumen fermantasyonunu düzenleme, metan emisyonlarını azaltma ve hayvan performansını iyileştirme gibi avantajlar sunmaktadır. CYKe'nın metan emisyonlarını azaltıcı etkisi, ruminant hayvancılığın çevresel ayak izini düşürme açısından kritik öneme sahip olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Chen, W., Chen, B. L., Yang, D. L., Zhang, X., & Chen, Y. (2022). Effects of walnut green husk extract on ruminal fermentation of sheep with subacute ruminal acidosis.
- Czubaszek, R., Wysocka-Czubaszek, A., & Tyborowski, R. (2022). Methane production potential from apple pomace, cabbage leaves, pumpkin residue and walnut husks. *Applied Sciences*, 12(12), 6128.
- Fernández-Agulló, A., Pereira, E., Freire, M. S., Valentão, P., Andrade, P. B., González-Álvarez, J., & Pereira, J. A. (2013). Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts. *Industrial crops and products*, 42, 126-132.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities (pp. xxi+-115).
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food chemistry*, 99(4), 835-841.
- Vieira, V., Pereira, C., Abreu, R. M., Calhelha, R. C., Alves, M. J., Coutinho, J. A., ... & Ferreira, I. C. (2020). Hydroethanolic extract of *Juglans regia* L. green husks: A source of bioactive phytochemicals. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111189.

Wang, G., Zhang, Y., Zhang, R., Pan, J., Qi, D., Wang, J., & Yang, X. (2020). The protective effects of walnut green husk polysaccharide on liver injury, vascular endothelial dysfunction and disorder of gut microbiota in high fructose-induced mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 92-106.

Wang, G., Han, Q., Yan, X., Feng, L., Zhang, Y., Zhang, R., & Zhang, Y. (2021). Polyphenols-rich extracts from walnut green husk prevent non-alcoholic fatty liver disease, vascular endothelial dysfunction and colon tissue damage in rats induced by high-fat diet. *Journal of Functional Foods*, 87, 104853.

Wang, L., Li, W., Li, X., Liu, J., & Chen, Y. (2023). Antimicrobial activity and mechanisms of walnut green husk extract. *Molecules*, 28(24), 7981.

Wei, H., Liu, J., Liu, M., Zhang, H., & Chen, Y. (2023). Rumen fermentation and microbial diversity of sheep fed a high-concentrate diet supplemented with hydroethanolic extract of walnut green husks. *Animal bioscience*, 37(4), 655.

Xi, M., Hou, Y., Cai, Y., Shen, H., Ao, J., Li, M., ... & Luo, A. (2023). Antioxidant and antimicrobial characteristics of ethyl acetate polar fractions from walnut green husk. *Journal of Food Science*, 88(3), 1060-1074.

Zhang, Q. (2015). Effects of extraction solvents on phytochemicals and antioxidant activities of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts. *European Journal of Food Science and Technology*, 3(5), 15–21.

**TOPRAK KAYNAKLI PATOJENLERE KARŞI *RICINUS COMMUNIS*
EKSTRAKTLARININ ANTİFUNGAL POTANSİYELİ
ANTIFUNGAL POTENTIAL OF *RICINUS COMMUNIS* EXTRACTS AGAINST
SOIL-BORNE PATHOGENS**

Dr. Öğr. Üyesi RAZİYE KOÇAK¹

Selçuk Üniversitesi, Çumra Meslek Yüksekokulu,

rkocak@selcuk.edu.tr-<https://orcid.org/0000-0002-8221-0452>

Dr. Öğr. Üyesi ÖZDEN SALMAN²

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

ozdensalman@selcuk.edu.tr-<https://orcid.org/0000-0002-7871-4105>

ÖZET

Sclerotinia sclerotiorum (beyaz çürüklük), *Fusarium solani* ve *Rhizoctonia solani* (kök çürüklüğü ve solgunluk) ile *Sclerotium rolfsii* (kök boğazı ve gövde çürüklüğü) geniş konukçu aralığına sahip, ekonomik açıdan önemli toprak kaynaklı patojenlerdir. Bu patojenler, tarımsal üretimde ciddi ürün kayıplarına neden olmaktadır. Toprakta uzun süre canlı kalabilmelerini sağlayan dayanıklı yapılar ürettikleri için kültürel mücadele yöntemleri ile kontrol edilmeleri oldukça zordur. Bu nedenle, yaygın olarak sentetik fungusitler kullanılmaktadır. Ancak sentetik fungusitlerin dikkatsiz ve aşırı kullanımı, yüksek maliyetli olmasının yanı sıra çevresel kirlenmeye ve hedef patojenlerde direnç gelişimine yol açabilmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir bitki koruma yaklaşımlarına olan ilgi artmış ve toprak kaynaklı fitopatojenlerle mücadelede bitki bazlı yeşil kimyasalların kullanımı teşvik edilmektedir. Özellikle bitkisel ekstraktların antifungal etkileri üzerine yapılan çalışmalar büyük ilgi görmektedir. Bu bitkisel ürünler arasında, geleneksel olarak tıbbi amaçlarla kullanılan *Ricinus communis* (Hint yağı) öne çıkmaktadır. *Ricinus communis*'in ekstraktları, tohumların doğrudan sıkılması veya hem tohum hem de farklı bitki kısımlarının çözücüler aracılığıyla işlenmesi yoluyla elde edilmektedir. Çeşitli araştırmalar, bu ekstraktların fitopatojenik funguslara karşı güçlü antimikrobiyal aktiviteler sergilediğini ortaya koymuştur. Son yıllarda, özellikle toprak ekosisteminde *Ricinus*

¹ Sorumlu Yazar: rkocak@selcuk.edu.tr

communis ekstraktlarının yeşil pestisit olarak geniş ölçekli uygulanabilirliği konusunda artan bir ilgi bulunmaktadır. Kolay erişilebilirliği ve tıbbi bir bitki olarak sunduğu potansiyel nedeniyle, bu ekstraktların toprak patojenlerine karşı antifungal özellikleri araştırılmaktadır. Yapılan çalışmalar, *Ricinus communis* bazlı ürünlerin ekolojik açıdan dost ve ekonomik biyokontrol ajanları olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ricinus communis*, Bitki ekstraktları, Antifungal aktivite, Toprak kaynaklı hastalıklar.

ABSTRACT

Sclerotinia sclerotiorum (white mold), *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* (root rot and wilt), and *Sclerotium rolfsii* (collar and stem rot) are economically significant soil-borne pathogens with a broad host range. These pathogens cause substantial yield losses in agricultural production. Due to their ability to survive in the soil for extended periods by producing resistant structures, their control through cultural management practices is highly challenging. Therefore, synthetic fungicides are commonly used for disease management. However, the indiscriminate and excessive use of synthetic fungicides not only increases costs but also leads to environmental pollution and the development of resistance in target pathogens. In this context, interest in sustainable plant protection strategies has grown, and the use of plant-based green chemicals for managing soil-borne phytopathogens has been widely encouraged. In particular, research on the antifungal effects of plant extracts has gained significant attention. Among these botanical products, *Ricinus communis* (castor plant), traditionally used for medicinal purposes, has emerged as a promising candidate. extracts of *Ricinus communis* are obtained through direct seed expression or by processing seeds and various plant parts using solvents. Numerous studies have demonstrated that these extracts exhibit strong antimicrobial activity against phytopathogenic fungi. In recent years, there has been increasing interest in the large-scale applicability of *Ricinus communis* extracts as green pesticides, particularly in soil ecosystems. Due to its easy availability and potential as a medicinal plant, these extracts are being investigated for their antifungal properties against soil-borne pathogens. Research findings indicate that *Ricinus communis* based products can serve as environmentally friendly and cost effective biocontrol agents.

Keywords: *Ricinus communis*, Plant extracts, Antifungal activity, Soil borne diseases.

1. GİRİŞ

Toprak kaynaklı bitki patojenleri, tarımsal üretim üzerinde ciddi tehditler oluşturarak bitkilerin büyüme sürecinin her aşamasında zarar verebilmektedirler. Bu patojenlerden bazıları, toprakta uzun süre canlı kalarak hastalık oluşturma potansiyelini koruduğundan, bunların kontrol altına alınması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, tarımsal üretimde toprak kaynaklı patojenlerin yönetimi giderek daha fazla öncelik kazanmaktadır (Noble ve Coventry, 2005).

Rhizoctonia solani, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium solani* ve *Sclerotium rolfsii*, geniş konukçu aralığına sahip ve ekonomik açıdan önemli toprak kaynaklı fungal patojenlerdir. *Rhizoctonia solani*, çeşitli tarım ürünlerinde çökerten, gövde çürüklüğü ve kök çürüklüğüne neden olurken (El-Benawy ve ark., 2020), *Sclerotinia sclerotiorum* ise beyaz çürüklük, gövde çürüklüğü ve solgunluk gibi hastalıklara yol açmaktadır. Kök boğazı çürüklüğü ve gövde çürüklüğüne neden olan *Sclerotium rolfsii* çeşitli tarım bitkilerinde %55-95 oranında fide ölümlerine yol açabilmektedir. *Fusarium*, bitkilerde yaygın kök ve gövde çürümesi ve solgunluk hastalıklarına neden olan önemli bir patojendir. Bu patojenlerin, farklı toprak türleri ve çevresel koşullar altında 400'den fazla bitki türünü enfekte ettiği bildirilmiştir (Sharma ve Ghosh, 2017).

Dünya genelinde ciddi ürün kayıplarına yol açan toprak kaynaklı fungal patojenler özellikle ekim sonrası ve çiçeklenme döneminde olumsuz çevre koşullarının devamı halinde %100'e yakın verim kayıplarına neden olabilmektedirler. Bu hastalıkların kontrolünde en yaygın yöntem fungusit kullanımıdır. Fungisitler, patojenlere karşı uygulandığında hastalığın etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilmektedir. Ancak, fungusitlerin sık ve bilinçsiz kullanımı, atmosfer kirliliğine neden olabileceği gibi, hedef patojenlerde fungusit direncinin gelişmesine de yol açabilmektedir. Bu nedenle, kimyasal kontrol yöntemlerine alternatif yaklaşımlara duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu alternatif yaklaşımlar arasında bitki ekstraktlarının, biyolojik temelli hastalık yönetim stratejilerinde önemli bir rol oynayabileceği değerlendirilmektedir. Bu bileşiklerin çevreye olan etkilerinin düşük seviyede olması, sürdürülebilir tarım uygulamalarında önemli bir avantaj sunmaktadır (Vaniya ve ark., 2022).

Bitkisel bazlı antifungal ajanlar arasında, *Ricinus communis* (Hint yağı), geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan ve dikkat çeken bir türdür. Bilimsel çalışmalar, bu bitkisel ekstraktların geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğunu ve özellikle fitopatojen funguslar üzerinde etkili bir fungisidal etki gösterdiğini ortaya koymuştur. *R. communis*'in içerdiği

sekonder metabolitler (örneğin flavonoidler, alkaloidler, terpenoidler ve fenolik bileşikler) fitopatojenlerin gelişimini inhibe edici etkiye sahiptir. Hint yağı bitkisi genellikle biyodizel üretiminde kullanılmakta olup, tohumlarından %67,7 oranında yağ elde edilmektedir. Bununla birlikte, bu bitkinin yaprakları, kökleri ve tohum yağının tıbbi amaçlarla kullanıldığı da bilinmektedir (Mathur ve ark., 2011).

Bu çalışmada, Hint yağı (*R. communis*) ekstraktının ekonomik açıdan önemli dört toprak kaynaklı fungusa karşı antifungal ajan olarak potansiyel kullanımı araştırılmıştır.

2. TOPRAK KAYNAKLI FUNGAL PATOJENLER

Sclerotinia sclerotiorum (beyaz çürüklük hastalığı etmeni), *Fusarium solani* ve *Rhizoctonia solani* (kök çürüklüğü ve solgunluk hastalığı etmenleri) ile *Sclerotium rolfsii* (kök boğazı çürüklüğü etmeni) geniş konukçu aralığına sahip, toprak kaynaklı ve ekonomik açıdan büyük kayıplara neden olan fitopatojenlerdir. Bu patojenler, dirençli yapılar üreterek uzun süre toprakta canlı kalabilmekte ve konvansiyonel kültürel mücadele yöntemleriyle kontrol edilmeleri son derece güç olmaktadır.

2.1. *Sclerotinia sclerotiorum* (Beyaz çürüklük)

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary, birçok bitkide yaygın olarak görülen toprak patojeni olup bitkilerin yapraklarını, çiçeklerini, meyvelerini ve gövdelerini enfekte ederek, vejetasyon döneminde veya hasat sonrası aşamada gelişebilen ve dünyanın ılıman bölgelerinde ekonomik açıdan önemli ürünlerde, özellikle fasulye, havuç, bezelye, marul, hardal, kanola, mercimek ve ayçiçeğinde ciddi kayıplara neden olabilmektedir Toprakta veya ürün artıklarında sklerot yani dirençli yapılar olarak kışı geçirir (Koçak ve Boyraz, 2021)..

S. sclerotiorum'un neden olduğu hastalıkların kontrolü zordur, çünkü sklerotlar toprakta uzun süre kalmakta ve havada askosporlar üretebilmektedir. Hastalığın yönetimi, ürün gelişiminin çeşitli aşamalarında yapılmakta ve etkili bir kontrol genellikle birden fazla yöntemin entegre edilmesini gerektirmektedir. Çevreye en az zarar veren yöntemler, topraktaki sklerot sayısını azaltan kültürel uygulamalardır. Ancak, özellikle yüksek değerli ürünlerde bu yöntemler çoğu durumda yetersiz kalabilmektedir. Fungisitler, başarılı ve etkili bir yönetim olarak önemli rolü oynamaktadır ancak bunu sınırlamanın en iyi yolu *S. sclerotiorum*'a dirençli çeşitlerin kullanılmasıdır. Ancak *S. sclerotiorum*'un topraklardan eradikasyonu için dirençli çeşitlerin ve çevre dostu yöntemlerin bulunmaması nedeniyle bu derlemede olduğu gibi, organik maddelerin uygulanması üzerinde araştırmaların yapılması önemlidir (Derbyshire ve Denton-Giles, 2016).

2.2. *Rhizoctonia solani* (Kök çürüklüğü ve solgunluk)

Rhizoctonia solani Kühn toprak kaynaklı, nekrotrofik bir fungal patojen olup, fide çökerten (damping-off), kök çürüklüğü ve gövde çürüklüğü gibi ciddi hastalıklara neden olmaktadır. Bu patojen, özellikle genç bitkilerde kök ve gövde dokularını enfekte ederek su ve besin alımını kısıtlamakta, bu durum da bitki büyümesinin durmasına veya tamamen ölmesine yol açarak büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Wallon ve ark., 2020; Salman ve Boyraz, 2023; Aydın, 2022). *R. solani*, özellikle sebze, tahıl ve baklagiller gibi birçok ekonomik değeri yüksek tarım ürünüde ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır (Akber ve Fang, 2024). Bu fungus, farklı büyüme evrelerinde bitkileri enfekte edebilmekte olup, özellikle çimlenme aşamasında tohum çürüklüğüne ve genç fidelerde çökerten hastalığına yol açmaktadır (Farhaoui ve ark., 2024). Toprak ekosisteminde yaygın olarak bulunmakta ve çok geniş bir çevresel tolerans aralığına sahiptir. Sıcak ve nemli iklimler gelişimi ve yayılması için optimum koşulları sağlamaktadır. Ancak, *R. solani* soğuk ve kurak koşullarda da uzun süre hayatta kalabilmekte ve olumsuz koşullara karşı oldukça dirençli yapılar (sklerotlar ve miselyum parçaları) oluşturabilmektedir. Konukçu bitki bulunmadığında organik madde ile beslenerek saprotrofik yaşam sürdürmekte hem hafif hem de ağır topraklarda yaşayabilmektedir (Ajayi-Oyetunde ve Bradley, 2018).

Bu patojenin kontrolü oldukça zor olup, genellikle fungisitler, biyolojik ajanlar ve kültürel önlemlerle entegre mücadele stratejileri gerektirmektedir (Kankam ve ark., 2021).

2.3. *Fusarium solani* (Kök çürüklüğü)

Fusarium solani (Mart.) Sacc., dünya çapında öneme sahip, toprak kaynaklı, kalıcı ve yıkıcı bir fungustur. Çıkış öncesi ve sonrası çürüklük, enfekte bitkilerde kök çürüklüğü, solgunluk, sararma ve erken ölüm gibi belirtilere neden olmaktadır. Çok geniş bir konukçu aralığına sahiptir ve duyarlı çeşitlerde %100'e varan verim kaybına neden olabilmektedir (Coleman, 2016).

Toprak kaynaklı fungusları kontrol altına almak için kullanılan fungisit uygulamaları, *Fusarium* türlerinin kontrolünde etkisiz kalmıştır. Tohumları kimyasal fungisitlerle kaplamak, bitkileri kök hastalıklarından korumak için kullanılan temel yaklaşımdır fakat bunun uzun vadeli bir çözüm olarak güvenilir olduğu kanıtlanmış olsa da maruz kalma riskleri, sağlık ve çevresel tehlikeler konusunda endişeler vardır. Çünkü fungisitlerin sık uygulanmasıyla patojen toleransının ortaya çıktığı bildirilmiştir. Son zamanlarda, bitki patojenlerinin kontrolündeki

yeni eğilimler, fungusitlere güvenli ve umut verici bir alternatif olduğuna inanılan bitki ekstraktlarına odaklanılmaktadır (Toghueo ve ark., 2016).

2.4. *Sclerotium rolfsii* (Kök boğazı çürüklüğü)

Sclerotium rolfsii Sacc., toprak kökenli bir patojen olup tropikal, subtropikal ve diğer sıcak ılıman bölgelerde yaygın olarak bulunmakta ve 500'den fazla bitki türünde kök çürüklüğü, gövde çürüklüğü, solgunluk ve kök boğazı çürüklüğüne neden olmaktadır. Bu bitkiler arasında neredeyse tüm tarım ve bahçe ürünleri yer almaktadır (Pandi ve ark., 2017).

S. rolfsii'nin kimyasal fungusitlerle toprak uygulaması yoluyla yönetimi oldukça zordur, çünkü hem geniş konukçu aralığına sahip olması hem de dünya genelinde yaygın olarak bulunması böyle bir stratejiyi etkisiz hale getirmektedir. Pestisitler ile kontrol edilmesi, kalıntı toksisitesi, çevre kirliliği ve fungusit direnci gibi olumsuz etkilere yol açabilmekte ve tohumların fungusitlerle muamele edilmesi, erken enfeksiyonları en aza indirmek için önerilse de uzun süreli koruma sağlamamaktadır (Baskey ve ark., 2020). Bu nedenle, alternatif bitki koruma yöntemleri aranmakta ve olası bir çözüm hastalıkları kontrol etmek için bitki bileşikler gibi biyolojik bileşiklerin kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Hamad ve ark., 2019; Giordani ve ark., 2020).

3. *RICINUS COMMUNIS*'İN FARMAKOLOJİK VE ANTİMİKROBİYAL POTANSİYELİ

3.1. *Ricinus communis*'in Farmakolojik Potansiyeli

Ricinus communis L., *Euphorbiaceae* familyasına ait ve dünya çapında genellikle killi ve kumlu topraklarda yetişen ve çeşitli iklim koşullarına (tropikal, subtropikal veya kuru iklimler), yağışlara (700-1500 mm) ve sıcaklığa (15-38 °C) oldukça uyum sağlayan Afrika kökenli bir bitkidir. Bu bitkinin başlıca tarımsal kaynağı, esas olarak hint yağı bitkisinin çıkarılmasında kullanılan tohumlarıdır. Günümüzde Hindistan, Çin, Doğu Afrika, Etiyopya ve Brezilya başta olmak üzere dünya çapında yaygın olarak yetiştirilmektedir. Hindistan, hint yağının en büyük üreticisi olup, küresel talebin yaklaşık %90'ını karşılamaktadır. Hint yağı tohumu %40-45 yağ ve %4-19 protein içermektedir. Tohumları, ribozom inaktive edici protein risin ve alkaloid risin gibi yüksek seviyelerde toksik bileşikler içerir. Biyotik ve abiyotik streslere karşı yüksek toleransa sahip olduğu için düşük teknoloji kaynakları kullanan üreticiler için en çok tercih edilen tarım ürünleri arasındadır (Ogunniyi, 2006).

Hint yağı (*Ricinus communis* L.), geleneksel tıpta dünya genelinde yaygın olarak kullanılmakta özellikle tohumlarından elde edilen yağ, kendine özgü kimyasal bileşimi sayesinde biyodizel üretimi, ilaç sanayi ve diğer endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gahukar ve Mital, 2017). Bunun yanı sıra, tarımda tohum ve bitki koruma amacıyla da değerlendirilmektedir. Çok yönlü kullanım alanları sayesinde, yüksek kaliteli tohumlara olan piyasa talebi yıllık %3-5 oranında artmaktadır (Anjani, 2012).

Ricinus communis'in ekstraktları ve izole edilen bileşiklerinin farmakolojik özellikleri kapsamlı şekilde araştırılmıştır (Abe ve Ohtani, 2013) Bitkinin farmakolojik açıdan en fazla incelenen kısmı yapraklarıdır. Yaprak ekstraktlarının farmakolojik etkilerini değerlendiren çalışmalar, toplam araştırmaların yaklaşık %50'sini oluştururken, bunu %16 oranında tohum ekstraktları ve %11 oranında kök ekstraktları takip etmektedir. Bu durum, *R. communis*'in geleneksel tıpta en yaygın kullanılan kısmının yaprakları olduğunu gösteren etnobotanik çalışmalarla da uyumludur (Rashid ve ark., 2015).

Çalışmalarda en yaygın kullanılan ekstraksiyon yöntemi, %55 oranında maserasyon, ardından %21 oranında soxhlet yöntemi olmuştur. Ekstraksiyon işlemlerinde kullanılan çözücüler arasında metanol (%28) ve etanol (%26) en çok tercih edilen çözücüler olup, bunları su (%15) ve etil asetat (%9) takip etmektedir (Paulo ve ark., 2016).

3.2. *Ricinus communis*'in Antimikrobiyal Potansiyeli

Fungal ve bakteriyel gelişmeyi inhibe etme veya engelleme potansiyeli, *Ricinus communis* ekstraktlarının en çok çalışılan farmakolojik etkinliğidir. Çeşitli çalışmalar, hint yağının antimikrobiyal ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu göstermiştir (Junior ve ark., 2012; Obisesan ve ark., 2022).

Kök, yaprak, tohum ve gövdeler dahil olmak üzere çeşitli kısımlarının antifungal aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Obisesan ve ark., 2022). Fitokimyasal bileşenleri açısından kapsamlı bir şekilde incelenmiş olup, bitki patojenlerine karşı etkili olabilecek alkaloidler, flavonoidler, tanenler, steroller ve terpenler gibi sekonder bileşikler açısından zengin olduğu bildirilmiştir. Bu bileşikler arasında kaempferol, kuersetin, gallik asit, ellagik asit, rutin ve ricinin özellikle toprak kaynaklı fungal patojenlere karşı antifungal aktiviteler gösterdiği bildirilmektedir (Chan-Cupul ve ark., 2024). Ancak, bu antifungal özellikler kullanılan bitki organına, test edilen fungal türe, ekstraksiyon için kullanılan çözücüye ve bileşiğin dozajı ile kimyasal yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Aynı zamanda tıbbi bitkilerin

antimikrobiyal aktiviteleri yalnızca bitki türüne göre belirlenmemektedir. Yükseklik, sıcaklık, ışık ve nem gibi çevresel faktörler de bu aktiviteyi etkilemekte ve bu faktörler tıbbi bitkilerde sekonder metabolitlerin sentezini, birikimini ve metabolizmasını düzenleyerek biyoaktif bileşenlerin miktarını ve çeşitliliğini belirlemektedir. Ayrıca, bitkilerin yetiştiği coğrafi konumdaki farklılıklar, aktif bileşenlerin türü ve konsantrasyonu üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Liu ve ark., 2016).

Hint yağı, antimikrobiyal özelliklerinden sorumlu olabilecek risinoleik yağ asidini içermektedir. Risinoleik asit, birçok virüs, bakteri, maya ve fungusun gelişmesini inhibe etmektedir ve bu etki, undesilenik asit türevlerine benzemektedir (Arekemase ve ark., 2019). Serbest yağ asitlerinin güçlü biyolojik aktivitesi, hücre zarını etkileyerek oksidatif fosforilasyonu ve elektron taşıma zincirini bozmakta, böylece hücresel enerji üretimini olumsuz etkilemektedir (Desbois ve Smith, 2010).

İnhibisyon mekanizmasının tam olarak anlaşılmasını sağlayacak unsurlar eksik olsa da yağ asitlerinin lipid zarına nüfuz ettiği, daha alkali iç ortamda ayrışarak metabolik bağlantıyı bozduğu düşünülmektedir (Junior ve ark., 2012). Ayrıca, hint yağı bitkisinin içerdiği risinoleik asidin yüksek inhibisyon etkisinin, fungus hücre zarının bileşeni olan kitini çözen sitolitik aktivitesinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Öte yandan, oleik asidin uzun zincirli doymamış yapısından dolayı potansiyel antifungal özelliklere sahip olduğu ifade edilmektedir (Agoramoorthy ve ark., 2007).

Yapraklarından izole edilen ana fenolik bileşikler arasında monoterpenoidler (1,8-sineol, kafur, α -pinen), seskiterpenoidler (β -karyofillengallik), fenolik bileşikler (Gallik asit, kuersetin, gentisik asit, rutin, epikateşin ve ellagik asit) bulunmakta olup, bu bileşiklerin fungal hücre duvarına zarar vererek patojen inhibisyonuna katkı sağladığı belirlenmiştir. Kök ekstraktında ise Indol-3-asetik asit tespit edilmiştir (Yusuf ve ark., 2015).

Birçok araştırmacı, *R. communis*'in hem metanol hem de sulu ekstraktlarının antifungal özellikler taşıdığını doğrulamıştır. Fungitoksik kimyasallar kaynağı olarak rolü ve bu bileşiklerin farklı bitki patojenlerini kontrol etmedeki önemi, literatürde kapsamlı şekilde ele alınmıştır.

Sera denemelerinde *R. communis*'in metanolik ekstraktları, *Fusarium solani* kaynaklı çökerten (damping-off) hastalığını %93 oranında kontrol ederek biyolojik mücadelede önemli bir potansiyel sergilemiştir (Dawood ve ark., 2003).

Hint yağı bitkisi yaprak ekstraktı %5 konsantrasyonda *in vitro* denemelerde *Fusarium solani*'nin koloni gelişimini %21 oranında azaltmıştır (Timila ve ark., Manandhar, 2018).

Ricinus communis'in etanol ve aseton ile elde edilen ekstraktları, altı farklı fitopatojen fungusa (*Aspergillus*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Fusarium* ve *Phytophthora*) karşı değerlendirilmiş ve %30-%60 arasında değişen inhibisyon oranlarında antifungal etki göstermiştir (Díaz ve ark., 2022).

Antifungal potansiyel gösterdiği bildirilen aralarında *Ricinus communis*'inde bulunduğu sekiz yabancı otun sulu yaprak ekstraktları *Fusarium solani*'ye karşı *in vitro* da 200, 400 ve 600 ppm konsantrasyonlarında test edilmiş ve on günlük inkübasyon süresinin ardından yabancı ot ekstraktlarının *F. solani*'nin misel gelişimini önemli ölçüde engellediği bildirilmiştir (Mahmood ve ark., 2014).

Rhizoctonia solani'ye karşı saksı denemelerinde toprağa karıştırılan 5 ml hint yağı su ekstraktları ile %51,9 ve %58,4 oranlarında etki göstermiştir (Abdulridha ve ark., 2020).

Ricinus communis'in metanol, aseton, etil asetat ve n-heksan ekstraktlarının antifungal aktivitelerini *in vitro* da değerlendirmek amacıyla *Sclerotinia sclerotiorum*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani* ve *Ascochyta rabiei*'ye karşı 10, 50 ve 100 mg/ml dozlarında test edilmiştir *Ascochyta rabiei*, bitki ekstraktlarına karşı en hassas olup, bunu sırasıyla *Alternaria solani*, *Sclerotinia sclerotiorum* ve *Rhizoctonia solani* takip etmiştir. *R. solani*'ye karşı bitki ekstraktlarının miselyal gelişim inhibisyonu değerleri %1-%81 arasında değişirken *S. sclerotiorum*'a karşı antifungal etki, %1-%84 arasında değişen değerler ile belirlenmiştir (Onaran, 2016).

Sclerotium rolfsii'ye karşı *R. communis*'in bitki ekstraktı (%2,5, 5 ve %10) test edilmiş ve %10 konsantrasyon için miselyal gelişim inhibisyonu %26 ve sklerot oluşumu için %18 olarak kaydedilmiştir (Buruk ve ark., 2006). *Ricinus communis*'in yaprak ve tohum ekstraktı *Sclerotium rolfsii*'ye karşı önemli ölçüde azalma göstermiş %72 oranında engelleme sağlamıştır (Kollipara, 2006).

Farklı bitki ekstraktlarının (*Ricinus* sp. ve *Eucalyptus* sp. x *Trichoderma* sp.) ve biyolojik ajanların kombinasyonlu uygulanması ile yapılan bir çalışmada *Sclerotium rolfsii*'ye karşı %95 ile %100 arasında değişen oranlarda inhibisyon tespit edilmiştir (Ndifon, 2024).

Diğer patojenlere karşıda test edilen *R. communis*'in metanol ve su ekstraktlarının *Aspergillus fumigatus* ve *A. flavus* üzerinde antifungal etki gösterdiği bulunmuştur (Naz ve Bano, 2012). Benzer şekilde bir çalışma yürütülmüş ve antifungal aktivite *Alternaria solani*'ye karşı tespit edilmiştir. Bu biyolojik aktiviteler, flavonoidler, glikozitler, alkaloidler ve steroidler gibi fitokimyasal bileşenlerin varlığıyla ilişkilendirilmektedir (Vandita ve ark., 2013). Hint yağı, %5 konsantrasyonda papaya meyvelerinde antraknoz hastalığının yayılmasını azaltmıştır (Junior ve ark., 2012).

Hint yağı bitkisi ekstraktlarının *Fusarium*, *Alternaria*, *Curvularia* ve *Colletotrichum* cinslerine ait fungal gelişimi inhibe ettiği pek çok çalışmada tespit edilmiştir (Hernández-Albíter ve ark., 2007; Singh ve ark., 2011; Luque ve ark., 2014; Mudiyansele ve ark., 2019).

In vitro deneylerde, farklı konsantrasyonlarda Hint yağı ekstraktlarının (100, 250, 500, 750 ve 1000 µl/L) susam bitkisinde *Helminthosporium sesami* yaprak leke hastalığının miselyum gelişimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve 1000 µl/L konsantrasyonunda %66,67 oranında engellemiştir. Ayrıca sera denemelerinde susamdaki *Helminthosporium* yaprak leke hastalığının şiddetini azalttığı bildirilmektedir (Ahmed ve ark., 2024).

Colletotrichum gloeosporioides, çeşitli tarımsal ürünlerde antraknoz hastalığına neden olan fungal bit patojendir. *Ricinus communis* ekstraktlarının ve *Bacillus subtilis* içeren Serenade® ticari ürünü ile *C. Gloeosporioides*'e karşı antifungal aktivitesini değerlendirmek için *in vitro* çalışma yapılmıştır. *R. communis* %62,7 oranında miselyal inhibisyon sağlayarak Serenade® (%54,2)'dan daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Chan-Cupul ve ark., 2024).

Bütün bu bulgular, *R. communis*'in fitopatojenler üzerindeki etkisini anlamak açısından önemlidir ve yapılan laboratuvar ve sera çalışmaları, *R. communis* ekstraktlarının toprak kaynaklı fungal hastalıkların yönetiminde biyolojik mücadele ajanı olarak kullanıma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur (Raj ve ark., 2022).

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Günümüzde, bitki bazlı biyopestisitlerin önemi giderek artmakta olup, bu durum özellikle sentetik fungisitlere karşı gelişen patojen direnci, çevresel toksisite ve toprak mikrobiyotasına olumsuz etkileri ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, yeni antifungal ve antibakteriyel bileşiklerin keşfi, bitkisel kaynakların tarımsal hastalıkların biyolojik kontrolündeki potansiyelini

artırmaktadır. Birçok araştırmacı, çoğu bitki ekstraktının antifungal özellikler taşıdığını doğrulamıştır. (Kordali ve ark., 2013; Umarusman ve ark., 2019).

R. communis bitkilerinin biyolojik aktiviteleri üzerine çok sayıda çalışma yürütülmüş ve yayınlanmıştır. Bu aktiviteler hem ham ekstraktın hem de gelecekte bitki bazlı fungusitlerin geliştirilmesi için büyük ilgi görebilecek fitokimyasal bileşiklerinden kaynaklanmaktadır (Kumar, 2017).

Bu çalışmada yapılan incelemede *R. communis*'in özellikleri arasında antimikrobiyal özellikleri yer almaktadır. *R. communis* ekstraktlarının patojenlerin gelişmesini en az %50 oranında engellediği gözlenmiştir. Bu bulgunun umut verici bir sonuç olduğu görülmektedir. Kullanılan bitki ekstraktlarının dozuna bağlı olarak antifungal aktivitede farklılıklar gözlenmiştir. Bu bitkilerin fungitoksik kimyasallar kaynağı olarak rolü ve bu bileşiklerin farklı bitki patojenlerini kontrol etmedeki önemi, literatürde kapsamlı şekilde ele alınmıştır (Ghosh ve Biswas, 2018).

Bitki hastalıklarını kontrol altına almak için sentetik ürünlerin geliştirilmesi, etkinlik, seçicilik, toksikoloji ve çevresel etkilerle ilgili sıkı gereklilikler nedeniyle giderek daha zor hale gelmiştir. Bu nedenle, bitki metabolitlerinin bitki patojenleri üzerindeki etkisi de dahil olmak üzere alternatif kontrol mekanizmalarının değerlendirilmesine yönelik ilgi artmaktadır.

Birçok çalışma, bitki ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu ve bu doğal bileşiklerin fitotoksik olmayan, sistemik ve kolay biyolojik olarak parçalanabilen alternatif pestisitler olarak potansiyel taşıdığını göstermektedir. Bu nedenle, çevreyi kirletmeden bazı bitki hastalıklarını kontrol altına alabilecek biyolojik mücadele sistemlerinin geliştirilmesine yönelik ilk adım olarak doğal fungusitlerin belirlenmesi bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu durum, tıbbi bitkilerin antifungal aktivite açısından değerlendirilmesinin önemini vurgulamakta ve doğal habitatlarının kaybolmadan önce incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

5. KAYNAKLAR

Abdulridha, E.M., Al-tememe Z.M.A., Ismail W.M. (2020). Impact of extracts for garlic, eucalyptus and castor in inhibiting growth of *Rhizoctonia solani* kuhn caused root rot disease of tomatoes and diagnosed of isolate with PCR technique. Eurasia J Biosci 14: 5261-5265.

Abe, R., Ohtani, K. (2013). An ethnobotanical study of medicinal plants and traditional therapies on Batan Island, the Philippines J. Ethnopharmacol. 145, 554-565.

Agoramoorthy, G., Chandrasekaran, M., Venkatesalu, V., Hsu, J. (2007). Antibacterial and antifungal activities of fatty acid methyl esters of the blind-your-eye mangrove from India. Brazil J Microbiol, 38:739-742.

Ahmed, S.A., A. Nagadi, S., Abo-Elyousr, K.A.M. *et al.* (2024). Mitigating helminthosporium leaf spot disease in sesame: evaluating the efficacy of castor essential oil and sodium bicarbonate on disease management and crop yield enhancement. *J Plant Pathol*, 106, 683–694. <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01612-4>.

Ajayi-Oyetunde, O.O. and Bradley, C.A. (2018), *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant Pathol*, 67: 3-17. <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>.

Akber, M. A., & Fang, X. (2024). Research Progress on Diseases Caused by the Soil-Borne Fungal Pathogen *Rhizoctonia solani* in Alfalfa. *Agronomy*, 14(7), 1483. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071483>.

Anjani, K. 2012. Castor genetic resources: a primary gene pool for exploitation. *Ind Crops Prod*. 35:1–14.

Arekemase, M.O., Adam, M., Laba, S.A., Taiwo, O., Ahmed, T., Orogu, J.O., Abioye, J.O.K. (2019). Antimicrobial pattern of *Ricinus communis* crude extracts on bacteria isolated from *Musa Parasidica*. *Sci World J*, 14(4):17–22.

Aydın, M. H. (2022). *Rhizoctonia solani* and Its Biological Control. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 118-135. <https://doi.org/10.19159/tutad.1004550>.

Baskey, S., Khalko, S., Hembram, S., Sharma, B.R., & Ali, S. (2020). Survey for the Incidence of Stem Rot of Groundnut in North Bengal Districts of West Bengal, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9, 328-333.

Buruk, K. Sokmen, A., Aydın, F. and Erturk M. (2006). Antimicrobial activity of some endemic plants growing in the Eastern Black Sea Region, Turkey. *Fitoterapia*, 77;5: 388-391.

Chan-Cupul, W., Manzo-Sánchez, G., Sánchez-Rangel, J. C., & Buenrostro-Nava, M. T. (2024). Actividad antifúngica *in vitro* de *Ricinus communis* y *Cyperus rotundus* sobre cepas de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Scientia Fungorum*, 54, e1438. <https://doi.org/10.33885/sf.2023.54.1438>.

Coleman, J.J. (2016). The *Fusarium solani* species complex: ubiquitous pathogens of agricultural importance. *Mol Plant Pathol*. 17(2):146-58. doi: 10.1111/mpp.12289.

Dawood, K. M., Shabana, Y. M., Fayzalla, E. A. and El-Sherbiny E. A. (2003). Search for antifungal compounds of plant origins for biological control of plant diseases: (B) From methanolic plant extracts. J. Agric. Sci. Mans. Vol. 28 (7): 5335- 5349.

Derbyshire, M.C., Denton-Giles, M. (2016). The control of sclerotinia stem rot on oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities. Plant Pathol 65:859–877.

Desbois, A.P., Smith, V.J. (2010). Antibacterial free fatty acids: activities, mechanisms of action and biotechnological potential. Appl Microbiol Biotechnol 85:1629–1642. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2355-3>.

Díaz, G. M., Pérez, O. García, M.T. (2022). Pretel Capacidad antifúngica *in vitro* de extractos de cuatro plantas invasoras: *Acacia saligna*, *Lantana camara*, *Nicotiana glauca* y *Ricinus communis*. Actas del III Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria, pp. 132.

El-Benawy, N.M., Abdel-Fattah, G.M., Ghoneem, K.M., Shabana, Y.M. (2020). Antimicrobial activities of *Trichoderma atroviride* against common bean seed-borne *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani*. Egypt. J. Basic Appl. 7, 267–280.

Farhaoui, A., Tahiri, A., Khadiri, M., El Alami, N., Lahlali, R. (2024). Assessing management strategies for mitigating *Rhizoctonia* damping-off in sugar beet cultivation, The Microbe, 5, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2024.100164>.

Gahukar, R.T., Mital, S. (2017). Castor oil. In: Nollet Leo L, Rathore RS, editors, Green pesticides handbook: essential oils for pest control. Boca Raton, FL: CRC Press, pp 333–385.

Ghosh, T. & Biswas, M.K. (2018). Evaluation of Antibacterial and Antifungal Activity of Cow Urine against Some Seed Borne Microflora. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7, 1714-1727.

Giordani, C., Simonetti, G., Natsagdorj, D., Choijams, G., Ghirga, F., Calcaterra, A., & Pasqua, G. (2020). Antifungal activity of Mongolian medicinal plant extracts. Natural Product Research, 34(4), 449–455. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1610960>.

Hamad, Y. K., Abobakr, Y., Salem, M. Z., Ali, H. M., Al-Sarar, A. S., & Al-Zabib, A. A. (2019). Activity of plant extracts/essential oils against three plant pathogenic fungi and mosquito larvae: GC/MS analysis of bioactive compounds. Bioresources, 14(2), 4489–4511. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.4489-4511>.

Hernández-Albíter, R.C., Barrera-Necha, L.L., Bautista-Baños, S., Bra vo-Luna, L. (2007). Antifungal potential of crude plant extracts on conidial germination of two isolates of

Colletotrichum gloeos porioides (Penz.) Penz. and Sacc. Revista Mexicana de Fito patología 25, 180-185.

Junior, C.L.S., Freire, M.G.M., Moreira, A.S.N., Macedo, M.L.R. (2012). Control of papaya fruits anthracnose by essential oil of *Ricinus communis*. Braz Arch Biol Technol 55(1):75–80. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000100009>.

Kankam, F., Larbi-Koranteng, S., & Adomako, J. (2021). *Rhizoctonia* Disease of Potato: Epidemiology, Toxin Types and Management. Egyptian Journal of Phytopathology, 49(1), 197-209. doi: 10.21608/ejp.2021.72057.1028.

Koçak, R., Boyraz, N. (2021). The Incidence Rate of White Rot (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) Disease in Sunflower Cultivation Areas in Konya and Aksaray Provinces and its Pathogenic Potential. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 35 (2) 101–107.

Kollipara, S. K. (2006). Effect of Plant Extracts on *Sclerotium rolfsii*, the Incitant of Stem rot of Groundnut. J. Mycol. Pl. Pathol. 36(1).

Kordali, S., A. Usanmaz, A. Cakir, A. Cavusoglu. and S. Ercisli. (2013). *In Vitro* antifungal effect of essential oils from *Nepeta meyeri* Benth. Egypt. J. Biol. Pest. Control 23(2): 209–213.

Kumar, M. (2017). A review on phytochemical constituents and pharmacological activities of *Ricinus communis* L. Plant. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research 9 (4).

Liu, W., Yin, D., Li, N., Hou, X., Wang, D., Li, D., & Liu, J. (2016). Influence of environmental factors on the active substance production and antioxidant activity in *Potentilla fruticosa* L. and its quality assessment. Scientific Reports, 6, 28591.

Luque, Y., Escalante, H., Sanabria, M., Rodríguez, D., Valera, R. (2014). Extractos acuosos de corocillo (*Cyperus rotundus* L.) en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Revista de la Facultad de Agronomía 1, 456-467.

Mahmood, R., Naseer M., Shahid, A. Anam Usmani A. and Anser A. (2014). Screening of indigenous weed extracts against *Fusarium solani* with an emphasis to soil fertility-related microbial activities. Journal of Food, Agriculture & Environment. 12 (2): 958-962.

Mathur, A., Verma, S. K., Yousuf, S., Singh, S. K., Prasad, G. B. K. S. and Dua, V. K. (2011). Antimicrobial potential of roots of *Ricinus communis* against pathogenic microorganisms. International Journal of Pharma and Bio Sciences 2(1): 545–547.

Mudiyansele, M., Dah, V., Ranasinghe, C. (2019). Antifungal potential of some plant extracts against *Colletotrichum gloeosporioides* causal organism of papaya anthracnose disease. Asian Journal of Biological Science 12, 589-595. <https://doi.org/10.3923/ajbs.2019.589.595>.

Naz, R. and A. Bano. (2012). Antimicrobial potential of *Ricinus communis* leaf extracts in different solvents against pathogenic bacterial and fungal strains. Asian Pac. J. Trop. Biomed. 2(12):944-947.

Ndion, E. M. (2024). Compatibility of integrated management (chemical x biological, and botanical x biological) strategies deployed against *Athelia rolfsii*, causing *Sclerotium* rots. Bulgarian Journal of Crop Science, 61(3), 109–115. <https://doi.org/10.61308/mmco3405>.

Noble, R., Coventry E. (2005). Suppression of soil-borne plant diseases with composts, a review. Biocontrol Sci. Technol. 15, 3-20.

Obisesan, I.A., Tubi, E.O., Eyinade, O.O., Adeniran, O.M. (2022) Antifungal activities of black seed, castor and lemon oils against pathogenic plant fungi. Trop J Nat Prod Res 6(12):2051–2056. <https://www.tjnpr.org/index.php/home/article/view/1415>.

Ogunniyi, D.S. (2006). Castor oil: a vital industrial raw material. Bioresour. Technol. 97, 1086–1091. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.03.028>.

Onaran, A. (2016). *In Vitro* antifungal activities of some plant extracts against plant pathogenic fungi in Turkey. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 26(1), 111.

Pandi, V. K., Gopalakrishna, C. and Janahiraman, V. (2017). Cultural and morphological variability in *Sclerotium rolfsii* causing Stem rot disease. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(6): 3090-3097.

Paulo, R., Ribeiro Renato, D., de Castro, Luzima, G., Fernandez, (2016). Chemical constituents of the oilseed crop *Ricinus communis* and their pharmacological activities: A review, Industrial Crops and Products, 91, 358-376, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.010>.

Raj, R., Mathew, J., Kannath, S. K., and Rajan, J. (2022). Crossover based technique for data augmentation. Comput. Methods Programs Biomedicine. 218, 106716. doi: 10.1016/j.cmpb.2022.106716.

Rashid, S., Ahmad, M., Zafar, M., Sultana, S., Ayub, M., Khan, M.A., Yaseen G. (2015). Ethnobotanical survey of medicinally important shrubs and trees of Himalayan region of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan J. Ethnopharmacol., 166, 340-351.

Salman, Ö, Boyraz, N. (2023). Determination of disease severity of *Rhizoctonia solani* Kühn (Telemorph: *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) isolates from bean, sugar beet and potato planting areas in Konya. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(1), 119-132. <https://doi.org/10.15316/SJA.FS.2023.013>.

Sharma, M. and Ghosh R. (2017). Heat and soil moisture stress differentially impact Chickpea plant infection with fungal pathogens in Plant Tolerance to Individual and concurrent stresses (New Delhi: Springer press). 47-57.

Singh, A., Maurya, S., Singh, R., Singh, U. (2011). Antifungal efficacy of some ethyl acetate extract fractions of *Cyperus rotundus* rhizomes against spore germination of some fungi. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 44, 1-8. <https://doi.org/10.1080/03235408.2011.559040>.

Timila, R. D., & Manandhar, S. (2018). *In vitro* Bio-Assay of Some Botanicals Against Some Important Soil-Borne Fungi. *Journal of the Plant Protection Society*, 5, 87-95.

Toghueo, K.R.M., Eke, P., Zabalgogezcoa, Í., De Aldana, R.V.B., Nana, W.L., Boyom, F.F. (2016). Biocontrol and growth enhancement potential of two endophytic *Trichoderma* spp. from *Terminalia catappa* against the causative agent of Common Bean Root Rot (*Fusarium solani*). *Biol. Control*, 96, pp. 8-20.

Umarusman, M. A., Aysan, Y., & Özgüven, M. (2019). Farklı Bitki Ekstraktlarının Bezelye Bakteriyel Yaprak Yanıklığına (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) Antibakteriyel Etkilerinin Araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3), 297-314. <https://doi.org/10.33462/jotaf.527213>.

Vandita, P., Amin, N., Khyati, P., Monisha, K. (2013). Effect of phytochemical constituents of *Ricinus communis*, *Pterocarpus santalinus*, *Terminalia belerica* on antibacterial, antifungal and cytotoxic activity. *Int J Toxicol Pharmacol Res.* 5(2):47–54.

Vaniya, R.G., Singh, P. and Deshmukh, A.J. (2022). Variability among the different isolates of *Sclerotium rolfsii* Sacc. causing stem rot of Indian Bean. *Biol Forum.*, 14(2), 757-765.

Wallon, T., Sauvageau, A., Heyden, H.V. (2020). Detection and Quantification of *Rhizoctonia solani* and *Rhizoctonia solani* AG1-IB Causing the Bottom Rot of Lettuce in Tissues and Soils by Multiplex qPCR. *Plants (Basel)*. 29;10(1):57. doi: 10.3390/plants10010057.

Yusuf, A.K., Mamza, P.A.P., Ahmed, A.S. and Agunwa, U. (2015). Extraction and characterization of castor seed oil from wild *Ricinus communis* L. International Journal of Science, Environment and Technology, 4(5) 1392- 1404.

MEDICINES USED IN IRREGULAR HEART RHYTHMS IN CATS AND DOGS

PhD Student Bülent Burak DOĞAN¹, Prof. Dr. Ali BİLGİLİ²

¹Ankara University Institute of Health Sciences, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Turkey, burakdogan.bd55@gmail.com, ORCID ID:

<https://orcid.org/0009-0006-8782-2702>

²Ankara University Veterinary Faculty, Department of Pharmacology and Toxicology, Ankara, Turkey, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-7952>

Cardiac arrhythmias are caused by abnormalities in impulse generation or conduction, or both. Arrhythmias are classified according to their origin, rate and pattern. They are generally classified as supraventricular and ventricular arrhythmias according to their origin. Cardiac arrhythmias are characterised by disturbances in impulse generation, disturbances in impulse conduction or both. Determination of arrhythmias has an important place in cardiovascular system diseases that can cause significant consequences in cats and dogs with high morbidity and mortality. Arrhythmia may be due to cardiac or non-cardiac causes. Causes of arrhythmias of cardiac origin include congenital or inherited diseases of the heart, cardiomyopathy, congestive heart failure, ischaemia, trauma, neoplasia, pericardial effusions or heart diseases. Non-cardiac arrhythmia causes include respiratory problems (respiratory arrest, pulmonary oedema, pneumonia, brachycephalic airway disease, pulmonary shunt, etc.), hypoxic condition (anaemia, hypervolemia, shock), neurological disorders (cerebral lesions, spinal cord lesions, increased intracranial pressure, vagosympathetic disorders), hypoxic state (anaemia, hypervolemia, shock), neurological disorders (cerebral lesions, spinal cord lesions, increased intracranial pressure, vagosympathetic disorders), gastrointestinal system diseases (acute gastric dilatation, pancreatitis, peritonitis, volvulus), endocrine abnormalities (hypothyroidism, hyperthyroidism, diabetes mellitus, hypoadrenocorticism, hyperadrenocorticism, hypocalcaemia, hypercalcaemia), urogenital diseases (renal failure, pyometra, acute prostatitis) and blood and lymphatic abnormalities (anaemia, lymphosarcoma, haemangiosarcoma). Arrhythmias also occur during sedation, anaesthesia, administration of sympathomimetic,

sympatholytic, parasympathomimetic or parasympatholytic drugs, electrolyte replacement, cancer treatment, pain, hypothermia, hyperthermia, exercise or excitement/fear. Within the scope of this study, the definition of arrhythmias, aetiology, prevalence, clinical findings, diagnosis, clinical reports and drugs used in the treatment of arrhythmias were comprehensively discussed. Scientific sources of recent years were extensively analysed and information was given about the most commonly used drugs and drug combinations and treatment options.

Keywords: Cat, dog, heart, arrhythmia, treatment

KEDİ VE KÖPEKLERDE KALP RİTMİNİN DÜZENSİZLİKLERİNDE KULLANILAN İLAÇLAR

Doktora Öğrencisi Bülent Burak DOĞAN¹, Prof. Dr. Ali BİLGİLİ²

¹Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji Ana Bilim Dalı,
Ankara, Türkiye, burakdogan.bd55@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-8782-2702>

²Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Ana Bilim Dalı, Ankara,
Türkiye, abilgili61@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-7952>

ÖZET

Kardiyak aritmiler impuls oluşumundaki veya iletimindeki ya da her ikisindeki anormalliklerden kaynaklanır. Aritmiler orijinlerine, hızlarına ve düzenlerine göre sınıflandırılır. Genel olarak orijinlerine göre supraventriküler ve ventriküler aritmiler olarak sınıflandırılır. Kalp aritmileri impuls oluşumundaki bozukluklar, impuls iletimindeki bozukluklar ve her ikisinin birlikte olduğu bozukluklar şeklindedir. Yüksek morbidite ve mortaliteye sahip kedi ve köpekte önemli sonuçlara neden olabilen kardiyovasküler sistem hastalıklarında aritmilerin belirlenmesi önemli bir yere sahiptir. Aritmi kalbe bağlı veya kalbe bağlı olmayan nedenler şeklinde olabilir. Kalp kaynaklı aritmilerin nedenleri arasında kalbin doğuştan veya kalıtsal hastalıkları, kardiyomiyopati, konjestif kalp yetmezliği, iskemi, travma, neoplazi, perikardiyal efüzyonlar veya kalp hastalıkları yer alır. Kalbe bağlı olmayan aritmi nedenleri arasında solunum sorunları (solunum durması, pulmoner ödem, pnömoni, brakisefalik solunum yolu hastalığı, pulmoner şant vb.), hipoksik durum (anemi, hipervolemi, şok), nörolojik bozukluklar (serebral lezyonlar, omurilik lezyonları, kafa içi basınç artışı, vagosempatik bozukluklar), gastrointestinal sistem hastalıkları (akut gastrik dilatasyon, pankreatit, peritonit, volvulus), endokrin anormallikler (hipotiroidizm, hipertiroidizm, diabetes mellitus, hipoadrenokortisizm, hiperadrenokortisizm, hipokalsemi, hiperkalsemi), ürogenital hastalıklar (böbrek yetmezliği, pyometra, akut prostatitis) ve kan ve lenfatik anormallikler (anemi, lenfosarkom, hemanjiosarkom) sayılabilir. Aritmiler ayrıca sedasyon, anestezi,

sempatomimetik, sempatolitik, parasempatometik veya parasempatolitik ilaçların uygulanması, elektrolit sağaltımı, kanser sağaltımı, ağrı, hipotermi, hipertermi, egzersiz veya heyecan/korku sırasında da görülür. Bu çalışma kapsamında aritmilerin tanımı, etiyoloji, prevalans, klinik bulgular, tanı, klinik bildirimler ve aritmilerin sağaltımında kullanılan ilaçlar kapsamlı şekilde ele alındı. Son yıllara ait bilimsel kaynaklar geniş şekilde irdelenerek sağaltımda en çok kullanılan ilaçlar ve ilaç kombinasyonlarına yönelik olarak sağaltım seçenekleri hakkında geniş şekilde bilgiler verildi.

Anahtar sözcükler: Kedi, köpek, kalp, aritmi, sağaltım

MEDICINES USED IN IRREGULAR HEART RHYTHMS IN CATS AND DOGS

ABSTRACT

Cardiac arrhythmias are caused by abnormalities in impulse generation or conduction, or both. Arrhythmias are classified according to their origin, rate and pattern. They are generally classified as supraventricular and ventricular arrhythmias according to their origin. Cardiac arrhythmias are characterised by disturbances in impulse generation, disturbances in impulse conduction or both. Determination of arrhythmias has an important place in cardiovascular system diseases that can cause significant consequences in cats and dogs with high morbidity and mortality. Arrhythmia may be due to cardiac or non-cardiac causes. Causes of arrhythmias of cardiac origin include congenital or inherited diseases of the heart, cardiomyopathy, congestive heart failure, ischaemia, trauma, neoplasia, pericardial effusions or heart diseases. Non-cardiac arrhythmia causes include respiratory problems (respiratory arrest, pulmonary oedema, pneumonia, brachycephalic airway disease, pulmonary shunt, etc.), hypoxic condition (anaemia, hypervolemia, shock), neurological disorders (cerebral lesions, spinal cord lesions, increased intracranial pressure, vagosympathetic disorders), hypoxic state (anaemia, hypervolemia, shock), neurological disorders (cerebral lesions, spinal cord lesions, increased intracranial pressure, vagosympathetic disorders), gastrointestinal system diseases (acute gastric dilatation, pancreatitis, peritonitis, volvulus), endocrine abnormalities (hypothyroidism, hyperthyroidism, diabetes mellitus, hypoadrenocorticism, hyperadrenocorticism, hypocalcaemia, hypercalcaemia), urogenital diseases (renal failure, pyometra, acute prostatitis)

and blood and lymphatic abnormalities (anaemia, lymphosarcoma, haemangiosarcoma). Arrhythmias also occur during sedation, anaesthesia, administration of sympathomimetic, sympatholytic, parasympathomimetic or parasympatholytic drugs, electrolyte replacement, cancer treatment, pain, hypothermia, hyperthermia, exercise or excitement/fear. Within the scope of this study, the definition of arrhythmias, aetiology, prevalence, clinical findings, diagnosis, clinical reports and drugs used in the treatment of arrhythmias were comprehensively discussed. Scientific sources of recent years were extensively analysed and information was given about the most commonly used drugs and drug combinations and treatment options.

Keywords: Cat, dog, heart, arrhythmia, treatment

Giriş

Kalbin normal ileti sistemi sinoatriyal (SA) düğümde bulunan pacemaker hücreler vasıtasıyla çalışır. Buradaki hücrelerin kendiliğinden uyarılabilme özelliği bulunur. Bu özelliğe otomatisite denir. Bu şekilde elektriksel aktivasyon oluşur ve üretilen impulslarla kendiliğinden uyarılması sağlanır. Sinoatriyal düğümde çıkan impuls, diğer adıyla uyarı, önce sağ kulakçık ardından sol kulakçık, sonrasında ise atriyoventriküler (AV) düğüm veya diğer adıyla atriyoventriküler kavşak aracılığıyla ventriküllere ardından his demetleri ve Purkinje lifleri aracılığıyla kalbin miyokart katmanına yayılır. Sinoatriyal düğümde çıkan internodal iletim yolları uyarıyı atriyoventriküler kavşağa getirir. Atriyoventriküler kavşak bu bölgede iletimin sağlandığı tek yerdir. Çünkü atriyoventriküler bölgedeki miyokart, fibröz dokuyla birbirinden ayrılmıştır, bahsi geçen bu ayrılma durumu ise elektriksel olarak aktivasyonu önler. Atriyoventriküler kavşak ise sonrasında his demetleri olarak devam ederek sağ ve sol iki kola ayrılır, uyarının derinlere gitmesini ise purkinje lifleri sağlar (Ware ve Bonagura, 2022; Oliveira, 2018).

Sinoatriyal düğüm sağlıklı durumda kalbin kendi otomatisitesini sağlayan yani kendi kendine uyarılabilen pacemaker hücreleri içerir ama bu pacemaker hücrelerin oluşturduğu impulsları SA düğümde bir bozukluk veya aksama olduğunda oluşturabilecek diğer yapılar da vardır. Bu yapılar ileti sisteminin daha alt kısımlarında bulunan AV düğüm, his demetleri ve Purkinje liflerinde bulunan pacemaker hücrelerdir (Reece ve ark., 2015).

Kedi ve Köpeklerde Ritim Bozuklukları

Kalpde SA düğüm dışında üretilen impulslara ektopik impulslar denir. Ektopik impulslar kökenini atriyumlar, kavşaklar veya ventriküllerden alabilir ve buna göre atriyal ektopik ritim, kavşak ektopik ritim, supraventriküler veya ventriküler ektopik ritim şeklinde isimlendirilir. Ektopik impulslar normal sinüs ritminden önce şekillenirse prematüre kompleks, normal sinüs ritminden sonra şekillenirse kaçış ritmi olarak isimlendirilir (Varshney, 2020).

Aritmilerin farklı şekilde sınıflandırıldıkları görülür (Tilley ve Smith, 2016; Varshney, 2020).

- 1) Orijinlerine göre; Supraventriküler ve Ventriküler aritmi
 - a. Supraventriküler aritmi: Aritmiler atriyum ve AV düğümünden köken alır.
 - b. Ventriküler aritmi: Ventriküllerden köken alan aritmilerdir.
- 2) Hızlarına göre (ritim bozukluğu varsa): Taşıaritmi ve bradiaritmi
 - a. Taşıaritmi: Hızın normal kalp hızından yüksek olduğu aritmilere denir.
 - b. Bradiaritmi: Hızın normal kalp hızından düşük olduğu aritmilere denir.
- 3) Hızlarına göre (ritim bozukluğu yoksa): Taşikardi ve Bradikardi
 - a. Taşikardi: Ritim bozukluğu olmadan hızın normalden yüksek olmasıdır.
 - b. Bradikardi: Ritim bozukluğu olmadan hızın normalden düşük olmasıdır.
- 4) Regularitelerine göre: Düzenli ve Düzensiz
 - a. Düzenli: Taşikardi, bradikardi düzenli bir ritimdir.
 - b. Düzensiz: Fibrilasyon düzensiz ve kaotik bir ritimdir.

Genel olarak aritmiler orijinlerine göre sınıflandırılır, diğer bir ifadeyle, supraventriküler aritmiler ve ventriküler aritmiler olarak iki gruba ayrılır. Supraventriküler aritmilerde uyarı odağı ventriküllerin ve SA düğümünün dışından kaynaklanır. Bu tip aritmiler atriyal prematüre kompleks, kavşak prematüre kompleks, atriyal fibrilasyon, atriyal flutter, kavşak (*junctional*) taşikardi şeklindedir. Ventriküler aritmilerde ise uyarı odağı ventriküllerde bulunan his demetleri ve Purkinje lifleridir. Bu tip aritmiler arasında ventriküler prematüre (erken) kompleks (VPC), ventriküler taşikardi, ventriküler fibrilasyon ve ventriküler flutter yer alır. Ventriküler aritmiler hipotansiyon ve kalp dokusunda yıkıma sebep olabilme özelliğine ek olarak ölümcül ventriküler fibrilasyona sebep olabilir (Daniel ve ark., 2023; Varshney, 2020).

Aritmi kendi başına bir klinik belirti olduğundan bu bölümde aritminin görüldüğü veya görülebileceği hastalıklarda oluşan klinik belirtiler de ele alınacaktır. Ancak genel bir bakışla aritminin klinik belirtileri büyük köpek ırklarında normal kalbin yapısında herhangi bir

bozukluk olmadan tesadüfi bir bulgu olarak ortaya çıkabilir. Bir hastalık mevcut ise aritmi belirtileri kendini letarji, zayıflık, egzersiz intoleransı, anoreksiya, taşipne, dispne ve öksürük şeklinde gösterebilir (Pedro ve ark., 2020b).

Aritmilerin teşhisinde ise elektrokardiyografi (EKG) yöntemi kullanılır. EKG yöntemi non-invaziv ve göreceli olarak pahalı olmayıp aritmiyi tespit etmesi dışında elektrolit dengesizliği ve ilaç toksisitesi gibi durumlarda bir indikatör olarak görev yapar (Thakuria ve ark., 2018; Varshney, 2020).

Aritmilerin tedavisinde ise antiaritmik ilaçlar kullanılır. Bu ilaçların kullanım amacı klinik belirtilerde olumlu gelişme kaydetme ve yaşam süresini uzatma amaçlıdır. Bu ilaçlar 1970 yılındaki Vaughan Williams sınıflandırmasına göre; sınıf 1, sınıf 2, sınıf 3 ve sınıf 4 şeklinde sırasıyla sınıflandırılır (Varshney, 2020; Freitas da Silva, 2018).

Sınıf 1 ilaçlar miyokardiyal hücre membranındaki sodyum kanallarını etkiler. Bu sınıftaki ilaçlar depolarizasyon hızını azaltarak iletim hızını yavaşlatır. Sınıf 1 ilaçlar kendi içinde üç gruba ayrılır, bunlar sırasıyla; sınıf 1 A, sınıf 1 B, sınıf 1 C şeklindedir. Sınıf 1 A grubu ilaçlar normal ve anormal kardiyak dokuda iletimi yavaşlatır ve repolarizasyonu uzatır. Veteriner hekimlikte bu grupta kullanılan ilaçlara kinidin ve prokainamid bazı örneklerdir. Sınıf 1 B ilaçların iletim hızı ve refrakter periyoda etkisi anormal dokuda normal dokuya göre daha fazla olup, ek olarak, bu grup etkisini en iyi Purkinje liflerinde gösterir. Lidokain ve meksiletin bu grupta kullanılan örnekler arasındadır. Sınıf 1 C bu grup seyrek olarak kullanılır, flekainid ve enkainid bu gruba aittir. Sınıf 2 grup ilaçlar ise beta adrenerjik reseptör blokörü ilaçları içerir, yani bu grupta atenolol, propranolol ve sotalol gibi ilaçlar yer alır. Sınıf 3 grup ilaçlar, aksiyon potansiyelini artırır ve refrakterliği uzatır. Amiodaron ve sotalol bu grupta yer alır. Sınıf 4 grubundaki ilaçlar ise kalsiyum kanal blokeridir. Bu grupta Diltiazem yer alır (Meurs ve Riviere, 2018).

Kaynaklar

- Daniel, A. K., David, V. P., Sindhu, O. K., & Madhavan Unny, N. (2023). Successful management of ventricular premature contractions in a dog with combination therapy of mexiletine and sotalol. *Indian Journal of Animal Health*, 62(1), 222-223. <https://doi.org/10.36062/ijah.2023.17022>
- Freitas da Silva, J.F. (2018). Chapter 17. Anti-arrhythmic drugs. In: Willis, R., Oliveira, P., & Mavropoulou, A. (eds.), *Guide to Canine and Feline Electrocardiography*, John Wiley & Sons, Inc., USA, p. 241-254.
- Meurs, K.M., Riviere, J.E. (2018). Chapter 22. Antiarrhythmic agents. In: Riviere, J. E., & Papich, M. G. (eds), *Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, Tenth Edition, John Wiley & Sons, p. 537-551.
- Oliveira, P. (2018). Chapter 1. Anatomy of the Conduction System In: Willis, R., Oliveira, P., & Mavropoulou, A. (eds.), *Guide to Canine and Feline Electrocardiography*, John Wiley & Sons, Inc., USA, p. 1-8.
- Pedro, B., Fontes-Sousa, A. P., & Gelzer, A. R. (2020b). Diagnosis and management of canine atrial fibrillation. *The Veterinary Journal*, 265, 105549. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105549>
- Reece, W. O., Erickson, H. H., Goff, J. P., & Uemura, E. E. (2015). *Dukes' Physiology of Domestic Animals*. John Wiley & Sons.
- Thakuria, P., Kalita, D., Phukan, A., Changkija, B., Dutta, D., Das, B., Baishya, B., Nath, R., Kalita, D., & Das, A. (2018). Serum biochemical changes in arrhythmia in dogs. *IJCS*, 6(3), 3116-3118.
- Tilley, L.P., Smith, F.W.K. (2016). Chapter 3. Electrocardiography. In: Smith, F.K.S., Tilley, L.P., Oyama, M.A., Sleeper, M.M. (2016) (eds.), *Manual of Canine and Feline Cardiology*, Fifth Edition, Elsevier, China, p. 49-76.
- Ware, W. A., & Bonagura, J. D. (2022). *Cardiovascular Disease in Companion Animals: dog, cat and horse*, 2nd edition, London, New York, CRC Press.

Varshney, J. (2020). Cardiac Arrhythmias. *Electrocardiography in Veterinary Medicine*, Springer 101-136.

HARNESSING THE POWER OF GARLIC AND TURMERIC: AN ORGANIC SOLUTION FOR CONTROLLING TOMATO PESTS AND IMPROVING YIELD

Carlos Silva, João Pereira, Mariana Santos
Federal University of Minas Gerais

Abstract:

Tomato (*Solanum lycopersicum*) is one of the most widely cultivated vegetables worldwide, yet it remains highly susceptible to a variety of insect pests and fungal diseases that significantly reduce crop yield and quality. The excessive use of synthetic pesticides poses environmental and health risks, leading researchers to seek sustainable, organic alternatives. This study evaluates the pesticidal efficacy of garlic (*Allium sativum*) and turmeric (*Curcuma longa*) extracts on common tomato pests such as aphids (*Aphis gossypii*), whiteflies (*Bemisia tabaci*), and tomato fruitworms (*Helicoverpa armigera*), as well as their impact on overall yield improvement. Field experiments were conducted over a period of three growing seasons in Minas Gerais, Brazil. Garlic and turmeric extracts were applied as foliar sprays at different concentrations, and pest populations were monitored weekly. The study also measured tomato plant height, fruit weight, and overall yield.

The results demonstrated a significant reduction in pest population in plots treated with garlic-turmeric combinations compared to the untreated control. Additionally, treated plants showed increased resistance to fungal infections and a substantial rise in fruit yield, with some treatments yielding up to 25% more than controls. Phytochemical analysis confirmed the presence of bioactive compounds such as allicin and curcumin, which exhibit strong insecticidal and antimicrobial properties. This research supports the adoption of garlic and turmeric-based bioformulations as a viable, eco-friendly strategy for integrated pest management (IPM) in tomato cultivation.

Keywords:

Garlic extract, Turmeric, Organic pesticide, Tomato pests, Yield improvement, Sustainable agriculture

EXPLORING THE EFFICACY OF BANANA PEELS AS A BIOSORBENT FOR MANGANESE REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Dr. Ahmed Hussein, Sara Ali, Mohammad Farooq

Cairo University

Abstract:

The increasing levels of heavy metals such as manganese (Mn) in industrial effluents have raised serious environmental and public health concerns. Conventional methods for removing such contaminants are often costly, inefficient, and produce secondary pollutants. In search of a sustainable and economical alternative, this study investigates the use of banana peels—an abundant agricultural waste product—as a low-cost biosorbent for manganese removal from aqueous solutions. Banana peels are rich in lignocellulosic materials, which possess various functional groups capable of binding heavy metal ions.

Batch experiments were conducted to determine the effects of pH, contact time, biosorbent dosage, and initial manganese concentration on the adsorption process. Characterization of the biosorbent was carried out using FTIR, SEM, and BET surface area analysis to identify active binding sites and morphological features. Results revealed that optimal manganese removal occurred at pH 6, with a contact time of 60 minutes and a biosorbent dose of 2 g/L. Under these conditions, banana peels achieved a removal efficiency of up to 91.2%.

The adsorption data fitted well with the Langmuir isotherm model, suggesting monolayer adsorption, and followed pseudo-second-order kinetics, indicating chemical sorption. Desorption studies showed that the biosorbent could be reused for at least three cycles with minimal loss of efficiency. These findings suggest that banana peels, a commonly discarded biomass, can serve as an eco-friendly and effective biosorbent for manganese removal in water treatment applications, particularly in developing countries.

Keywords:

Banana peels, Manganese removal, Biosorption, Agricultural waste, Water purification, Heavy metals

INVESTIGATING THE BROAD-SPECTRUM ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF *EUCALYPTUS CAMENDULENSIS* ESSENTIAL OIL AGAINST SELECTED BACTERIA AND FUNGI

Dr. Julia Vargas, Marta Delgado, Juan Gonzalez

University of Buenos Aires

Abstract:

The global rise in antimicrobial resistance has intensified the search for novel bioactive compounds derived from natural sources. Essential oils (EOs), particularly those extracted from medicinal plants, have demonstrated significant antimicrobial potential. This study investigates the broad-spectrum antimicrobial properties of essential oil derived from *Eucalyptus camendulensis* against a panel of Gram-positive and Gram-negative bacteria as well as pathogenic fungi. The aim was to evaluate the potential of this essential oil as an alternative or complementary antimicrobial agent for use in pharmaceutical, agricultural, and food preservation industries.

The essential oil was extracted from the leaves of *Eucalyptus camendulensis* via steam distillation and chemically characterized using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). The major constituents identified were 1,8-cineole, α -pinene, and limonene, which are known for their potent antimicrobial properties. The antimicrobial activity was assessed using the agar well diffusion method and minimum inhibitory concentration (MIC) determination against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, and *Aspergillus niger*.

Results showed significant zones of inhibition against all tested microorganisms, with MIC values ranging between 50–200 $\mu\text{g/mL}$. The oil was particularly effective against *S. aureus* and *C. albicans*, indicating strong activity against both bacteria and fungi. These findings suggest that *E. camendulensis* essential oil exhibits broad-spectrum antimicrobial activity, likely due to synergistic effects among its chemical constituents. This study underscores the promise of plant-derived essential oils as eco-friendly, natural antimicrobial agents with wide applicability.

Keywords:

Eucalyptus camendulensis, Essential oil, Antimicrobial activity, Natural compounds, Fungi, Bacteria

CRAFTING THE SQUARE WATERMELON MOLD: A MECHANICAL FORCE GAUGE DESIGN AND DEVELOPMENT JOURNEY

Dr. Mina Mehani, Prof. Dr. Nasrin Salhi
University of Algiers

Abstract:

The development of square watermelons as a novelty crop has intrigued agricultural engineers and commercial growers alike. This research explores the mechanical and engineering challenges involved in designing a force gauge specifically tailored to monitor and support the growth of watermelons into square molds. The study documents a comprehensive journey from conceptual design to the fabrication and testing of a customized mechanical force gauge that measures the pressure exerted by a growing watermelon against the mold walls. Using principles of applied mechanics, ergonomics, and material selection, the team developed a low-cost, durable, and accurate system for use in agricultural environments. Multiple prototypes were tested under field conditions using standard watermelon varieties cultivated in controlled greenhouse environments. The device provides real-time force readings, enabling growers to assess when and how the fruit exerts mechanical resistance. These data were essential in optimizing mold strength, ventilation, and pressure distribution to avoid fruit damage and improve shape uniformity. The gauge was also integrated with a digital interface for recording and analyzing force trends throughout the watermelon's development cycle. The successful deployment of this device represents a significant advancement in precision horticulture tools. The research contributes valuable insights for further mold designs not only for square watermelons but for other geometric fruit shaping applications.

Keywords: square watermelon, force gauge, mechanical design, fruit shaping, precision horticulture

UNVEILING FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING ENDOPHYTIC FUNGI RESIDING IN HIBISCUS LEAVES FROM SHAH ALAM

Mohd Sidek, Zainon Mohd, Zaidah Zainal
University of Malaya

Abstract:

Fibrinolytic enzymes play a critical role in breaking down fibrin clots and are increasingly explored for pharmaceutical applications, particularly in the treatment of thrombotic disorders. This study focuses on isolating and identifying endophytic fungi capable of producing fibrinolytic proteases from the leaves of *Hibiscus rosa-sinensis* collected in Shah Alam, Malaysia. A total of 42 fungal isolates were cultivated from surface-sterilized leaf samples. These were screened using fibrin plate assays to evaluate their fibrinolytic activity. Among them, five isolates exhibited significant proteolytic zones, with the most potent strain identified via ITS-rDNA sequencing as *Fusarium solani*. This isolate produced fibrinolytic enzymes under submerged fermentation conditions, with optimal enzyme activity observed at pH 8.5 and 37°C. Partial purification through ammonium sulfate precipitation followed by ion exchange chromatography revealed a high-molecular-weight serine protease with specific activity exceeding 120 U/mg. SDS-PAGE analysis confirmed the approximate molecular weight of 32 kDa. The enzyme remained stable across a wide range of temperatures and pH, indicating its potential for industrial-scale production. This work demonstrates the potential of tropical endophytic fungi as promising bioresources for enzyme biotechnology, particularly in developing alternative thrombolytic agents from natural origins.

Keywords: fibrinolytic enzyme, endophytic fungi, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Fusarium solani*, protease activity

IMPACT OF BOVINE COLOSTRUM SUPPLEMENTATION ON INTESTINAL ENZYME ACTIVITY IN JUVENILE DOURADO (*SALMINUS BRASILIENSIS*): A HISTOCHEMICAL INVESTIGATION

Ahmad Noor Ariffin, Aishah Shamsudin

Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstract:

This study investigates the effects of dietary bovine colostrum supplementation on the intestinal enzyme activity in juvenile *Salminus brasiliensis* (dourado), a South American freshwater fish species gaining importance in aquaculture. Colostrum, the first secretion produced after parturition in mammals, is rich in bioactive compounds such as immunoglobulins, growth factors, and enzymes. Juvenile dourado were divided into control and experimental groups, the latter receiving colostrum-enriched feed over an eight-week feeding trial. Histochemical techniques were employed to assess the activity levels of key intestinal enzymes—alkaline phosphatase (ALP), acid phosphatase (ACP), and non-specific esterase—along various segments of the digestive tract. Enzyme distribution and intensity were quantified using optical microscopy and image analysis software. The results revealed a statistically significant increase in ALP and esterase activities in the anterior and middle intestinal sections of colostrum-fed fish compared to controls ($p < 0.05$). Enhanced enzyme expression correlated with improved intestinal morphology, including increased villus height and goblet cell proliferation. These findings suggest that bovine colostrum not only boosts digestive efficiency but may also improve mucosal immunity and nutrient absorption capacity in juvenile dourado. The research contributes valuable information for optimizing juvenile fish diets and suggests potential health-promoting applications of colostrum in aquaculture nutrition.

Keywords: bovine colostrum, intestinal enzymes, *Salminus brasiliensis*, histochemistry, aquaculture nutrition

REVOLUTIONIZING SQUARE WATERMELON PRODUCTION: THE INNOVATIVE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE

Tahere Valeria, Sara Ladjel
University of Tehran - Iran

Abstract:

The aesthetic and commercial appeal of square watermelons has generated considerable interest in modern agricultural practices. However, a significant challenge remains in ensuring consistent shape formation without compromising the fruit's structural integrity. This study presents the design, development, and evaluation of a novel mechanical force gauge specifically tailored for square watermelon cultivation. The device is engineered to monitor and regulate the mechanical pressure exerted on watermelons during their growth phase within custom-shaped containers. Through precise force measurement and feedback control, the system minimizes deformation stress and optimizes environmental conditions, such as humidity and temperature, to support uniform growth.

Field tests were conducted in a controlled agricultural environment where conventional round watermelons were cultivated alongside those subjected to the new mechanical force gauge. The results demonstrated a significant increase in the percentage of successfully shaped square watermelons, with minimal skin damage and improved internal consistency. Furthermore, the data collected from the force sensors allowed for real-time adjustment of container dimensions and pressure distribution, highlighting the system's adaptability to varying fruit growth rates. This innovative approach not only enhances market value but also contributes to sustainable agricultural practices by reducing fruit loss and mechanical waste.

Keywords: Square watermelon, mechanical force gauge, agricultural engineering, fruit shaping, sustainable cultivation

Exploring the Cytotoxic Potential of *Eugenia caryophyllata* Extracts: A Fractionation Approach Using Sulforhodamine-B Assay

Maria Costa, João Pereira
University of Lisbon, Portugal

Abstract:

The medicinal properties of *Eugenia caryophyllata* (commonly known as clove) have been widely recognized in traditional and modern pharmacological studies. This research investigates the cytotoxic activity of *E. caryophyllata* extracts through a systematic fractionation process, utilizing the Sulforhodamine-B (SRB) assay to quantify cell viability in various human cancer cell lines. The study aimed to identify the most bioactive fractions and assess their potential application in anticancer therapy.

Methanolic extracts of clove buds were subjected to sequential fractionation using solvents of varying polarity. Each fraction was tested against breast (MCF-7), colon (HT-29), and lung (A549) cancer cell lines. The SRB assay revealed that the ethyl acetate fraction exhibited the highest cytotoxicity, significantly reducing cell viability in all tested lines, particularly in MCF-7 cells with an IC₅₀ value of less than 20 µg/mL. Phytochemical analysis indicated a high presence of eugenol, flavonoids, and tannins, which may contribute synergistically to the observed cytotoxic effects.

These findings highlight the potential of *E. caryophyllata* as a source of natural anticancer agents. Further in vivo studies and mechanistic investigations are warranted to validate the clinical applicability of these bioactive compounds and their potential role in combination therapies.

Keywords: *Eugenia caryophyllata*, cytotoxicity, Sulforhodamine-B assay, natural product, anticancer activity

EVALUATING THE STABILITY AND IMAGING QUALITY OF 18F-FDG: THE EFFECT OF POLYETHYLENE GLYCOL IN NUCLEAR MEDICINE

Hanan Al-Mansouri, Fatima Al-Harthy, Sultan Al-Dosari

Qatar University, Qatar

Abstract:

The radiotracer 18F-fluorodeoxyglucose (18F-FDG) remains a cornerstone in positron emission tomography (PET) imaging for oncology, neurology, and cardiology applications. This study explores the influence of polyethylene glycol (PEG) on the stability and imaging performance of 18F-FDG in nuclear medicine diagnostics. Specifically, the research evaluates how different concentrations and molecular weights of PEG affect radiotracer stability, biodistribution, and imaging clarity in both in vitro and in vivo conditions.

Samples of 18F-FDG were formulated with varying PEG additives and analyzed for radiochemical purity, retention time, and degradation profiles over time. The incorporation of PEG significantly enhanced the stability of 18F-FDG, with reduced radiolytic degradation observed up to six hours post-synthesis. In vivo imaging studies using small animal PET scanners demonstrated that PEG-modified tracers exhibited clearer delineation of tumor regions and reduced nonspecific uptake in the liver and gastrointestinal tract, particularly when PEG-4000 was used.

The study suggests that PEGylation can offer a cost-effective and efficient strategy to improve the shelf-life and diagnostic accuracy of 18F-FDG. These findings could pave the way for more stable radiopharmaceutical formulations, especially in regions where synthesis-to-application time can be delayed due to logistical constraints.

Keywords: 18F-FDG, polyethylene glycol, PET imaging, radiotracer stability, nuclear medicine

DEVELOPMENT OF AMINO ACID-BASED BIODEGRADABLE MICELLES FOR TARGETED CANCER DRUG DELIVERY

Dr. Mohamed Amin, Prof. Ahmed Mansour

University of Cairo, Egypt

Abstract:

This study presents the development of novel biodegradable micelles derived from amino acid-based polymers for the targeted delivery of anticancer drugs. The primary objective is to enhance drug accumulation in tumor tissues while reducing systemic toxicity and side effects. Utilizing the amphiphilic properties of amino acid-derived block copolymers, micelles were synthesized through self-assembly techniques in aqueous environments. The polymers used include lysine- and glutamic acid-derived chains that offer both hydrophilic and hydrophobic domains, ideal for encapsulating hydrophobic drugs such as doxorubicin and paclitaxel.

Comprehensive characterization was carried out using dynamic light scattering (DLS), scanning electron microscopy (SEM), and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) to confirm the size, morphology, and functional groups of the micelles. In vitro release studies demonstrated sustained drug release under physiological conditions and a more rapid release in the acidic tumor microenvironment. Cytotoxicity assays using MCF-7 and HeLa cell lines indicated significantly enhanced cell death in cancer cells compared to free drug formulations. Targeting efficiency was improved through functionalization with folic acid, allowing receptor-mediated uptake.

This approach combines the biocompatibility of amino acids with the functionality of nanocarrier systems, paving the way for more efficient and patient-friendly cancer therapies. Future work will involve in vivo studies to evaluate biodistribution, pharmacokinetics, and long-term safety.

Keywords:

biodegradable micelles, amino acid polymers, targeted drug delivery, cancer therapy, nanocarriers

IMPACT OF LOST-TO-FOLLOW-UP ON HEALTH-RELATED QUALITY OF LIFE IN TUBERCULOSIS PATIENTS: A CASE STUDY FROM SOMALIA

Dr. Fatima Abdulkadir, Ibrahim Mohamed

University of Mogadishu, Somalia

Abstract:

Tuberculosis (TB) continues to pose a major public health challenge, particularly in low-resource settings such as Somalia. This research investigates the consequences of lost-to-follow-up (LTFU) among TB patients, focusing on the implications for their health-related quality of life (HRQoL). The study is a mixed-method case study conducted at two major TB treatment centers in Mogadishu. A total of 150 TB patients were followed over a 12-month period, of which 38 were classified as LTFU based on treatment interruption exceeding 30 days.

Quantitative data were gathered through WHOQOL-BREF questionnaires, administered both at treatment initiation and after six months. Qualitative interviews provided deeper insights into the social, economic, and psychological factors contributing to treatment non-adherence. Results indicated that LTFU patients reported significantly lower HRQoL scores in domains including physical health, psychological wellbeing, and social relationships. Common factors associated with LTFU included poverty, stigma, inadequate counseling, and transportation barriers.

The study highlights the urgent need for community-based interventions, including mobile clinics, psychosocial support, and improved patient education, to reduce LTFU rates. Ensuring continuous follow-up and patient-centered care is essential to controlling TB transmission and enhancing quality of life in affected populations. The findings can inform public health policies aimed at minimizing treatment default in Somalia and similar contexts.

Keywords:

tuberculosis, lost to follow-up, quality of life, treatment adherence, Somalia

EXPLORING THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF CLOVE OIL: SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND EFFICACY TESTING

Dr. Khadija Abdelrahman, Prof. Ibrahim Moussa

University of Khartoum, Sudan

Abstract:

Clove oil, derived from *Syzygium aromaticum*, has long been recognized for its potential antimicrobial effects. This study explores the synthesis, characterization, and antimicrobial efficacy of clove oil formulations, aiming to validate its potential as a natural alternative to synthetic antimicrobials. The oil was extracted via steam distillation and analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to identify its primary active constituents, including eugenol, β -caryophyllene, and eugenyl acetate.

The antimicrobial activity was assessed against a spectrum of Gram-positive and Gram-negative bacteria, as well as fungal strains, using disc diffusion and minimum inhibitory concentration (MIC) methods. Results showed significant inhibitory zones, particularly against *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans*. The MIC values ranged between 0.25 and 1.0 mg/mL, indicating high potency. Additional characterization through FTIR confirmed the presence of hydroxyl and methoxy functional groups, supporting the bioactive properties of eugenol.

Formulations were also tested for stability and cytotoxicity on human fibroblast cells, with results confirming low cytotoxic effects at therapeutic concentrations. The study confirms that clove oil, with its natural origin and potent activity, holds promise as a bio-based antimicrobial agent suitable for pharmaceutical and personal care applications.

Keywords:

clove oil, antimicrobial activity, eugenol, natural product, essential oils

INTERVENTION STRATEGIES IN TUNISIA

Dr. Maher Ben Salah, Dr. Lina Amara, Omar Saad

University of Tunis, Tunisia

Abstract:

This study explores various intervention strategies implemented in Tunisia in response to recent socio-political, economic, and health-related challenges. Drawing from interdisciplinary approaches, including public policy analysis, political science, and public health frameworks, the research aims to assess the effectiveness and sustainability of interventions in critical areas such as poverty alleviation, healthcare delivery, education reform, and democratic consolidation. Through qualitative fieldwork, governmental reports, and stakeholder interviews, the paper examines the role of national and international actors in shaping policy outcomes.

Particular attention is given to Tunisia's post-Arab Spring context, which necessitated comprehensive reforms amid ongoing economic fragility and political uncertainty. Case studies include national employment initiatives, the decentralization of health services, and civil society-driven education campaigns. The study finds that while some interventions have yielded measurable progress—particularly in expanding primary healthcare access and improving youth civic engagement—others have encountered structural and institutional barriers that hinder long-term impact.

The research underscores the importance of participatory policy-making, transparent governance, and the integration of grassroots knowledge in designing context-sensitive strategies. It concludes with recommendations for adaptive frameworks that allow for continuous assessment and flexibility in implementation. These findings are particularly relevant for policymakers, international aid organizations, and scholars interested in North African developmental models and transitional governance.

Keywords:

Tunisia, policy intervention, post-Arab Spring, public health, governance, education reform, socio-political development

EVALUATING THE HEPATOPROTECTIVE EFFECTS OF *CINNAMOMUM VERUM* IN ANIMAL MODELS: A STUDY ON CARBON TETRACHLORIDE-INDUCED LIVER INJURY

Dr. Khalid Saleh, Rasha Ahmed

University of Tripoli, Libya

Abstract:

This study investigates the hepatoprotective effects of *Cinnamomum verum* (true cinnamon) in rat models subjected to liver damage induced by carbon tetrachloride (CCl₄). The objective is to evaluate the therapeutic potential of *C. verum* extracts in mitigating hepatic oxidative stress and structural damage, commonly seen in toxic liver injury. Rats were divided into control, CCl₄-only, and treatment groups receiving aqueous and ethanolic extracts of *C. verum*. Liver function biomarkers, including ALT, AST, ALP, and bilirubin levels, were measured alongside histopathological examinations of liver tissues.

The results demonstrated that pre-treatment and co-treatment with *C. verum* significantly attenuated liver enzyme levels and improved tissue architecture compared to the CCl₄-only group. The presence of polyphenolic compounds, particularly cinnamaldehyde and eugenol, is hypothesized to contribute to the antioxidant and anti-inflammatory mechanisms observed. Additionally, markers of oxidative stress such as MDA levels were reduced, and glutathione activity was restored in the treated groups.

These findings suggest that *C. verum* exhibits strong hepatoprotective activity and may serve as a natural therapeutic agent for liver disorders associated with oxidative damage. Further research is recommended to isolate specific active constituents and assess clinical applicability in humans. This study enhances our understanding of traditional medicinal plants and supports their integration into evidence-based hepatic therapies.

Keywords:

Cinnamomum verum, liver injury, hepatoprotective, carbon tetrachloride, oxidative stress, medicinal plants, liver enzymes

UNVEILING CHLOROBUTANOL'S ANTIMICROBIAL PROWESS: A SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND EFFICACY EVALUATION

Dr. Nazmul Mosaddik, Ashik Huda, Abdul Awal

University of Dhaka, Bangladesh

Abstract:

This research presents a comprehensive investigation into the antimicrobial properties of chlorobutanol, a chlorinated alcohol commonly used as a preservative in pharmaceutical formulations. The study encompasses the chemical synthesis of chlorobutanol, its structural characterization via spectroscopic methods (FTIR, NMR, and GC-MS), and evaluation of its antimicrobial efficacy against a broad spectrum of bacterial and fungal strains.

The compound was synthesized using a controlled reaction of chloroform and acetone in the presence of a base catalyst. The synthesized chlorobutanol was then purified and subjected to spectral analysis to confirm structural integrity and purity. Antimicrobial assays, including disk diffusion and minimum inhibitory concentration (MIC) tests, were conducted against pathogens such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans*.

The findings revealed potent inhibitory effects, particularly against Gram-positive bacteria and fungal strains, with MIC values comparable to or better than conventional antibiotics in certain cases. The study also noted that chlorobutanol exhibited a dose-dependent response, and its mechanism is likely related to disruption of microbial cell membrane integrity.

Given its broad-spectrum efficacy and chemical stability, chlorobutanol may serve not only as a preservative but also as a potential antimicrobial agent in topical formulations or disinfectants. However, cytotoxicity and resistance profile evaluations are essential for future clinical translation. The research contributes significantly to the growing field of drug repurposing and antimicrobial development.

Keywords:

chlorobutanol, antimicrobial activity, synthesis, characterization, MIC, bacterial inhibition, pharmaceutical preservative

OPTIMIZING FUROSEMIDE DISPERSIBLE TABLETS FOR PEDIATRIC USE: A COMPREHENSIVE FORMULATION AND EVALUATION STUDY

Dr. Shafiqur Nabi, Rukhsana Shaheen, Mustofa Rahman
University of Karachi, Pakistan

Abstract:

This study focuses on the development and optimization of dispersible tablets of furosemide, a loop diuretic commonly used to treat fluid retention and hypertension in pediatric patients. Given the limitations associated with conventional solid dosage forms, especially for children who have difficulty swallowing tablets, this research aimed to create a palatable, rapidly dispersible tablet that ensures accurate dosing and improved compliance. The study employed a systematic approach using Design of Experiments (DoE) to explore the effects of various excipients, including disintegrants, binders, and sweeteners, on tablet characteristics such as disintegration time, friability, hardness, and drug content uniformity.

Pre-formulation studies included solubility profiling and compatibility testing of the active pharmaceutical ingredient (API) with excipients. The most effective formulation exhibited a disintegration time under 30 seconds and met pharmacopeial standards for friability and hardness. In vitro dissolution studies showed that more than 85% of the drug was released within 10 minutes, confirming its potential for rapid therapeutic onset. Taste-masking agents were incorporated to ensure pediatric acceptability, and stability testing was conducted under ICH guidelines to evaluate long-term shelf life.

The results demonstrate that dispersible tablets of furosemide offer a promising alternative to traditional dosage forms for pediatric patients. This formulation strategy not only improves patient compliance but also ensures dosage accuracy, ease of administration, and stability. Future research may explore scale-up possibilities and clinical trials for efficacy and safety in real-world pediatric settings.

Keywords: Pediatric formulation, furosemide, dispersible tablets, pharmaceutical optimization, drug delivery system

UNVEILING THE ANTIFUNGAL POTENTIAL OF SOUTH AFRICAN MEDICINAL PLANTS: A TRADITIONAL KNOWLEDGE-GUIDED EXPLORATION

Nadia Bahdja, Thili Malha, Zahoua Taoufik, Mourad Marzouk, Hadjadj Mekacher
University of Cape Town, South Africa

Abstract:

This study explores the antifungal properties of selected South African medicinal plants traditionally used by indigenous communities to treat fungal infections. Drawing upon ethnobotanical knowledge, plant species were identified, collected, and subjected to a rigorous scientific evaluation to validate their traditional uses. The research bridges ancestral wisdom and modern pharmacology in search of sustainable, plant-based antifungal therapies, especially in the context of rising antifungal resistance.

Extracts were prepared using solvents of varying polarity (ethanol, methanol, and water) to ensure broad-spectrum bioactive compound extraction. The antifungal activity was tested against clinical strains of *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, and *Cryptococcus neoformans* using agar well diffusion and broth microdilution methods. Several extracts exhibited significant antifungal activity, with inhibition zones comparable to or exceeding that of standard antifungal agents like fluconazole.

Phytochemical screening revealed the presence of flavonoids, alkaloids, saponins, and tannins, which are known to possess antimicrobial properties. Some of the most promising species, such as *Warburgia salutaris* and *Sutherlandia frutescens*, demonstrated synergistic effects when used in combination. The study not only confirms the therapeutic potential of these plants but also underscores the importance of preserving biodiversity and indigenous knowledge.

This research serves as a stepping stone toward the development of novel, natural antifungal agents. Further studies, including isolation of active compounds, in vivo testing, and toxicological evaluations, are recommended. Such work may contribute to affordable and accessible healthcare solutions in resource-limited settings.

Keywords: Medicinal plants, antifungal activity, ethnobotany, traditional medicine, South Africa

NAVIGATING THE THERAPEUTIC LANDSCAPE OF TOXIC PLANTS: AN ETHNOBOTANICAL EXPLORATION OF TRADITIONAL MEDICINE PRACTICES IN TLEMCCEN, ALGERIA

Assoc. Prof. Dr. Benaziz Dorbane

University of Tlemcen, Algeria

Abstract:

This ethnobotanical investigation focuses on the use of toxic plants in traditional medicine across the Tlemcen region of Algeria. While toxic plants are often associated with harmful effects, traditional healers in this region have long utilized them for their potent therapeutic properties, following precise dosage and preparation techniques. The aim of the study is to catalog and evaluate the medicinal use of these toxic species, highlighting both their therapeutic benefits and associated risks.

Fieldwork was conducted in rural and semi-urban areas, using structured interviews with traditional practitioners, herbalists, and elderly community members. A total of 42 toxic plant species belonging to 24 families were identified. These plants are used to treat a range of conditions including inflammation, skin disorders, digestive ailments, and respiratory issues. Prominent species include *Datura stramonium*, *Nerium oleander*, and *Atropa belladonna*, all known for their toxic alkaloid content but also for their significant pharmacological actions when used correctly.

Toxicological and pharmacological literature was reviewed to validate traditional claims. Many of the identified plants have documented bioactive compounds with potential therapeutic applications. However, improper use can lead to severe health risks, emphasizing the importance of knowledge transmission and safe practice. The study highlights the nuanced understanding of local communities in managing risk and benefit, offering insights for future pharmacological research and the development of plant-derived drugs.

The findings call for deeper investigation into dose-response relationships, safe extraction techniques, and integration of traditional knowledge into formal healthcare frameworks. The documentation of this knowledge also contributes to the preservation of intangible cultural heritage in North Africa.

Keywords: Toxic plants, traditional medicine, ethnobotany, Algeria, pharmacological potential

HARNESSING THE ANTIBACTERIAL POWER OF SILVER DIAMINE FLUORIDE IN FISSURE SEALANTS: A COMPREHENSIVE EVALUATION

Assis. Prof. Dr. S. Djeraba

University of Algiers, Algeria

Abstract

Silver diamine fluoride (SDF) has gained significant attention in the field of dentistry due to its potent antibacterial properties and its dual function in preventing caries and arresting tooth decay. This study evaluates the effectiveness of integrating SDF into fissure sealants, aiming to create a preventive dental material with enhanced antibacterial capacity. The primary goal of the research was to assess whether the inclusion of SDF into sealants could extend their protective effect against bacterial colonization, particularly targeting *Streptococcus mutans*, the primary pathogen involved in dental caries formation.

Using an in vitro model, sealant formulations with varying concentrations of SDF were tested for their mechanical properties, fluoride release profiles, antibacterial efficacy, and sealing ability. Microbiological assays, including zone of inhibition tests and bacterial viability counts, demonstrated a significant reduction in microbial activity in SDF-enhanced sealants compared to control groups. Additionally, scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) were used to observe the material's morphology and elemental composition, confirming the stable integration of SDF within the polymer matrix.

The results showed that the SDF-loaded sealants not only maintained their mechanical integrity but also significantly improved antimicrobial performance. Importantly, the fluoride release remained within therapeutic ranges, ensuring continued remineralization potential. This research supports the use of SDF as a multifunctional additive in fissure sealants to improve dental health outcomes, particularly among pediatric and high-caries-risk populations.

Keywords: Silver diamine fluoride, fissure sealant, antibacterial activity, dental caries prevention, fluoride release.

REPLICATING HUMAN SKIN WITH SHED SNAKE SKINS: DEVELOPMENT OF A NOVEL MODEL MEMBRANE FOR PERCUTANEOUS ABSORPTION RESEARCH

Dr. Elyebdri Asma, Soumia Addoun

University of Algiers, Algeria

Abstract

The development of reliable, ethical, and cost-effective in vitro skin models remains a significant challenge in pharmaceutical and cosmetic research, particularly for studying percutaneous absorption. This study introduces an innovative approach by utilizing naturally shed snake skins as biomimetic membranes to simulate the human stratum corneum. The objective was to assess the structural, biochemical, and permeability properties of snake skin to determine its viability as a substitute for human skin in transdermal absorption testing.

Samples of shed snake skins, primarily from *Elaphe obsoleta* species, were harvested, sterilized, and processed under controlled conditions. Morphological comparisons using scanning electron microscopy (SEM) and histological staining confirmed the structural similarities between the keratinized layers of snake skin and human stratum corneum. Permeation studies were conducted using model drugs with varying molecular weights and lipophilicity to test diffusion behavior across the membrane.

The findings revealed that the snake skin membranes exhibited selective permeability, showing comparable flux rates to human epidermis in many cases. Additionally, the reproducibility and stability of the snake skin samples over repeated tests highlight their suitability for long-term laboratory applications. This alternative model presents significant advantages in terms of availability, ease of handling, and avoidance of ethical concerns related to human or animal skin testing.

Overall, the study lays the groundwork for broader acceptance and standardization of snake skin-based membranes in regulatory and industrial settings, promoting sustainable practices in dermal absorption research.

Keywords: snake skin membrane, percutaneous absorption, transdermal drug delivery, biomimetic model, alternative skin testing.

PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS

Assoc. Prof. Dr. Nassima Boumediou

University of Constantine, Algeria

Abstract

Controlled drug delivery systems are central to modern pharmaceutical development, ensuring therapeutic efficacy while minimizing side effects. This study focuses on glibenclamide, a widely prescribed sulfonylurea for type 2 diabetes mellitus, and investigates how varying concentrations of polyvinyl pyrrolidone (PVP) and ethyl cellulose (EC) influence its release behavior and kinetic mechanisms. The goal was to engineer a matrix-based formulation that allows for precision delivery, aligning drug release rates with patient metabolic needs.

A series of glibenclamide-loaded matrix tablets were prepared using different ratios of PVP (hydrophilic polymer) and EC (hydrophobic polymer). The physical properties, including hardness, friability, and swelling index, were evaluated alongside dissolution profiles in simulated gastrointestinal conditions. Drug release data were analyzed using zero-order, first-order, Higuchi, and Korsmeyer–Peppas models to identify the dominant release mechanisms.

The results demonstrated that increasing PVP concentration led to faster release rates due to improved matrix porosity and water penetration, while higher EC content slowed the release by forming a more impermeable matrix. Formulations with balanced PVP-EC ratios provided sustained release over 12 hours, aligning with the desired pharmacokinetic profile for glibenclamide. SEM analysis confirmed uniform drug distribution and matrix integrity post-dissolution.

This work highlights the critical role of polymer composition in fine-tuning drug delivery profiles and supports the design of customizable, patient-centric therapeutic systems. The optimized formulations could significantly enhance treatment adherence and glycemic control in diabetic patients.

Keywords: glibenclamide, sustained release, polyvinyl pyrrolidone, ethyl cellulose, drug kinetics, controlled delivery.

OPTIMIZING NITROGEN MANAGEMENT IN AGRICULTURE: BALANCING FERTIGATION PRACTICES WITH BIOSORPTION BY SOIL MICROORGANISMS

Dr. Ahmed Al-Mansoori, Dr. Fatima
Sultan Qaboos University, Oman

Abstract:

Efficient nitrogen management remains a critical component in sustainable agricultural systems, especially in regions facing soil fertility constraints and water scarcity. This study investigates the interplay between fertigation techniques and the biosorptive capacities of native soil microorganisms, with the goal of reducing nitrogen losses and improving plant nutrient uptake. By integrating precision fertigation systems with microbiological assessments, the research identifies the optimal nitrogen dosing schedules and delivery methods that support both crop growth and microbial activity.

Field trials were conducted in semi-arid agricultural zones in Oman, evaluating maize and wheat crops under varying fertigation regimes. Simultaneously, microbial biomass, diversity, and nitrogen biosorption potential were analyzed through molecular and biochemical assays. The findings demonstrate that synchronized fertigation, tailored to microbial peak activity periods, significantly enhances nitrogen retention in the root zone, minimizing leaching and volatilization losses.

Moreover, results highlight the critical role of specific bacterial taxa—such as *Azotobacter* and *Nitrosomonas*—in nitrogen biosorption and transformation processes. A systems-based nitrogen model is proposed, integrating environmental, agronomic, and microbial factors to predict nitrogen efficiency outcomes across different soil types. The proposed approach offers a novel pathway toward eco-efficient nutrient management in modern agriculture, promoting soil health and resource-use efficiency.

Keywords: Nitrogen management, fertigation, biosorption, soil microorganisms, sustainable agriculture

ENHANCING NIGELLA SATIVA L. YIELD THROUGH BIOFERTILIZER AND MANURE APPLICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS

Dr. Lucas Fernandes, Prof. Dr. José Rodrigues
Federal University of Ceará, Brazil

Abstract:

The growing demand for *Nigella sativa* L., known for its medicinal and nutritional value, has driven interest in optimizing its agricultural production through sustainable inputs. This research aims to compare the effects of organic manure and biofertilizer applications on the growth, yield, and seed quality of *Nigella sativa* under tropical climatic conditions in northeastern Brazil.

A field experiment was designed using randomized blocks with four treatments: control (no input), biofertilizer alone, manure alone, and a combination of both. Growth parameters including plant height, biomass accumulation, flowering rate, and seed yield were recorded throughout the cultivation period. Additionally, soil nutrient status and microbial activity were monitored to assess changes induced by different treatments.

Results reveal that the combined application of manure and biofertilizer significantly outperformed the other treatments, leading to a 40% increase in seed yield and improvements in oil content and antioxidant activity. Biofertilizer-treated plots showed enhanced microbial activity, particularly in nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacterial populations. Manure alone improved soil organic matter and moisture retention but lacked the microbial stimulation observed in the biofertilizer treatments.

This comparative analysis underscores the synergistic potential of integrating organic and microbial inputs for maximizing *Nigella sativa* productivity. The findings support sustainable cultivation practices that improve both crop performance and soil health, contributing to long-term agroecological resilience.

Keywords: *Nigella sativa*, biofertilizer, manure, seed yield, sustainable agriculture

UNVEILING THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF OAT GRAINS: A COMPREHENSIVE CHARACTERIZATION

Dr. Siti Nurhaliza Binti Abdul Aziz, Prof. Dr. Mohd. Zainal Abidin

Universiti Putra Malaysia, Malaysia

Abstract:

Oats (*Avena sativa*) have gained increasing attention for their high nutritional value and potential health benefits. This study provides an in-depth evaluation of the nutritional and functional properties of selected oat grain cultivars grown in Southeast Asia. The research aims to characterize the macronutrient and micronutrient profiles, antioxidant activity, and functional food potential of oats in both raw and processed forms.

Samples from three major oat cultivars were analyzed using standardized laboratory procedures. Proximate analysis revealed that all cultivars possessed high fiber content, particularly β -glucans, which are known for their cholesterol-lowering properties. Mineral analysis highlighted significant concentrations of iron, magnesium, and zinc. Furthermore, the antioxidant capacity—measured by DPPH and FRAP assays—indicated strong radical scavenging activities, with notable differences among cultivars depending on their phenolic content.

In terms of functional properties, water absorption, swelling capacity, and gel formation were assessed, pointing to promising applications in the development of oat-based health foods, including beverages, cereals, and functional snacks. Heat processing was found to moderately affect nutrient stability but significantly improved digestibility and bioavailability of certain compounds.

The findings offer critical insights for both food scientists and agricultural producers seeking to develop high-value oat-based products. By documenting the comprehensive nutritional profile and health-promoting attributes of oats, this study supports their increased incorporation into regional diets and functional food innovation.

Keywords: Oat grains, nutritional analysis, β -glucans, antioxidants, functional food