



**Bursa Uludağ Üniversitesi
ZİRAAT FAKÜLTESİ**

**Bursa Uludag University
Faculty of Agriculture**

**BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**

**Journal of Agricultural
Faculty of Bursa Uludag University**

**Cilt 38
Volume**

**Sayı 2
Number**

2024

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi
Aşağıdaki veri tabanları tarafından taranmaktadır.

The Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University is abstracted/indexed
by the databases below.



CAB International



TR Dizin

ASOS
indeks

SÖBIAD

Google Scholar

ROAD DIRECTORY
OF OPEN ACCESS
SCHOLARLY
RESOURCES

Dergimiz Hakkında/ About Our Journal

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi / Journal of Agricultural Faculty of Uludag University yayın hayatına 1982 yılında başlamıştır. Resmi Gazetenin 18.05.2018 tarih ve 30425 sayılı bülteninde yayımlanarak yürürlüğe giren Kanun uyarınca Üniversitemizin adının Bursa Uludağ Üniversitesi olarak değişmesi nedeniyle, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisinin yayımcı ve dergi ismine “Bursa” ibaresi eklenerek dergimizin ismi **Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi** olarak değişmiştir.

Journal of Agricultural Faculty of Uludag University started its publication in 1982. The name of our university has been changed as **Bursa Uludag University** due to the legislation published at the official gazette with the issue 30425 on 10.05.2018. Therefore the name of our journal was also changed as **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University**.

Amaç/Aim

Tarım ve yaşam bilimleri ile ilgili alanlardaki araştırma ve derlemelerin Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlanarak bilginin ulusal ve uluslararası düzeyde paylaşımı amaçlanmaktadır.

It is aimed to publish the research and reviews in the fields of agriculture and life sciences in Turkish and English, and to share the knowledge at national and international level.

Kapsam/Scope

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi eski adıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Haziran ve Aralık olmak üzere yılda iki sayı olarak basılan **hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir**. Dergi; bahçe bitkileri, bitki koruma, biyoenerji, biyosistem mühendisliği, doğal kaynaklar, genetik, gıda mühendisliği, gıda bilimi ve teknolojisi, peyzaj, süs bitkileri ve doğa koruma, su ürünleri ve balıkçılık, süt teknolojisi, tarım ekonomisi, tarım makinaları, tarımsal biyoteknoloji, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme, topraksız yetiştiricilik ve zootekni gibi tüm ziraat alanları ile ilgili özgün araştırma makalelerini ve sınırlı sayıda derlemeleri kabul etmektedir.

Sunulan makaleler özgün olmalı ve Türkçe ya da İngilizce yazılmalıdır. Sunulan makaleler başka hiçbir yerde yayımlanmamış olmalıdır. Ancak, bir kongre ya da sempozyumda sadece özeti yayımlanan makaleler dergiye sunulabilir. Dergide yayımlanan tüm yazıların sorumluluğu yazarlarına aittir. Yayımlanan yazılar, yayımcının izni olmadan çoğaltılamaz. Yazılardan alıntı yapılması durumunda mutlaka referans gösterilmelidir. Dergimize yaptığımız atıflarda “**Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.**” kısaltması kullanılmalıdır.

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University, formerly known as Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, is a **refereed, academic, scientific, international journal** published twice a year, in June and December. Garden plants, plant protection, bioenergy, bio system engineering, genetics, natural resources, food science and technology, animal husbandry, landscaping, ornamental plants and nature conservation, aquaculture, agricultural economics, agricultural machinery, agricultural biotechnology, agricultural structures and irrigation, field crops, soil science and plant nutrition, soilless culture, are the general topics of the journal. Research articles are primarily included in the journal and a limited number of reviews are accepted. Articles submitted must be original and written in Turkish or English. The submitted articles should be unpublished elsewhere. The submitted articles should not be published anywhere else. However, abstract only articles previously published in a congress or symposium may be submitted as full text.

All articles published in the journal are the responsibility of their authors. Manuscripts may not be reproduced without the permission of the publisher. All rights to article published in this Journal are reserved by Agriculture Faculty of Bursa Uludağ University. Permission must be obtained for reproduction in whole or in part in any form. The title of the journal should be cited as “**Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.**”

Dergi Tarihçesi / Journal History

Derginin Önceki Adı / Formerly Name	ISSN	eISSN	Yıl
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi	1301-3165	2636-8595	1982-2018
Journal of Agricultural Faculty of Uludag University			



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 38

Sayı / Number: 2

Yıl/Year: 2024

Bursa Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Adına

Sahibi / Owner

Prof.Dr. İlhan TURGUT
Dekan/Dean

Baş Editör/Editor in Chief

Prof.Dr. Hakan ÇELİK

Baş Editör Yardımcısı / Deputy Editor in Chief

Doç.Dr. Asuman CANSEV

Alt Yayın Komisyonu

Prof. Dr. Hakan ÇELİK
Prof. Dr. Tolga TİPİ
Prof. Dr. Ekin SUCU
Prof. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY
Doç.Dr. Oya KAÇAR
Doç.Dr. Asuman CANSEV
Doç. Dr. Elvan ENDER ALTAY
Doç. Dr. Onur TAŞKIN
Dr. Öğr. Üyesi Kadir İLHAN

Sekreteryaya / Secretary

Dr.Öğr.Üyesi Aslıhan YILMAZ
Araş.Gör. Rojin GÜLER

İletişim/Contact

Tel: 0224 294 14 07

Fax: 0 224 294 14 02

e-posta: zfdergisi@uludag.edu.tr

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Kapak Sayfa Tasarım / Cover Page Design

Bursa Uludağ Üniversitesi Basımevi

Bursa - 2024



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludağ University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 38

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2024

Editörler Kurulu / Editorial Board

Baş Editor

Prof. Dr. Hakan ÇELİK

hcelik@uludag.edu.tr

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Tolga TİPİ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Murat Ali TURAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Prof. Dr. Ekin SUCU

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor,

Prof. Dr. Nilüfer SEYİDOĞLU AKDENİZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Oya KAÇAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor, page layout editor

Doç. Dr. Elvan ENDER ALTAY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Asuman CANSEV

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor, page layout editor

Doç. Dr. Onur TAŞKIN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Gökhan ÖZSOY

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Dr. Öğretim Üyesi Kadir İLHAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Yard. Alan Editörü/Co Editor

Araş.Gör. Ayşe Selin ÖZGÖREN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 38

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2024

Editörler Kurulu / Editorial Board

Diğer Üniversitelerden / From Other Universities

Prof. Dr. Ali KOÇ, Eskişehir Osmangazi Üniv. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye

Prof. Dr. Zehra Hajrulai-Musliu, "Ss. Cyril and Methodius" University, Faculty of Veterinary Medicine, Food Institute, Skopje, Macedonia

Prof. Dr. Gordana Popsimonova, University Ss Cyril and Methodius, Faculty of Agricultural Sciences and Food, Skopje, Republic of Macedonia

Doç. Dr. Daniela Smogrovicova, Slovak University of Technology in Bratislava, Institute of Biotechnology at the Faculty of Chemical and Food Technology, Slovakia.

Doç.Dr. Maurizio Canavari, Alma Mater Studiorum Università di Bologna Department of Agricultural and Food Sciences Bologna, Italy

Doç.Dr. Balaji Sethuramasamyraja, California State University, Department of Industrial Technology, Jordan College of Agricultural Sciences and Technology, Fresno, USA

Doç.Dr. Ganapathy, G.P., VIT University, Centre for disaster mitigation and management, Vellore Tamil Nadu, India

Doç.Dr. Hristofor Kirchev, Agricultural University Plovdiv, Faculty of Agronomy, Department of Crop Science, Plovdiv, Bulgaria

Doç.Dr. Ahmed A.K. Salama, Universitat Autònoma de Barcelona, Department of Animal and Food Sciences, Ruminant Research Group, Spain

Doç.Dr. Jasmina TAHMAZ, University of Sarajevo, Faculty of Agriculture and Food Science, Bosnia and Herzegovina

Dr. Angela Capece, Università degli Studi della Basilicata, School of Agricultural, Forestry and Environmental Science, Potenza, Italy

Dr. Gamze BAYRAM, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 38

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2024

Danışma Kurulu / Advisory Board

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim Üyeleri Dergimizin Doğal Danışma Kurulu Üyeleridir.

The Faculty Members of Bursa Uludag University Agricultural Faculty are also the members of the Natural Advisory Board of our Journal.

Diğer Üniversitelerden/From Other Universities

Prof. Dr. Mehmet AYÇİÇEK, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bingöl, TÜRKİYE

Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

Prof. Dr. Süleyman TABAN, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

Prof. Dr. Ece TURHAN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eskişehir, TÜRKİYE

Prof. Dr. Mevlüt TÜRK, Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Isparta, TÜRKİYE

Doç.Dr. Zeliha GÖKBAYRAK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Çanakkale, TÜRKİYE

Doç.Dr. Ahmed A.K. SALAMA, Universitat Autònoma de Barcelona, Department of Animal and Food Sciences, Ruminant Research Group, SPAIN

Doç.Dr. Gölge SARIKAMIŞ, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ankara, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ALTUN, Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Sergül ERGİN, Eskişehir Osmangazi Üniv. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Eskişehir, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk GÖÇMEZ, Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın, TÜRKİYE

Dr. Öğr. Üyesi Cüneyt TUNÇKAL, Yalova Üniv. Yalova MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Yalova, TÜRKİYE

Dr. Barış ALBAYRAK, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Yalova, TÜRKİYE

Dr. Erdiç UYSAL, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Yalova, TÜRKİYE

Mustafa BIYIKLI, Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Yalova, TÜRKİYE



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludağ University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 38

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2024

BU SAYININ BİLİMSEL HAKEM KURULU

(Scientific Advisory Board)

(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)

Ali ÇAYLI	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ali ÖZPINAR	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
ALİ SALMAN	Ege Üniversitesi
Alper SAĞLIK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Aycan YİĞİT ÇINAR	Bursa Teknik Üniversitesi
Bahar Onaran Acar	Ankara Üniversitesi
Berna Öztürk	İstanbul Nişantaşı Üniversitesi
Çiğdem Bogenç	Karabük Üniversitesi
Dilek DÜLGER ALTINER	Kocaeli Üniversitesi
Ebubekir YÜKSEL	Erciyes Üniversitesi
Ertan DÜZGÜNEŞ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Hasan Ali İRİK	Erciyes Üniversitesi
İsmail Kasap	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
İlhan GÜN	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Merve Sabuncu	Bursa Uludağ Üniversitesi
Mine ÇARDAK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Murat KARAEER	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Nesrin Merve ÇELEBİ UZKUÇ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Nimet Sema GENÇER	Bursa Uludağ Üniversitesi
Onur GÜNEŞER	Uşak Üniversitesi
Osman Uysal	Malatya Turgut Özal Üniversitesi
Ömer ATABEYOĞLU	Ordu Üniversitesi
Rukiye Çolak Şaşmazer	Bursa Uludağ Üniversitesi
Seda ALTUNTAŞ	Bursa Teknik Üniversitesi
Sedat BOYACI	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Sema Sandıkçı Altunatmaz	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Senem KAMILOĞLU BEŞTEPE	Bursa Uludağ Üniversitesi
Sertan SESVEREN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Süleyman KARAMAN	Akdeniz Üniversitesi
Şerife DOĞANAY YENER	İstanbul Üniversitesi
Tufan Can ULU	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Yüksel KAN	Selçuk Üniversitesi
Zehra AYTAÇ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Zehranur YÜKSEKDAĞ	Gazi Üniversitesi
Zerrin Erginkaya	Çukurova Üniversitesi



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 38

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2024

İçindekiler / Contents

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

- Hazır Çim Üretimi ve Marmara Bölgesi Hazır Çim Firmalarının Değerlendirilmesi**
Sod Farming and Evaluation of Sod Farming Companies in the Marmara Region
Doruk Alp AYTEKİN, Murat ZENCİRKIRAN301
- Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bünyesinde Bulunan Seralarda Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi**
Determination and economic analysis of the potential of rainwater harvesting in greenhouses at the Faculty of Agriculture of Bursa Uludag University
Umur KILIÇ, Büşra YAYLI, İlker KILIÇ313
- Sulama Birliklerinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Sulama Performans Göstergelerinin Önem Düzeylerinin Belirlenmesi**
Determining the Importance Levels of Irrigation Performance Indicators Used in the Performance Evaluation of Irrigation Associations
Neslihan ATABAY, Kemal Sulhi GÜNDOĞDU325
- Bursa Bölgesinden Toplanan Ekşi Mayalardan Elde Edilen Enterokok İzolatlarının Gıda Güvenliği ve Fonksiyonel Karakterizasyonu**
Food Safety and Functional Characterization of Enterococci Strains Isolated from Sourdough Collected from Bursa Region
Özen SÖKMEN, Gamze DÜVEN, Mustafa AY, Sine ÖZMEN TOĞAY341
- Kantaron Uçucu Yağı ile Kabak Çekirdeği Ununun Farklı Konsantrasyonları Kullanılarak Üretilen Vegan Amaranth Sütlerinin Fiziko-Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi**
Determination of Physico-chemical and Sensory Properties of Vegan Amaranth Milk Produced with Different Concentrations of Pumpkin Seed Flour and Kantaron Essential Oil
Erkan ŞENYURT, Filiz YANGILAR.....357
- Yoğurt Starter Kültüründe Farklı Bakteri Oranları Kullanılarak Üretilen Geleneksel Süzme Yoğurtlardan Elde Edilen Serumun Bazı Özellikleri**
Some Properties of The Serum Obtained From Traditional Strained Yoghurts produced Using Different Bacterium Ratios in Yoghurt Culture
Engin YARALI, Şevki ÇETİNER², Alican TAŞÇIOĞLU373

Socio-Economic Factors Influencing the Adaptation Strategies of Tomato Producers' to Climate Change in North West, Nigeria Kuzey Batı Nijerya'daki Domates Üreticilerinin İklim Değişikliğine Uyum Stratejilerini Etkileyen Sosyo-Ekonomik Faktörler Ibrahim MAHARAZU, Olugbenga Omotayo ALABI, Ayoola Olugbenga OLADELE, Jeremiah Samuel ALUWONG.....	383
Yapay Zekâ Destekli Peyzaj Tasarımında Müziğin Etkisi The Effect of Music to Artificial Intelligence-Supported Landscape Design Alper SAĞLIK, Fatma YETİŞİR.....	395
Kantaron Yağı Üretim Parametrelerinin Optimizasyonu Optimization of Some St. John's Wort Oil Production Parameters Muharrem GÖLÜKCÜ, Fatma UYSAL BAYAR, Emine BAYRAM, Orçun ÇINAR, Haluk TOKGÖZ, Arzu BAYIR YEĞİN, Fulya YÜCEOL	421
Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants from the <i>Apiaceae</i> Family <i>Apiaceae</i> Ailesine Ait Bazı Tıbbi Bitkilerin Antimikrobiyel Aktiviteleri Ozum OZOGLU, Sema DEMİR, Seyma KOKTEN CEKIRDEK, Mihriban KORUKLUOGLU	437
DERLEMELER (Reviews)	
Recent Advances on the Potential Control of <i>Rhizopertha dominica</i> Fab. (Coleoptera: Bostrichidae) <i>Rhizopertha dominica</i> Fab. (Coleoptera: Bostrichidae)'nın Potansiyel Kontrolüne İlişkin Son Gelişmeler Osman Nuri YARAŞIR, Alperen Kaan BÜTÜNER, Hilal SUSURLUK.....	449
Üzümsü Meyveler: Sağlıklı Beslenme Üzerine Etkileri Berries: Their Effects on Healthy Nutrition Çiğdem KONAK GÖKTEPE, Nihat AKIN.....	457
<i>Escherichia coli</i> Kaynaklı Gıda Enfeksiyonları Food Infections Caused by <i>Escherichia coli</i> Merve GÜNDÜZ, Şeniz KARABIYIKLI ÇİÇEK, Ahmet BEKTEŞ	487
Yeni Nesil Fonksiyonel Bileşenler Olarak Postbiyotikler ve Biyoaktif Özellikleri Postbiotics as Next-Generation Functional Components and Their Bioactive Properties Merve ÖZBAY-ARI, Lütfiye YILMAZ-ERSAN	509
İklim Değişikliğinin Tarım Ürünleri ve Böcekler Üzerindeki Etkisi The Effect of Climate Change On Agricultural Products and Insects Meltem ERDEM KÜÇÜK, Hilal TUNCA COSİC.....	535



Hazır Çim Üretimi ve Marmara Bölgesi Hazır Çim Firmalarının Değerlendirilmesi^A

Doruk Alp AYTEKİN¹, Murat ZENCİRKIRAN^{2*}

Öz: Son yıllarda ülkemizde hızlı bir şekilde gelişme gösteren hazır çim üretimi faaliyetinde bulunan firmaların Marmara Bölgesi örneğinde değerlendirmelerin yapıldığı bu çalışmada yüzyüze anketler gerçekleştirilmiştir. Bölge genelinde üretim faaliyetinde bulunduğu belirlenen 25 firma incelenmiş, 10 üretici firmanın Sakarya, 8 üretici firmanın İstanbul ve 4 üretici firmanın Bursa illerinde yer aldıkları görülmüştür. Firmaların %64'ünün son 15 yıl içerisinde kurulan genç firmalar olduğu ve personelin ise %68'inin 30-40 yaş aralıklarında oldukları görülmüştür. Sektörde yer alan firmaların üretim girdilerinin büyük bir çoğunluğunun ithal ikamesi ile karşılandığı yerlilik seviyesinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hazır Çim Firmaları, Hazır Çim, Üretim, Marmara Bölgesi.

^A Makale, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FYL-2023-1495 numaralı "Rulo Çim Üretimi ve Marmara Bölgesi Rulo Çim Firmalarının Değerlendirilmesi" isimli proje kapsamında Doruk Alp Aytekin tarafından tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Çalışmada uygulanan anket formu için Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Yayın Etik Kurulları (Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırma ve Yayın Etik Kurulu)'ndan 26 Aralık 2022 tarih ve 2022-10 oturum sayısı kararıyla onay alınmıştır. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Murat ZENCİRKIRAN, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa Türkiye, mzencirkiran@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0051-8937](https://orcid.org/0000-0003-0051-8937)

¹ Doruk Alp AYTEKİN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bursa Türkiye, aytekindorukalp@gmail.com, [OrcID 0009-0006-4269-8787](https://orcid.org/0009-0006-4269-8787)

Sod Farming and Evaluation of Sod Farming Companies in the Marmara Region

Abstract: In this study, face-to-face surveys were conducted to evaluate the companies engaged in roll turf production activities, which have developed rapidly in our country in recent years, production activities in the Marmara region. In this study, 25 companies were examined and it was seen that 10 of them were located in Sakarya, 8 in Istanbul and 4 in Bursa. It was observed that 64% of the companies were young companies established within the last 15 years and 68% of the personnel were between the ages of 30-40. It has been determined that the majority of the production inputs of the companies in the sector are met by import substitution and the level of localization is very low.

Keywords: Sod Farming Companies, Sod, Production, Marmara Region.

Giriş

Tasarımlarda sık bir şekilde yer verilen, çok yıllık bitkiler grubu içerisinde değerlendirilen ve aynı zamanda örtü bitkisi olarak da adlandırılan bitkilerin başında “çim bitkileri” yer alır. Çim bitkisi; hızlı ve çabuk gelişen, birbirinin içinden geçen saplar ve yapraklardan oluşan ve bir yüzeyi kapatan bitkiler olarak tanımlanabilmektedir. Toprak yüzeyinde sık, yoğun ve aynı zamanda sağlıklı bir örtü meydana getirmesi, derin bir şekilde biçmeye dayanıklı olması çim bitkilerini diğer bitkilerden ayırır (Sherratt, 2011). Çim bitkileri kullanılarak oluşturulan çim alanlar; hava kalitesini artırma, kirli havayı temizleme, karbon tutumu, yağmur suyunu tutma ile su dengesini sağlama, hava sıcaklığını düşürme, insan sağlığı ve stres üzerine olumlu etki etme, etrafındaki yapılara artı bir değer katma, toprak kaymasını engelleme ve toz stabilizasyonu sağlama, pestisit kullanımını azaltma, ses ve gürültü kirliliğini engelleme, zararlıları ve alerjik polenleri azaltma, biyolojik çeşitliliği koruma, renk ve form bakımından diğer bitkiler ile uyum oluşturma, kent içi park ve bahçelerde rekreatif faaliyetler gibi işlevsel etkilere ve aynı zamanda güzel ve engin bir görünüş sağlama gibi bir dizi ekolojik ve çevresel işlevlere ve aynı zamanda estetik özelliklere sahip olan park ve bahçelerin en önemli unsurlarından birisidir (Varoğlu 2010; Özşafak ve Öner 2011; Kuşvuran 2012; Taşkın ve Bilgili, 2020).

Günümüzde, insan ile tabiat arasında dengesi kaybolan ilişkinin dengelenmesi ve özellikle kentsel alanlar başta olmak üzere insanların yaşam kalitesinin artırılmasında mühim bir yere sahip olan ve aynı zamanda dünya şehirlerinin yaşam kalitesi değerlemesinde öncelikli parametreler içerisinde yer alan yeşil alanlar içerisinde kendisine yer bulan çim alanlar, ülkeler için çim bitkileri endüstrisinin ortaya çıkmasına yol açmıştır (Gül ve Küçük, 2001; Ok, 2020). Bir endüstri kolu haline gelen çim bitkileri ile ilgili dünya ve ülkemizde başta yetiştiricilik, ıslah, adaptasyon, besleme, uygulama vb. başta olmak üzere çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Oral ve Açıkgöz, 1998; Gül ve Küçük, 2001; Salman 2008; Sherratt, 2011; Özköse, 2012; Sever Mutlu, 2020; Taşkın ve Bilgili, 2020; Ok, 2020; Wolski ve ark. 2021; Abélard ve Galbrun, 2022; Li ve ark. 2022; Deng, 2023). Diğer yandan, Dünya genelinde çim alanlara olan talebin artması çim tesisinde de birçok yeniliği beraberinde getirmiştir. Bilim insanlarının genetik çalışmaları ile dünyanın her yerine adapte olabilen çim

çeşitleri geliştirilirken diğer yandan çim alan kurulumunda tohum ekimi gibi geleneksel yöntemlere alternatif hazır çim, hydroseeding gibi yeni teknikler kullanılarak uygulama avantajları yaratılmaya çalışılmıştır (Ok, 2020). Bu noktadan hareketle örtü bitkisi olarak uygulanacak olan çimin tedarik edilmesi ve kullanıcılara hazır çim sağlanması amacıyla ortaya çıkan “Hazır Çim” üretimi hızlı bir gelişme göstermiş, özellikle üretici firmalar Marmara Bölgesi illerinde yaygınlaşmıştır.

Bu kapsamda, oldukça fazla sayıda üretici firmanın bulunduğu sektörün analizine yönelik olarak gerçekleştirilmiş kapsamlı çalışmaların bulunmaması nedeniyle mevcut durumun ortaya çıkarılması ve geleceğe yönelik projeksiyonların geliştirilmesi için bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Marmara Bölgesinde bulunan İstanbul, Sakarya, Edirne, Yalova, Kocaeli, Kırklareli, Bursa, Balıkesir, Çanakkale ve Bilecik illerinde yer alan hazır çim üretimi yapan firmalar araştırmanın ana materyalini oluşturmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma kapsamında yer alan illerin konumu

Çalışmada anket yöntemi kullanılmıştır. İlk aşamada Marmara Bölgesi illeri olan İstanbul, Sakarya, Edirne, Yalova, Kocaeli, Kırklareli, Bursa, Balıkesir, Çanakkale ve Bilecik’de yer alan ve çalışmanın ana kütesini oluşturan hazır çim üretimi yapan firmalar tespit edilmiştir. Bu amaçla Tarım-Orman Bakanlığı İl Müdürlüklerine kayıtlı firmalar ile kayıt dışında üretim yapan diğer firmalar araştırılarak ön saha çalışması gerçekleştirilmiş ve firmalar belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşaması için uygulanacak olan anket formları oluşturulmuştur. Anketler firmaların kişisel bilgileri ve işletme durumları, yetiştiricilik ile ilgili sorular ve pazarlama ve sigorta ile ilgili sorular olmak üzere üç başlık altında hazırlanmıştır. Tespiti yapılan firmalarda anketler yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın üçüncü aşamasında ise elde edilen veriler için istatistiki değerlendirmeler SPSS 23 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Frequencies (Sıklık) analizi ile birlikte illerin birbirleri ile karşılaştırılmasında Tek yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak Duncan Testine göre $P \leq 0.05$ önemlilik düzeyinde harflendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Gerçekleştirilen kayıt tarama ve saha analizi neticesinde Marmara Bölgesi'nde İstanbul (10), Sakarya (8), Bursa (4), Tekirdağ (2) ve Edirne (1) illerinde toplam 25 hazır çim üretimi yapan firma tespit edilmiştir. Yalova, Kocaeli, Kırklareli, Balıkesir, Çanakkale ve Bilecik illerinde ise hazır çim üretimi yapan firma olmadığı görülmüştür. Yapılan yüz yüze anketler neticesinde elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Çim Bitkileri ve Çim Karışımları

Hazır çim firmalarında yapılan anketler değerlendirildiğinde incelenen çim firmalarının tamamında serin iklim çim bitkileri kullanılarak hazır çim üretimi yapıldığı tespit edilmiştir. Hazır çim üretiminde tercih edilen çim karışımlarının ise iller arasında $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli farklılıklar gösterdiği görülmüş olup 1 numaralı karışımın % 42.9 ve %37.5'lik oran ile İstanbul ve Sakarya ilinde yer alan firmalar tarafından en yüksek oranda kullanıldığı belirlenmiştir. Diğer yandan Edirne ve Tekirdağ illerinde 2 numaralı karışımın, Bursa ilinde ise 3 numaralı karışımın üreticiler tarafından tercih edildikleri görülmüştür (Çizelge 1). Bununla birlikte hazır çim üreticileri içerisinde kullandıkları çim tohum karışım oranlarını beyan etmeyen %25 bir kesim de bulunmaktadır.

Çizelge 1. İllere göre kullanılan çim karışımları dağılımları

Çim karışımları	Bursa	İstanbul	Sakarya	Tekirdağ	Edirne
1.Karışım (%10 <i>Lolium perenne</i> , %10 <i>Poa pratensis</i> , %80 <i>Festuca arundinacea</i>)	0,00 d	42.9 a*	37.5 b	33.3 c	33.3 c
2.Karışım (%10 <i>Lolium perenne</i> , %90 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00 b	0.00 b	0.00 b	33.3 a*	33.3 a*
3.Karışım (%5 <i>Lolium perenne</i> , %10 <i>Poa pratensis</i> , %85 <i>Festuca arundinacea</i>)	75 a	14.3 c	0.00 d	33.3 b	33.3 b
4.Karışım (%4 <i>Lolium perenne</i> , %11 <i>Poa pratensis</i> , %85 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00 b	14.3 a	0.00 b	0.00 b	0.00b
5.Karışım (%25 <i>Lolium perenne</i> , %25 <i>Poa pratensis</i> , %50 <i>Festuca arundinacea</i>)	–	–	–	–	–
6.Karışım (%5 <i>Lolium perenne</i> , %15 <i>Poa pratensis</i> , %80 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00 c	14.3 a	12.5 b	0.00 c	0.00c
7.Karışım (%15 <i>Lolium perenne</i> , %5 <i>Poa pratensis</i> , %80 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00 c	14,3 a	12.5 b	0.00 c	0.00c
8.Karışım (%20 <i>Lolium perenne</i> , %10 <i>Poa pratensis</i> , %70 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00b	0.00 b	12.5 a	0.00 b	0.00 b
9.Karışım (%10 <i>Poa pratensis</i> , %90 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00 b	0.00 b	12.5 a	0.00 b	0.00 b
10.Karışım (%5 <i>Poa pratensis</i> , %95 <i>Festuca arundinacea</i>)	0.00 b	0.00 b	12.5 a	0.00 b	0.00b

* Harfler $p \leq 0.05$ seviyesinde farklı grupları göstermektedir.

Toprak Uygulamaları ve Kültürel İşlemler

Hazır çim firmalarında yapılan anketlerde arazi toprağına uygulanan özel işlemler (kum, mil, torf, hayvan gübresi, drenaj vb.), bakımından iller arasında $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. İllere göre arazi toprağına uygulanan özel işlemlerin dağılımları belirlenmiş olup iller arasında en fazla işlemin, %50 ile Sakarya ve Bursa'da gerçekleştiği bunu sırasıyla %42.9 ile İstanbul %33.3 ile Tekirdağ ve Edirne'nin izlediği görülmüştür (Çizelge 2).

Çizelge 2. İllere göre çim firmalarında arazi toprağına uygulanan özel işlemler dağılımları

Uygulanan Özel işlemler	Bursa	İstanbul	Sakarya	Tekirdağ	Edirne
İşlem var	50 a*	42.9 b	50 a	33.3 c	33.3 c
İşlem yok	50 c	57.1 b	50 c	66.7 a*	66.7 a

* Harfler $p \leq 0,05$ seviyesinde farklı grupları göstermektedir.

Hazır çim firmalarının illere göre tohumdan kesime kadar geçen süreç boyunca yapılan işlemler değerlendirildiğinde file kullanımı haricindeki diğer parametrelerin (tohumların ilaçlanma durumu, file serimi, tohum ekim zamanı, en son tohum ekimi, ekim-kesim arasında geçen süre, ekim-kesim arasında geçen biçim sayısı, kesimdeki toprak kalınlığı, biçim sıklığı, kesimden serime kadar geçen süre) $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli olduğu görülmüştür. Bütün illerin % 100 oranında file kullandığı görülmüştür. Tohum ilaçlama bakımından Bursa ve Sakarya'daki üreticilerin tamamı ilaçlı tohum kullanırken Tekirdağ ve Edirne'deki üreticilerin %33.3'ü ve İstanbul'daki üreticilerin ise %71.4'ü ilaçlı tohum kullanmaktadır. Hazır çim firmalarının tamamı hem el işçiliği hem de makine kullanarak file serimi yaptıklarını belirtmiştir. Her iki yöntemle serim yapan üreticilerin %87,5 ile en fazla Sakarya'da olduğu görülürken bunu sırasıyla %75 ile Bursa, 66.7 ile Tekirdağ – Edirne ve %57.1 ile İstanbul illerinin izlediği belirlenmiştir. Tohum ekim zamanı açısından Bursa, Sakarya, Tekirdağ ve Edirne'deki üreticilerin tamamı eylül - ekim – kasım aylarında tohum ekimi yaptığını söylerken mart – nisan – mayıs dönemi ile birlikte her iki dönemde de tohum ekimi yapan ilin İstanbul olduğu belirlenmiştir. En son tohum ekim zamanı ise Tekirdağ ve Edirne illerinde % 100 ile kasım ayı olarak tespit edilmiştir. İstanbul'da yer alan firmaların %71'lik kesimi ile Bursa'da yer alan firmaların ise %25'lik kesiminin en son aralık ayında tohum ekimi yaptıkları görülmüştür. Diğer yandan, Bursa'da yer alan üreticilerin %25'lik kesimi bu soruyu cevapsız bırakmıştır (Çizelge 3). Bununla birlikte tohum ekimi ile hazır çimin tarladan kesimine kadar geçen süreye bakıldığında %66.7 ile Tekirdağ ve Edirne'deki üreticilerin ve %50 ile Bursa'daki üreticilerin 6-7 ayda kesim yaptıkları tespit edilmiştir. Kesilen çimin kalınlıkları 1-3 cm arasında değişiklik göstermiştir. Marmara bölgesindeki üreticilerin büyük çoğunluğunun satışa kadar geçen süre içerisinde 10 ve üzeri biçim yaptıkları görülmüştür. Biçimlerin Edirne ve Tekirdağ'daki üreticilerin %66.7'si, Sakarya'daki üreticilerin % 62.6'sında 10 ve üzerinde olduğu, İstanbul'daki üreticilerin %14.3'ü ile Bursa'daki üreticilerin tamamında ise 8-9 biçim yapıldığı belirlenmiştir. Çim biçim sıklığının mevsime göre farklılık gösterdiği, Edirne ve Tekirdağ ilindeki üreticilerin tamamının 6-7 gün arayla biçim yaptıkları, Bursa ilinde yer alan üreticilerin tamamının ise 0-3 gün

arayla biçim yaptıkları görülmüştür. Tüm aşamaları tamamlayan ve nakliye ile uygulama sahasına gönderilen hazır çimlerin tarladan kesim ve nakliye ile birlikte uygulama anına kadar ne kadar süre sağlıklı kalabileceği sorulduğunda ise iller bazındaki üreticilerin hemen hemen tamamı 0-1 gün olduğunu belirtirken Bursa ve Sakarya'daki üreticilerin ise %25'i 2-3 gün olduğunu söylemişlerdir (Çizelge 3). Marmara Bölgesinde bulunan firmalar için kültürel işlemler illere göre değerlendirildiğinde, kullanılan sulama yöntemi haricinde diğer parametrelerin $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). İstanbul ilinde yer alan üreticilerin %85.7'sinin su kaynağı olarak derelerden yararlandığı, Bursa ve Sakarya illerinde yer alan üreticilerin ise %50'sinin kuyu ve dere suyunu kaynak olarak kullandıkları tespit edilmiştir. İllerdeki üreticilerin tamamının (%100) yağmurlama sulama yönteminden yararlandıkları görülmüştür. Sulama suyu analizlerinin genel olarak illerdeki üreticiler tarafından yaptırıldığı, bu oranın Tekirdağ, Edirne ve Sakarya illerinde en yüksek olduğu, yine bütün üreticilerin gübreleme - ilaçlama işlemlerini uyguladıkları görülmüştür. Gübre uygulamalarının serpme ve serpme-sulama suyu ile birlikte gerçekleştirildiği, İstanbul ilinde yer alan üreticilerin tamamının serpme yöntem ile gübre uyguladıkları belirlenmiştir. Biçim sonrası çıkan atıkların ise Bursa, İstanbul ve Sakarya'daki üreticilerce geri dönüştürme için kullanılmadığı, Tekirdağ ve Edirne'deki üreticilerin ise sadece %33.3'ünün geri dönüştürme işi yaptıkları görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 3. Tohum ekiminden hazır çim kesimine kadar uygulanan işlemlerin dağılımları

İşlemler		Bursa	İstanbul	Sakarya	Tekirdağ	Edirne
Tohumların ilaçlanma durumu	İlaçlama var	100 a*	71,4 b	100 a	66.7 c	66.7 c
	İlaçlama yok	0.00 c	28,6 b	0,00 c	66.7 a*	66.7 a*
File kullanımı	File var	100	100	100	100	100
	File yok	-	-	-	-	-
File serimi	El işçiliği ile	25 c	42,9 a*	12,5 d	33.3 b	33.3 b
	Makine ile	-	-	-	-	-
	Her ikisi birlikte	75 b	57.1 d	87.5 a*	66.7 c	66.7 c
Tohum ekim zamanı	Eylül-Ekim-Kasım	100 a*	85.7 b	100 a*	100 a*	100 a*
	Mart-Nisan-Mayıs	-	-	-	-	-
	Her ikisi de	0.00 b	14.3 a*	0.00 b	0.00 b	0.00 b
En son tohum ekim zamanı	Aralık	25 b	71 a*	25 b	0.00 c	0.00 c
	Kasım	50 c	14 d	62.5 b	100 a*	100a*
	Ekim	-	-	-	-	-
	Cevap vermeyen	25 a*	14.3 b	12.5 c	0.00 d	0.00 d
Ekim-kesim arasında geçen süre	0-1 ay	0.00 b	0.00 b	12.5 a*	0.00 b	0.00b
	2-3 ay	25 c	28.6 b	25 c	33.6 a*	33.6 a*
	4-5 ay	25 c	42.9 a*	37.5 b	0.00 d	0,00d
	6-7 ay	50 b	28.6 c*	25 d*	66.7 a*	66.7 a*
	8 ay ve üzeri	-	-	-	-	-
Ekim-kesim arasında geçen biçim adedi	0-3	0.00 c	14.3 b	25 a *	0.00 c	0.00 c
	4-5	0.00 c	0.00 c	12.5 b	33.3 a*	33.3 a*
	6-7	0.00 c	14.3 b	25 a*	0.00 c	0.00 c
	8-9	100 a*	14.3 b	0.00 c	0.00 c	0.00 c
	10 ve üzeri	0,00 d	57.1 c	62.6 b	66.7 a*	66.7 a*

Çizelge 3. (Devamı)

Kesimdeki toprak kalınlığı	0-1cm	50 b	0.00 c	50 b	66.7 a*	0.00 c
	1.1-2cm	–	100 a*	37.5 c	33.3 c	66.7 b
	2.1-3cm	50 b	0.00 d	12.5 c	66.7 a*	0.00 d
	3.1 cm ve üzeri	–	–	–	–	–
Biçim sıklığı	0-3 gün	100 a*	0.00 c	62.5 b	0.00 c	0.00 c
	4-5 gün	0.00 b	0.00b	12.5 a*	0.00 b	0.00 b
	6-7 gün	0.00 c	0.00c	12.5 b	100 a*	100 a*
	8-9 gün	–	–	–	–	–
	9'dan fazla	0.00 b	0.00 b	12.5 a*	0.00 b	0.00 b
Kesimden serime kadar geçen süre	0-1 gün	75 b	100 a*	75 b	100 a*	100 a*
	2-3 gün	25 a*	0.00 b	25 a*	0.00 b	0.00 b
	4-5 gün	–	–	–	–	–
	5-6 gün	–	–	–	–	–
	7 gün ve üzeri	–	–	–	–	–

* Harfler $p \leq 0.05$ seviyesinde farklı grupları göstermektedir.

Çizelge 4. İllere göre kültürel işlemlerin dağılımlarının değerlendirilmesi

Parametreler		Bursa	İstanbul	Sakarya	Tekirdağ	Edirne
Sulama suyu kaynağı	Kuyu suyu	0.00 d	14.3 c	25 b	33.3 a	33.3 a
	Dere suyu	50 b	85.7 a	25 c	0.00 c	0.00 c
	Yüzey suyu	–	–	–	–	–
	Kuyu-dere suyu	50 a	0.00 c	50 a	33.3 b	33.3 b
	Baraj suyu	0,00 b	0.00 b	0.00 b	33.3 a	33.3 a
Su analizi yaptırma durumu	Analiz var	50 c	14.3 d	62.5 b	66.7 a	66.7 a
	Analiz yok	50 b	85.7 a	37.5 c	33.3 d	33.3 d
Kullanılan sulama yöntemi	Salma sulama	–	–	–	–	–
	Yağmurlama sulama	100	100	100	100	100
	Damlama sulama	–	–	–	–	–
	Salma ve yağmurlama sulama	–	–	–	–	–
Üretim-kesim arası uygulanan kültürel işlemler	Gübreleme	0.00 b	0.00 b	12.5 a	0.00 b	0.00 b
	İlaçlama	–	–	–	–	–
	Havalandırma	–	–	–	–	–
	Gübreleme ilaçlama	100 a	100 a	87.5 b	100 a	100 a
Gübreleme yöntemi	Serpme	75 b	100 a	37.5 c	33.3 d	33.3 d
	Sulama suyu ile	–	–	–	–	–
	Her ikisi de	25 c	0.00 d	50 b	66.7 a	66.7 a
Biçim sonrası geri dönüşüm	Geri dönüşüm var	0.00 b	0.00 b	0.00 b	33.3 a	33.3 a
	Geri dönüşüm yok	100 a	100 a	100 a	66.7 b	66.7 b

* Harfler $p \leq 0.05$ seviyesinde farklı grupları göstermektedir.

Üretim Kapasitesi ve Pazarlama

Marmara Bölgesindeki üreticilerin iller bazında satış ve pazarlama kriterleri incelendiğinde sigorta durumu haricince diğer parametrelerin $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Hazır çim firmalarının bütününde tarım sigortası uygulamasının bulunmadığı görülmüştür. Günlük satış kapasitesi ve yıllık satış kapasitesi bakımından İstanbul ilinde yer alan firmaların % 85.7'sinin sırasıyla 0-1000 m² ve 0-100.000 m² ile ilk sırada yer aldıkları belirlenmiştir. Sakarya ilinde yer alan firmaların sadece %37.5'inin ve Bursa ilinde yer alan firmaların sadece %25'inin 500.001-1.000.000 m² yıllık satış kapasitesine sahip oldukları bulunmuştur. Satışların toptan ve perakende olarak gerçekleştirildiği, pazarlama yöntemi olarak geleneksel pazarlama yönteminin kullanıldığı, Bursa, Edirne ve Tekirdağ illerinde bulunan üreticilerin yurt dışına ürün satmadıkları sadece İstanbul ve Sakarya ilinde yer alan üreticilerin sırasıyla %14.3 ve %37.5'inin yurt dışına satış gerçekleştirdikleri görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. İllere göre satış – pazarlama dağılımlarının değerlendirilmesi

	Parametreler	Bursa	İstanbul	Sakarya	Tekirdağ	Edirne
Günlük satış kapasitesi	0-1000 m ²	25 c	85.7 a	12.8 d	33.3 b	33.3 b
	1001-2000 m ²	25 a	14.3 b	25 a	0.00 c	0.00 c
	2001-3000 m ²	25 c	0.00 d	37.5 a	33.6 b	33.6 b
	3001-4000 m ²	–	–	–	–	–
	4001-5000 m ²	0.00 b	0.00 b	12.5 a	0.00 b	0.00 b
	5000 m ² ve üzeri	0.00 c	0.00c	12.5 b	33.3 a	33.3 a
Yıllık satış kapasitesi	0-100.000 m ²	25 c	85.7 a	0.00 d	33.3 b	33.3 b
	100.001-200.000 m ²	0.00 c	14.3 b	25 a	0.00 c	0.00 c
	200.001-300.000 m ²	25 b	0.00 c	37.5 a	0.00 c	0.00 c
	300.001-400.000 m ²	25 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
	400.001-500.000 m ²	–	–	–	–	–
	500.001-1.000.000 m ²	25 b	0.00 c	37.5 a	0.00 c	0.00 c
	1.000.000 m ² ve üzeri	–	–	–	–	–
Satış tipi	Toptan	–	–	–	–	–
	Perakende	0.00 b	14 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b
	Her ikisi de	100 a	85.7 b	100 a	100 a	100 a
Pazarlama yöntemleri	Geleneksel pazarlama	25 b	42.9 a	0.00	0.00	0.00
	Dijital pazarlama	–	–	–	–	–
	Sosyal medya pazarlama	–	–	–	–	–
	Hepsi	75 b	57.1 c	100 a	100 a	100 a
Satış yapılan bölge	Bursa	25 a	0.00 b	0.00 b	0.00b	0.00 b
	İstanbul	50 b	100 a	100 a	100 a	100 a
	İzmir	–	–	–	–	–
	Diğer	25 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
Yurt dışı satış durumu	Yurt dışı satışı var	0.00 c	14.3 b	37.5 a	0.00 c	0.00 c
	Yurt dışı satışı yok	100 a	85.7 b	62.5 c	100 a	100 a

Sonuç

Ülkemizde son 20 yılda önemli bir sektör haline gelen hazır çim üretim ve uygulamalarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada Marmara Bölgesi'nde yer aldığı tespit edilen 25 firma incelenmiş, 10 üretici firmanın Sakarya, 8 üretici firmanın İstanbul ve 4 üretici firmanın Bursa illerinde yer aldıkları görülmüştür. Firmaların %64'ünün son 15 yıl içerisinde kurulan genç firmalar olduğu ve personelin ise %68'inin 30-40 yaş aralıklarında oldukları, %60'lık kesiminin kiralık araziler üzerinde üretim faaliyetlerini sürdürdükleri tespit edilmiştir.

Firmaların tamamının üretim için ithal tohum kullandıkları, kullanılan çim karışımlarında *Lolium perenne* – *Festuca arundinacea* – *Poa pratensis* gibi türlerin farklı oranlarını tercih ettikleri ve üretimde filenin bütün firmalar tarafından kullanımının gerçekleştirildiği görülmüştür.

Sonuç olarak, elde edilen verilerin değerlendirilmesi neticesinde ortaya çıkan sorunlar ve çözüm önerileri aşağıda verilmiştir.

- ✓ Marmara Bölgesi'nde hazır çim üretimi yapan firmaların sıklıkla üretim yapmak için ihtiyaç duydukları geniş arazileri bulmakta zorluklar çektikleri görülmüştür. Üretim yapılan arazilerin yoğun olarak dağınık halde ve parça parça olması üretim aşamasında çeşitli problemler ile karşı karşıya kalınmasına neden olmaktadır. Bu durum beraberinde, üretimin devamlılığı, üretimde kullanılan teknik ekipmanların devamlı taşınması, personellerin ulaşımı, üretim sonrası satışta yüksek nakliye maliyetleri gibi olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Diğer yandan, arazi parçalanması beraberinde üretimde en önemli unsurlardan birisi olan su sorununu da ortaya çıkarmaktadır. Özellikle son yıllarda tarım alanları üzerinde kentleşme ve sanayileşme baskısının artması bu hususların başlıca katalizörü olarak görülmektedir. Bu ve benzer tehditlerin giderilebilmesi için tarım arazileri ve su kaynaklarının korunması amacıyla daha ciddi yaklaşımların hayata geçirilmesi kaçınılmaz görülmektedir.
- ✓ Hazır çim sektörü, dünyadaki gelişme hızına paralel bir şekilde ülkemizde de hızlı bir şekilde büyümektedir. Ancak, gelişme hızındaki artışa rağmen henüz sektörün kamuda bir karşılık bulduğundan bahsetmek mümkün değildir. Çünkü sektör içerisinde yer alan ve hazır çim üretimi gerçekleştiren firmalar tarım üreticileri sınıfında ya da herhangi bir üretici sınıfında (örneğin süs bitkileri üreticileri gibi) yer almamaktadır. Bu durum kaçınılmaz olarak üreticileri tarım desteklerinden (gübre, mazot vb.) de yararlanmasına engel teşkil etmektedir. Diğer yandan, üretici firmalar üretim aşamalarında oluşabilecek herhangi afet vb. durumda zarar gören üretim alanlarını korumaya alabilecekleri bir tarım sigortası (TARSİM) başvurusu bile yapamamaktadır. Bu konu ile ilgili çalışmalarında hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi sektörün gelişmesi açısından büyük önem taşımaktadır.
- ✓ Sektörde yer alan firmaların karşılaştıkları bir diğer sorun ise üretimde kullanılan çim tohumlarının ithal olmasıdır. Bu durum, artan döviz fiyatları ile birleştiğinde maliyetlerin giderek yükselmesine yol açmaktadır. Artan maliyetler rekabet koşullarını zayıflatmaktadır. Bu bağlamda sektörel çerçevede yerli tohum firmalarının desteklenmesi bu sorunun çözümüne katkı sağlayabilecektir.

- ✓ Üretim aşamalarında sahanın hazırlanması, tohum ekimi, ilaçlama, gübreleme vb. kültürel işlemler tarım makineleri ile yapılmakla birlikte bu ekipmanların çoğunlukla yurt dışından ithal edildikleri, yerli alet ekipmanların kullanımının ise sınırlı olduğu görülmektedir. Girdi maliyetlerinin düşürülebilmesi için alet ve ekipmanlar için yerli sermayenin oluşturulması ve teknik desteklerin net bir şekilde sağlanması gereklidir.
- ✓ Sektörde faaliyet gösteren firmalar yaşça çok genç olup henüz kurumsallaşmayı tamamlamamış durumdadır. Bünyelerinde ziraat mühendisi veya peyzaj mimarı istihdam eden firmaların üretim ve sonrası süreçlerde çok daha hızlı gelişim gösterdikleri saha çalışmalarında gözlemlenmiş olup bu kapsamda firmaların konu ile ilgili gerekli donanıma sahip teknik personel istihdam etmeleri teşvik edilmeleri önerilmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Makale, Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FYL-2023-1495 numaralı “Rulo Çim Üretimi ve Marmara Bölgesi Rulo Çim Firmalarının Değerlendirilmesi” isimli proje kapsamında Doruk Alp Aytekin tarafından tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir. Çalışmada uygulanan anket formu için Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Yayın Etik Kurulları (Fen ve Mühendislik Bilimleri Araştırma ve Yayın Etik Kurulu)’ndan 26 Aralık 2022 tarih ve 2022-10 oturum sayısı kararıyla onay alınmıştır. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya ortak katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abélard, E. and Galbrun, C. 2022. The Effects of Artificial Lighting on Sports Turf. *International Turfgrass Society Research Journal*,14,1016–1021.<https://doi.org/10.1002/its2.115>
- Deng, P. 2023. Effects of Plant Growth Regulators on Growth Characteristics and Turf Quality of Bermudagrass. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 35(4): 841-852.
- Gül, A. ve Küçük, V. 2001. Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2(1),s.27-48.
- Kuşvuran, A. 2012. Rekreasyon Alanlarında Kullanılan Çim Örtülerinin Çevre, İnsan Sağlığı ve Estetik Yönden Değerlendirilmesi. I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi: 509–523, 12–15 Nisan 2012, Kemer, Antalya.
- Li, Z., Weihang, Z., Bizhen C., Jie, X., Liebao, H. and Yan P. 2022. Turf Quality and Physiological Responses to Summer Stress in Four Creeping Bentgrass Cultivars in a Subtropical Zone. *Plants* 11, no. 5: 665. <https://doi.org/10.3390/plants11050665>.
- Ok, H. 2020. Stabilize Edilmiş ve Kurutulmuş Arıtma Çamurlarının Rulo Çim Üretiminde Kullanımı. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya.

- Oral, N. ve Açıkgöz, E. 1998. Bursa Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları için Tohum Karışımları Ekim Oranları ve Azotlu Gübre Uygulaması Üzerinde Araştırmalar. (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 216s.
- Özköse, A. 2012. Ankara Doğal Florasından Toplanan Çok Yıllık Çim (*Lolium perenne* L.) Genotiplerinin Bazı Morfolojik ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- Özşafak, C., ve Öner, F. 2011. Bahçevanlık El Kitabı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları. Artus Basım, İstanbul.890s.
- Salman, A. 2008. Farklı Gübre Dozlarının Bazı Serin ve Sıcak İklim Çimlerinin Yeşil Alan Performanslarına Etkisi. (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Sever Mutlu, S. 2020. Yerli Bermuda Çimi Survivor'ın Kuraklık Dayanımı ve Çim Performansı. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt (Sayı), 34(Özel Sayı), s. 303-317.
- Sherratt, P. 2011. The Benefits of Turf. Buckeye Turf Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University.
- Taşkın, S. ve Bilgili, U. 2020. Çevre ve İnsan Sağlığı Açısından Çim Bitkilerinin Faydaları. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), s. 417-425.
- Varoğlu, H. 2010. Bazı Yeni Kamışsı Yumak (*Festuca arundinaceae*), Çayır Salkım Otu (*Poa pratensis*), Kırmızı Yumak (*Festuca rubra*), İngiliz Çimi (*Lolium perenne*) Çeşitlerinin Çim Alan Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Wolski, K., Radkowski, A., Sobol, Ł., Bujak, H., Radkowska, I., and Bocianowski, J. 2021. Effect of Species Composition and Macronutrient Content on Football Turf Rigidity and Elasticity. *J. Elem.*, 26(3): 639-660. DOI: 10.5601/jelem.2021.26.3.2163



Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bünyesinde Bulunan Seralarda Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Belirlenmesi ve Ekonomik Analizi^A

Umut KILIÇ¹, Büşra YAYLI^{1*}, İlker KILIÇ²

Öz: Su, gelişmekte olan ülkelerde en çok tarım sektöründe kullanılırken gelişmiş ülkelerde ise en çok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Türkiye’de su, %77 ile en çok tarım sektöründe kullanılmaktadır. Küresel ısınma dünyada mevcut su kaynaklarında azalmalara neden olmaktadır. Gerekli tedbirlerin alınmaması, canlıların susuzluk yaşamalarına, tarımda sulama eksikliğinden kaynaklanan gıda sorunlarına, erozyon ve çölleşme gibi çeşitli iklimsel sorunların ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bundan dolayı mevcut su kaynakları tasarruflu kullanılmalı ve gelecekte yaşanabilecek su kıtlığına alternatif yöntemlerin üzerinde durulması gereklidir. Yağmur suyu, kurak olmayan bölgelerde hem sürdürülebilir hem de tasarruf sağlayabilecek önemli kaynaklardan biridir. Yağmur suyu hasadı, su tasarrufu sağlamak amacıyla gerçekleştirilebilecek önlemlerden birisidir ve su stresinin azaltılmasında önemli bir rolü bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nde bulunan seraların yağmur suyu toplama kapasitelerini ve sistemin olası su tasarrufu ve ekonomik kazancını belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma sonucuna göre, Bursa’ya yılda düşen yağış miktarı 719 L m⁻²’dir ve seraların yıllık yağmur suyu toplama potansiyeli 1179 ton’dur. En fazla akış Aralık ayında gerçekleşmiştir.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazar katkı oranları eşittir. Yazarlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Büşra YAYLI, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, busrayayli@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0198-3550](https://orcid.org/0000-0002-0198-3550)

¹ Umut KILIÇ, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, 512329002@ogr.uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-2389-3249](https://orcid.org/0000-0002-2389-3249)

² İlker KILIÇ, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, ikilic@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0087-6718](https://orcid.org/0000-0003-0087-6718)

Seralarda tüm yıl marul üretildiğinde, üretimde marulun su ihtiyacının tamamının karşılanabileceği sonucuna varılmıştır. Yağmur suyunun toplanması için planlanan depo sistemi ise kendini 12.5 yılda amorte edebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel üretim, sera, su kıtlığı, sürdürülebilirlik, yağmur suyu, yağmur suyu hasadı.

Determination and economic analysis of the potential of rainwater harvesting in greenhouses at the Faculty of Agriculture of Bursa Uludag University

Abstract: In developing countries, water is mainly used in the agricultural sector, while in developed countries, it is primarily used in the industrial sector. In Turkey, most of the water is used in the agricultural sector, accounting for 77 percent of consumption. Global warming causes the available water resources to decrease. Failure to take the necessary measures will lead to various climatic problems such as thirst for living things, food problems due to lack of irrigation in agriculture, erosion and desertification. For this reason, it is necessary to make economical use of available water resources and to emphasise alternative methods of dealing with the water shortages that may be experienced in the future. Rainwater is an important resource that can be sustainable and economical in non-arid regions. Rainwater harvesting plays an important role in reducing water stress and is one of the measures that can be implemented to save water. This study aimed to determine the rainwater collection capacities of the greenhouses in Bursa Uludağ University Faculty of Agriculture and the system's possible water saving and economic gain. According to the study results, annual rainfall in Bursa is 719 L m⁻² and the annual greenhouse rainwater harvesting potential is 1179 tonnes. The highest flow occurs in December. It was concluded that if lettuce was grown in greenhouses throughout the year, all the water needed to grow lettuce could be provided. The planned rainwater storage will pay for itself in 12.5 years.

Keywords: crop production, greenhouse, water scarcity, sustainability, rainwater, rainwater harvesting.

Giriş

Su, canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan temel yapı taşlarından bir tanesidir. Su canlılar için hayati bir kaynak olmasından dolayı suya ulaşmak ve kullanmak oldukça önemli hale gelmiştir. Bu durumdan dolayı insanlar tarih boyunca yaşamlarını sürdürecekleri alanları bile su kaynaklarına kolay ulaşabilecekleri noktalarda seçmişlerdir (Ogenler ve Okuyaz, 2017; Doğan, 2023).

Su, canlılar için içme suyu ve temel gereksinimleri karşılamak için kullanılmasının yanı sıra, sanayide, ticarete, turizmde, tarım arazileri ve seralarda gerçekleştirilen bitkisel üretimlerde ve benzeri birçok sektörde kullanılmaktadır. Su gelişmekte olan ülkelerde en çok tarım sektöründe kullanılırken gelişmiş ülkelerde ise en çok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)'nin 2023 yılı faaliyet raporuna

göre Türkiye'nin su tüketimi 57 milyar m³'e ulaşmıştır ve bunun %77'si tarımsal sulamada kullanılmaktadır (DSİ, 2023).

Türkiye'de su tüketiminin en çok gerçekleştirildiği sektör olan tarım sektöründe açık arazilerde ve seralarda bitkisel üretimler gerçekleştirilmektedir. Tarımsal arazilerde gerçekleştirilen üretimlerde doğal su kaynaklarının ve depolanan suların kullanılması dışında aynı zamanda yıl boyunca gerçekleşebilen yağışlardan da yararlanılmaktadır. Seralarda gerçekleştirilen bitkisel üretimde ise bu durum söz konusu değildir. Bu durumdan dolayı seralarda bitkiler, temizlik ve seradaki diğer işleri gerçekleştirmek için gerekli olan su miktarının hepsi hazır kaynaklardan tüketilmektedir (Baytorun ve ark., 2019). Kullanılmayan ya da atık suların tekrar kazanılarak kullanılması ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik bakımından önemlidir. Bu suyun tarım sektöründe kullanılması en önemli su tüketim kaynağı olan tarımda temiz su tüketim miktarının düşmesine ve bu suyun farklı alanlarda kullanılarak ciddi miktarda su tasarrufunun sağlanmasına neden olmaktadır. Tarımda kullanılan atık sular tasarruf sağlamanın yanı sıra sahip oldukları besin içeriği nedeniyle toprağa ek olarak da fayda sağlamaktadır (Pescod, 1992; Toze, 2006; Kukul ve ark., 2007).

Küresel ısınmanın etkisinin ve çevresel kirliliğinin boyutunun büyümesiyle dünyada su kaynaklarının azalmalarına neden olmakta, yağış rejimi, buharlaşma oranı, yüzey akışa geçen su miktarı, toprak içerisinde depolanıp kullanılabilen su miktarı gibi olayları da etkilemektedir (Suzan ve ark., 2023). Gerekli tedbirlerin alınmaması, canlıların susuzluk yaşamalarına, tarımda sulama eksikliğinden kaynaklanan gıda sorunlarına, erozyon ve çölleşme gibi çeşitli iklimsel sorunların ortaya çıkmasına neden olacaktır (Karaman ve Gökalp, 2010).

Yağmur suyu hasadı, su tasarrufu sağlamak amacıyla gerçekleştirilebilecek önlemlerden bir tanesidir. Gelişmekte olan ülkelerde yağmur suyu hasadı güvenilir bir su kaynağı alternatifidir, su kıtlığı yaşanan bölgelerde su kullanılabilirliğini artırmak için tamamlayıcı bir su kaynağı olabilir (Aghaloo ve Chiu, 2020; Khan, 2023; Prieto-Jiménez ve ark., 2024). Yeryüzüne yağmur olarak düşen suyun bir kısmı depolanıp tekrar kullanılabilirken büyük bir kısmından yararlanılamamaktadır. Bu nedenle bina çatılarına düşen yağışların oluklar yardımı ile toplanarak depolanmasına ve tekrar kullanılmasına yağmur suyu hasadı denmektedir. Depolanan suyun filtrelenerek evlerde veya işletmelerde tekrar kullanılması sonucunda hem su tasarrufu hem de ekonomik olarak kazanç elde edilebilmektedir (Mengü ve Akkuzu, 2008; Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018). Cipolla ve ark. (2018), yağmur suyunun toplanması gri suyun yeniden kullanılması ve yeşil çatılarla entegre sistem üzerine yaptıkları çalışmada yağmur suyu depolama tanklarını tasarlamışlardır. Bahçesi olmayan binalar için içme suyu kullanımı olarak iyi performans göstermiş ve gri su çıkışını azaltarak su tasarrufuna katkıda bulunabileceğini göstermişlerdir.

Yağmur suyu hasadının tarımda kullanılmasına ilişkin son zamanlarda yapılan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Tarımda hayvan ve bitki üretiminde yağmur hasadının kullanımına yönelik son zamanlardaki yapılmış çalışmalarda, hesaplanan yağmur suyu hasadı potansiyellerinin bitkilerin su tüketimlerinin ve hayvanların su ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir yere sahip olduğu belirtilmiştir (Baytorun ve ark., 2019; Boyacı ve Kartal, 2019; Boyacı ve Atılğan, 2023; Kılıç ve ark., 2023)

Bu çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde bulunan seraların yağmur suyu toplama kapasitelerini ve bu sistemin olası su tasarrufu ve ekonomik kazancını belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde yer alan seraların çatılarına düşen yağmur suyu hasadı potansiyelleri hesaplanması amaçlanmıştır. Bursa ili, Marmara denizinin güneydoğusunda yer almaktadır ve ılıman bir iklime sahiptir. Ancak kuzeyde daha yumuşak ve ılık iklim yaşanırken güneyde daha sert bir iklim görülmektedir. Denizden yükseliği 115 m'dir ve ortalama bağıl nem %69 civarındadır. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos, en düşük sıcaklıklar ise Ocak ve Şubat aylarında yaşanmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bursa'nın 1990-2020 arasındaki aylık ortalama sıcaklık değerleri (°C) (MGM, 2024)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Max. Sıcaklık (°C)	9.8	11.4	14.6	19.2	24.4	28.9	31.4	31.7	27.6	22.2	16.6	11.5
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	1.7	2.4	4.1	7.4	12.0	16.2	18.4	18.7	14.8	10.8	6.0	3.3
Güneşlenme süresi (saat)	2.7	3.2	4.0	5.5	7.0	8.8	9.7	8.9	7.0	4.7	3.7	2.5

İncelenen dört adet seraya ait uydu görüntüleri Google Earth üzerinde alınmıştır (Şekil 1). G2 numaralı sera üçgen çatılı ve birleşik cam seradır. G1, G3 ve G4 numaralı seralar ise yay çatılı ve plastik seralardır.



Şekil 1. Seralara ait görüntüler

Yağmur Suyu Hasadı Hesabı

Çatıda alanlarına ait yağmur suyu hasadı potansiyellerinin hesaplanması için Eşitlik 1'den yararlanılmıştır (TEMA, 2017; Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018).

$$\text{Çatılardaki Yağmur Suyu Hasadı (m}^3\text{)} = \text{Çatı Alanı} \times \text{Yağış Miktarı} \times \text{Çatı Katsayısı} \times \text{Filtre Katsayısı} \quad (1)$$

Yağmur hasadının hesaplanmasında uygulanacak çatı alanı ve yağış miktarı dikkate alınmaktadır. Ayrıca Alman standartları (DIN1989) tarafından belirlenen bazı standartlarda yer alan katsayılar, yağmur suyu hasadında kullanılmaktadır. Çatı katsayısı, çatıya ulaşan bütün yağışın tekrar kullanılmayacağını belirtmektedir ve ilgili standartta 0.8 olarak belirlenmiştir. Filtre katsayısı ise çatıdan toplanan yağmur suyunun görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun hepsinin buradan geçemeyeceği hesaplanarak verilen bir katsayıdır ve bu katsayı DIN1989 standardında 0.9 olarak belirlenmiştir.

Seralara ait çatı alanları sırasıyla G1, G2, G3 ve G4 için 500.5 m², 1045.6 m², 475.2 m² ve 256.4 m²'dir. Toplamda yaklaşık 2278 m² çatı alanı bulunmaktadır. Bursa'nın ortalama yağış miktarı, Meteoroloji'nin resmi sitesinden 1991-2020 yılları arasında metrekare başına düşen yağış miktarı verilerinden elde edilmiştir (MGM, 2024) (Çizelge 2). Buna göre Bursa'nın yıllık yağış ortalaması 719.1 mm (719.1 L m⁻²)'dir.

Çizelge 2. Bursa'nın aylık toplam ortalama yağış miktarı (mm) (MGM, 2024)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış Miktarı	79.2	78.2	74.9	68.6	47.9	42.8	14.3	17.5	50.1	84.4	67.3	93.9

Yağmur hasadı sistemi toplama, depolama ve dağıtım sisteminden oluşmaktadır ve toplanan su arıtma gereken ve arıtma gerekmeyen işlemler için kullanılabilir (García-Ávila ve ark., 2023). Yağmur suyunu toplayacak sistemin depo hacmi, yıl içerisinde maksimum yağışın düştüğü ay dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Yağmur hasadı Eşitlik 1 ile hesaplanmış, piyasada standart hacim ölçülerine göre depo hacmi tasarlandığı için maksimum yağışı depolayabilecek depo kapasitesi seçilmiştir. Yağmur suyu oluklar aracılığıyla depoya iletilecektir.

Seralardaki Bitki Üretim Deseni ve Su tüketimi

Çalışma kapsamındaki seralarda, daha çok fakülte'deki bilimsel çalışmalar kapsamında üretimler gerçekleştirilmektedir. Seralarda tüm yıl boyunca toprakta marul yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği senaryoda ve seranın tüm alanının üretime ayrılmayacağı düşünüldüğünde seralarda üretim alanı tüm alanın 2/3'ü kadardır. Seraların üretim alanları sırasıyla G1, G2, G3 ve G4 için 333.6 m², 697 m², 316.8 m² ve 171 m²'dir.

Seralarda üretimi planlanan marul bitkisine ait su tüketimi ihtiyacının hesaplanmasında FAO tarafından geliştirilen Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır ve Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 kullanılmıştır (FAO, 1998). FAO Cropwat 8.0 yazılımı yardımıyla sıcaklık, nem, rüzgar ve güneşli gün sayısı kullanılarak Et_0 değerleri elde edilmiştir. K_c katsayıları için ise marul bitkisi için üretim sürecinin başlangıç, orta ve son dönemine yönelik değerler FAO web sitesinde alınmıştır (FAO, 1998).

$$Et_c = Et_0 \times K_c \quad (2)$$

Eşitlikte:

Et_c = Bitkiler için evapotranspirasyon ($mm \text{ gün}^{-1}$)

Et_0 = Referans evapotranspirasyon ($mm \text{ gün}^{-1}$)

K_c = Bitki katsayısı (Marul üretimi için K_c değerleri üretimde tohum ekimi aşaması için 0.70; sezonun ortasında fide dikimi için 1 ve üretimin sonu hasat için 0.95 katsayıları alınmıştır).

$$GSİ_B = AET(1 + KF_{ds}) * A_{crop} AG^{-1} \quad (3)$$

Eşitlikte:

$GSİ_B$ = Bitkinin günlük su ihtiyacı ($mm \text{ gün}^{-1}$)

KF_{ds} = Damla sulama sistemi için kayıp faktörüdür ve 0.03 ile 0.1 arasında bir katsayıdır.

$A_{crop} AG^{-1}$ = Sebze ve çiçekler için 0.9 katsayısı dikkate alınmaktadır.

Yağmur Suyu Hasadı Sisteminin Ekonomik Analizi

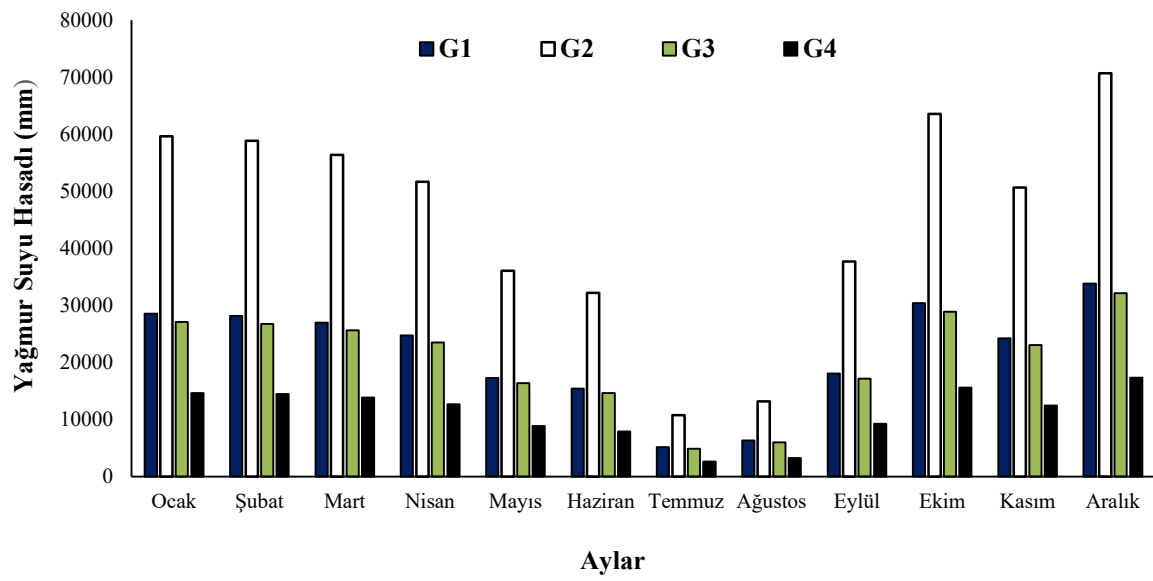
Seraların yağmur depolama sistemlerinin yağışı toplama, depolama ve iletme sistemleri Autocad programı aracılığıyla çizilmiştir. Sistemde kullanılan malzemelerin fiyatları hesaplanarak sistemin maliyeti ortaya çıkarılmıştır. Seralarda yetiştirilen ürünlerin su tüketimleri ve bunun yağmur suyu ile karşılanma oranı, sulama suyunun faturası üzerinden tasarruf edilecek miktar elde edilerek amorti süresi hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamındaki seralar için çatıların yağmur suyu toplama potansiyelleri, elde edilen yağmur ile üretim gerçekleştirilmesi senaryosu ve suyun depolanması için gereken sistem tasarımı ve amorti edebileceği zaman farklı başlıklar altında incelenmiştir.

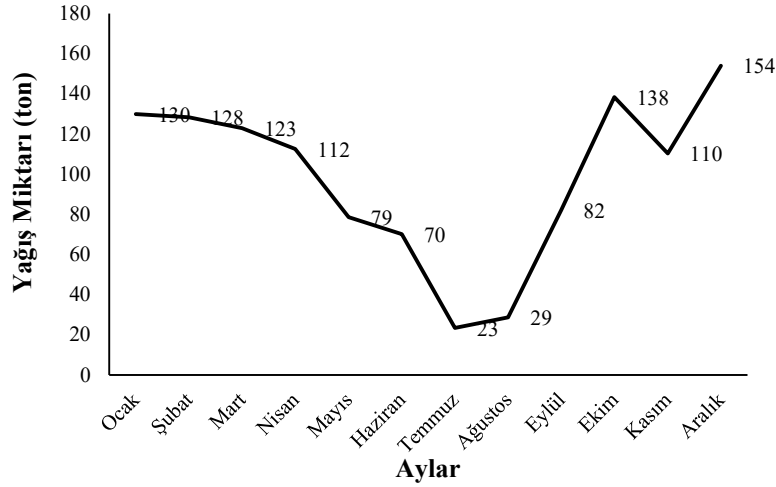
Yağmur Suyu Potansiyeli

Seraların çatılarında yağmur suyunun toplanma kapasitesi çatı alanları ve yağış miktarıyla doğru orantılıdır. Çatı alanı genişledikçe ve yağışın daha yoğun olduğu dönemlerde toplanabilecek yağmur suyu miktarı da artacaktır. Şekil 2'de göre en fazla yağmur G2 numaralı seraya düşmektedir. En az yağış, en düşük sera alanına sahip G1 numaralı seraya düşmektedir. Tüm sera çatılarına yıllık olarak toplamda 1179 ton yağış düşmektedir ve %45.9'u G2 numaralı sera toplamaktadır.



Şekil 2. Seraların aylara göre yağmur suyu hasadı

Toplamda elde edilecek yağmur hasadı en fazla Aralık ayında (%13.1) gerçekleştirilmektedir (Şekil 3). En az hasat ise Temmuz ayında (%2) öngörülmektedir. Yağışın daha fazla olduğu dönemlerde elde edilen akışın depolanması, akışın az olduğu zamanlarda kullanımı için sistem tasarımının en fazla hasat edilen döneme göre planlanmalıdır.



Şekil 3. Yağışların aylara göre dağılımı

Seralarda Marul Üretimi Senaryosu

Çalışmanın bu bölümünde bitkisel üretimde yağmur suyunun kullanımının katkısını ortaya konulabilmesi için marul üretimi ele alınmıştır. Özellikle yağmurun, içme suyu olarak kullanılmadığı durumlarda şebeke suyuna olan baskının hafifletilmesi için yağmur suyu hasadı su stresiyle mücadele için önemli bir yöntemdir (Maniam ve ark., 2022; Hamidi ve ark., 2023). Hesaplamalarda sadece marul bitkisinin su tüketimi dikkate alınmış, diğer su giderleri (temizlik vs.) göz ardı edilmiştir. Ayrıca seralarda ısıtma yapılmamaktadır.

Marulun su tüketimleri, tüm seraların üretim alanlarına ve tüm yıl üretimin sürdüğü göz önüne alınarak Çizelge 3'te verilmiştir. Üretim alanı en geniş olan G2 numaralı serada, su tüketim ihtiyacı en fazla olduğu görülmektedir. Tüm seralar değerlendirildiğinde yıllık olarak toplam marul su tüketimi 1066 m³'tür. Birim alan başına su tüketimi ihtiyacı ise 468 L m⁻²'dir. Çizelge 3'e göre seralarda toplanan yağmur suyu, marul su ihtiyacını karşılamaktadır ve birim alan toplanan yağmur suyu 518 L m⁻²'dir. Dolayısıyla yılda su tüketiminden 113 ton fazla yağmur suyunun toplanma potansiyelinin olması ile birlikte tüm tüketimin karşılanabileceği sonucuna varılmaktadır.

Boyacı ve Kartal (2019), Kırşehir'de gerçekleştirdikleri bir çalışmada inceledikleri serada üretimdeki domatesin su ihtiyacının %61.49'unun karşılanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca yıl boyunca ısıtmalı seralarda ise bitkilerin toplam sulama ihtiyacının %47.74'inin yağmur suyu hasadı ile karşılandığını ifade etmişlerdir.

Çizelge 3. Seraların tüm yıldaki toplanan akış miktarı ve marul su tüketim ihtiyaçları

	G1	G2	G3	G4
Marul su ihtiyacı (m ³)	234.2	489.3	222.4	120.0
Toplanan yağmur suyu (m ³)	259.1	541.3	246.1	132.8
Karşılama oranı (%)	100	100	100	100

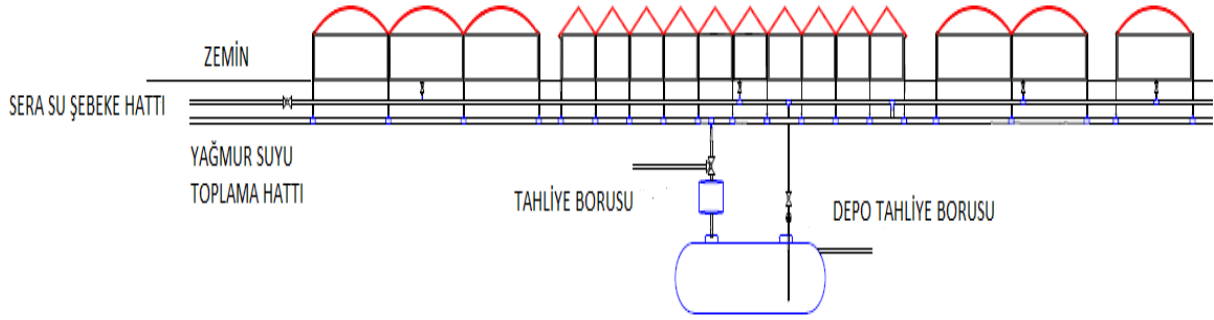
Sistem Tasarımı ve Amortisman Süresi

Çalışmanın bu bölümünde yağmur suyunun depolanması için gerekli sistemin tasarımı ve ekonomik analizi yapılmıştır. Seralardan üç tanesinin yay çatılı olduğu ve oluklara sahip olması durumunda bu seraların da etkili olabileceği göz önüne alınarak dört adet sera da dikkate alınarak sistem tasarımı tüm seralar için yapılmıştır. Yağmur suyu depolama tankı, yağmurun güvenli ve temiz bir şekilde depolanabileceği, tüm seralarda en fazla miktarda yağmurun birikeceği ay olarak planlanmıştır. Sisteme ait malzeme listesi Çizelge 4'te verilmiştir. Depo tasarımı yer altında bulunacak şekilde ve galvanizli çelik olarak 165 ton hacminde planlanmıştır. Depolar yer altında ve yer yüzeyinde olacak şekilde tasarlanabilir. Yer üstünde olan depoların devamlı güneşe maruz kalması ve içerisinde daha fazla mikroorganizmaların üremesine olanak vermesi, ayrıca yer üstünde bulunan depoların estetik açıdan hoş olmaması gibi dezavantajların da dikkate alınmasıyla, bu çalışmada sistem yer altında tasarlanmıştır.

Çizelge 4. Yağmur sistemi tasarımı donanım listesi ve maliyetleri

No	Malzeme	Adet	Fiyat (USD)
1	165 ton hacimli galvanizli çelik su deposu	1	7200
2	Taşıma ve kurulum masrafları	1	3070
3	T boru	20	55.2
5	11 Ø Boru	120 metre	386.85
6	Üç yönlü vana	1	245.62
7	Filtre	1	368.43

Seralar için gerçekleştirilecek yağmur suyu hasat sisteminin tasarımında kullanılacak olan 165 ton hacimli galvanizli çelik su deposunun çalışma alanının ortasında yer altına gömülü şekilde konumlandırılması planlanmıştır. Seraların çatılarından hasat edilen yağışların, yağmur suyu toplama hattı yardımı ile depoya gönderilmesi ve depolanan suyunda ihtiyaç duyulduğu zamanlarda kullanılmak amacıyla pompa yardımıyla bölgede hali hazırda kullanılan şebeke su hattı ile tekrar seralara ulaştırılması planlanmıştır. Aynı zamanda sisteme depo kapasitesinin üstündeki yağışları veya sistemde oluşabilecek bir sorunda depodaki suyu uzaklaştırmak amacıyla tahliye boruları eklenmiştir. Seralara ait yağmur suyu hasat sisteminin tasarımı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Seralara ait yağmur suyu hasat sisteminin tasarımı

Çalışma alanındaki seralarda yağmur suyu sisteminin tasarımı için gerekli olan maliyet 11326 USD olarak bulunmuştur. Yağmur suyu hasadı ile elde edilecek olan su miktarı seralarda yıllık gerekli olan su miktarının tamamını karşılayacağından dolayı su tasarrufundan yıllık 900.3 USD kar sağlanmaktadır. Kurulacak olan sistemin ortalama ömrü 25 yıldır. Elde edilen toplam maliyet ve su tasarrufundan sağlanan kazanç karşılaştırıldığında sistem kendisini 12.54 yılda amorti etmektedir. Bu nedenle sistem ömrünün yarısında maliyetini tamamen karşılarken geri kalan 12.5 yıllık sürede tamamen kar ettirmektedir.

Sonuç

Şiddeti artan küresel ısınmanın ve beraberinde ciddi etkilerinin yaşandığı iklim değişikliğinin sonuçları her geçen gün daha da önemli boyutlara ulaşmaktadır. Su kaynaklarının çok hızlı bir şekilde tüketildiği ve yerine konulması neredeyse imkânsız olan suyun, alternatif ve sürdürülebilir yöntemlere yönelmesi kaçınılmazdır. Tarım sektörü önemli su tüketicisi bir sektör olduğu ve gıda sektörünün de devamlılığının buna bağlı olduğu düşünüldüğünde yağmur suyu hasadı yönteminin tarıma entegre edilmesi gelecek için önemlidir.

Bu çalışmada seraların çatılarında birikebilecek yağmur suyu doğru bir şekilde depolandığında, tüm yıl marul üretiminin gerçekleştirilecek su ihtiyacının tamamının karşılandığını göstermektedir. Yağmur suyunu depolayacak sistem tasarımının ömrünün 25 yıl olduğu ve 12.5 yılda kendini amorti edebildiği, sistem kalan ömründe ise işletmeye kar elde ettireceği hesaplanmıştır. Yağmur suyu hasadı yalnızca bitkisel üretimde değil aynı zamanda hayvansal üretim gerçekleştirilen barınaklarda da etkili olacağı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Küresel su kıtlığı gerçeğinin daha ciddi boyutlara ulaşmadan alternatif ve sürdürülebilir yöntemlere yönelmesi ve uygulamaya geçilmesi geleceğimiz oldukça önemlidir. Yağmur suyu hasadı yöntemi, uygulanması kolay ve bu konuda oldukça elverişli bir yöntemdir. Yağmur suyu hasadı iklim özellikleri elverişli bölgelerde daha uygun bir yöntem olup kurak bölgelerde yeterli yağış olmadığı için bu bölgelerde bu yöntem etkili olmayacaktır.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aghaloo, K. and Chiu, Y. R. 2020. Identifying optimal sites for a rainwater-harvesting agricultural scheme in iran using the best-worst method and fuzzy logic in a GIS-based decision support system. *Water*, 12: 1913.
- Baytorun, A. N., Zaimoğlu, Z. and Ünlü M. 2019. Determination of harvesting and storage capacity of rain water in greenhouse establishments. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(1): 22-29.
- Boyacı, S. and Kartal, S. 2019. Rainwater harvesting on greenhouse roof and use in irrigation. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(2): 93-100.
- Boyacı, S. ve Atılğan, A. 2023. Büyükbaş hayvan işletmelerinde yağmur suyu hasadı ve kullanım olanaklarının araştırılması. IV. International Siirt Conference on Scientific Research, 17-18 November 2023, Siirt, Türkiye, p:475-485.
- Cipolla S. S., Altobelli, M. and Maglionico, M. 2018. Decentralized water management: rainwater harvesting, greywater reuse and green roofs within the GST4 water project. *Proceedings*, 673(2): 1–8.
- Doğan, M. 2023. Sürdürülebilirlik: Su ve suyun önemi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 10(1): 176-192.
- DSİ, 2023. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2023 Yılı Faaliyet Raporu. https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf (Erişim Tarihi: 22.06.2024)
- FAO 1998. Food and Agriculture Organization, Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - Chapter 6 - ETc - Single crop coefficient (Kc). <https://www.fao.org/3/X0490E/x0490e0b.htm> (Erişim tarihi: 8.04.2024)
- García-Ávila, F., Guanoquiza-Suárez, M., Guzmán-Galarza, J., Cabello-Torres, R. and Valdiviezo-Gonzales, L. 2023. Rainwater harvesting and storage systems for domestic supply: An overview of research for water scarcity management in rural areas. *Results in Engineering*, 18: 101153.
- Hamidi, M. N., Hamidi, N., Işık, O., Güven, H., Özgün, H. ve Erşahin, M. E. 2023. Sürdürülebilir yağmur suyu hasadı. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(2): 97-110.
- Khan, A. S. 2023. A comparative analysis of rainwater harvesting system and conventional sources of water. *Water Resources Management*, 37: 2083–2106

- Karaman, S. ve Gökalp, Z. 2010. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 59-66.
- Kılıç, U., Yaylı, B. and Kılıç, İ. 2023. Rainwater harvesting and system design in livestock farms. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 9(2): 218-228.
- Kukul, Y. S., Ünal Çalışkan, A. ve Anaç, S. 2007. Arıtılmış atık suların tarımda kullanılması ve insan sağlığı yönünden riskler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(3): 101-116.
- Maniam, G., Zakaria, N. A., Leo, C. P., Vassilev, V., Blay, K. B., Behzadian, K. and Poh, P. E. 2022. An assessment of technological development and applications of decentralized water reuse: A critical review and conceptual framework. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 9(3): e1588.
- MGM 2024. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BURSA> (Erişim Tarihi: 6.04.2024).
- Ogenler, O. ve Okuyaz, S. 2017. Suyun durumu hakkında kısa bir değerlendirme. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 7(3): 178-186.
- Mengü, G. P. ve Akkuzu, E. 2008. Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 75-85.
- Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Irrigation and drainage, Paper No. 47, FAO, Rome.
- Prieto-Jiménez, D., Oviedo-Ocaña, E. R., Gómez-Isidro, S. and Domínguez, I. C. 2024. A multicriteria decision analysis for selecting rainwater harvesting systems in rural areas: a tool for developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Suzan, U., Gürgülü, H. ve Ul, M. 2023. Tarımsal sulamada bireysel olarak uygulanan teşvik ve desteklerin değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1): 183-194.
- TEMA 2017. Türkiye Erozyonla Mücadele Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı. <http://sutema.org> (Erişim Tarihi: 4.4.2024)
- Toze, S. 2006. Reuse of effluent water-benefits and risks. *Journal of Agricultural Management*, 80: 147-159.
- Yalılı Kılıç, M. ve Abuş, M. N. 2018. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2): 209 – 215



Sulama Birliklerinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Sulama Performans Göstergelerinin Önem Düzeylerinin Belirlenmesi^A

Neslihan ATABAY^{1*}, Kemal Sulhi GÜNDOĞDU²

Öz: Günümüzde su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, öne çıkan önemli bir konu haline gelmiştir. Su, tarımsal faaliyetlerin temel bileşenlerinden biridir. Sulama birlikleri, suyun düzenli ve adil bir şekilde dağıtılmasını sağlamak, finansal kaynakları etkili bir şekilde yönetmek, üretim süreçlerini optimize etmek ve genel ekonomik etkinliği artırmak gibi önemli roller üstlenmektedir. Sulama birliğinin faaliyetlerini ve etkinliklerini objektif bir şekilde değerlendirmek önemlidir. Sulama birliklerinin yaptıkları faaliyetlerinin değerlendirilmesinde çeşitli göstergeler kullanılabilir. Bu çalışmada sulama performans göstergeleri olarak su kullanım, finansal ve üretim etkinliği ve alt göstergelerinin önem düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak bu göstergelerin sulama birliği başarısındaki katkısının belirlenmesi, su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine ve su kaynaklarının daha etkin kullanılmasına yardımcı olabilecektir. Bu da hem tarımsal hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Ayrıca, sulama birliği yöneticilerinin kaynakları doğru bir şekilde tahsis etmelerine ve öncelikli alanlara odaklanmalarına yardımcı olabilecektir. Bu çalışmanın sonuçları uzmanlardan alınan görüşler ile elde edilmiştir. Tüm performans göstergeleri değerlendirildiğinde üretim etkinliği, %41 önem derecesi ile ilk sırada yer almıştır. Finansal etkinlik performans göstergesi önem derecesinin %33 olduğu görülmüştür. Su kullanım etkinliğinin ise %26 önem

^A Bu makale bir yüksek lisans tezinin hazırlık çalışması olarak hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Neslihan ATABAY, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Nilüfer, Bursa, Türkiye, neslihanatabay@gmail.com, [OrcID 0009-0000-9167-071X](https://orcid.org/0009-0000-9167-071X)

² Kemal Sulhi GÜNDOĞDU, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Nilüfer, Bursa- Türkiye, kemalg@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-5591-4788](https://orcid.org/0000-0002-5591-4788)

derecesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada her bir performans göstergesinin alt göstergeleri de ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sulama birlik başarısı, analitik hiyerarşi süreci, sulama performans göstergeleri.

Determining the Importance Levels of Irrigation Performance Indicators Used in the Performance Evaluation of Irrigation Associations

Abstract: Today, effective and sustainable management of water resources has become a crucial issue. Water is one of the basic components of agricultural activities. Irrigation associations play significant roles such as ensuring regular and fair distribution of water, effectively managing financial resources, optimizing production processes and increasing overall economic efficiency. It is important to objectively evaluate the activities and efficiencies of the irrigation associations. Various indicators can be used to evaluate the activities of irrigation associations. In this study, it was tried to be determined that the importance levels of water use, financial and production efficiency and sub-indicators as irrigation performance indicators. Determining the contribution of these indicators to the success of irrigation associations using the Analytical Hierarchy Process (AHP) can help develop water management strategies and use water resources more effectively. This is important for both agricultural and environmental sustainability. Additionally, it can assist irrigation association managers in allocating resources correctly and focusing on priority areas. The results of this study were obtained through expert opinions. When all performance indicators were evaluated, production efficiency ranked first with an importance level of 41%. It was observed that the importance level of the financial efficiency performance indicator was 33%. It was determined that water use efficiency had a 26% importance level. In the study, the sub-indicators of each performance indicator were evaluated separately.

Keywords: Irrigation association success, analytic hierarchy process, irrigation performance indicators.

Giriş

Tarım, dünya genelinde gıda güvenliği ve ekonomik kalkınma için kritik bir sektördür. Tarımın sürdürülebilirliği, su kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Tarım sektörünün en büyük su kullanıcı grubu olması nedeniyle, suyun yönetimi ve işletilmesi, sulama sistemleri, verimlilikleri, fiyatlandırılması, su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi oldukça önemli konulardır.

Su yönetimi, su kaynaklarının düzenli bir şekilde geliştirilmesi, dağıtılması ve etkili bir biçimde kullanılmasını içeren bir süreçtir (Ersöz ve Çamoğlu, 2020). Günümüzde ve gelecekte gıda güvenliğinin sağlanabilmesi ve ihtiyaçların karşılanabilmesi için, su kaynaklarının sadece fiziksel değil, aynı zamanda sosyal,

ekonomik ve çevresel faktörleri de içeren bütüncül bir yönetim anlayışıyla ele alınması önem arz etmektedir. Bu yaklaşım, son yıllarda birçok ülkede uygulanmaya başlamıştır (Aküzüm ve ark., 2010).

Su kaynaklarının verimli kullanımı, sulama birlikleri aracılığıyla daha etkili bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Birliklerin performansı, tarım verimliliğini ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini etkileyen önemli bir faktördür (Yazgan ve Değirmenci, 2002). Şebekelerde performansın artırılması ve mevcut suyun en etkili biçimde kullanılması, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından kritik bir öneme sahiptir (Süheri ve Topak, 2005).

Performans göstergeleri, bir sistemin diğer bir sistemle karşılaştırılmasında temel araçlardan biridir. Bu göstergeler, alan, bitki, su ve finans gibi ilgili verilerden elde edilen oranlar ya da sayılar olarak ifade edilir. Sulama performans göstergeleri kullanılarak sulamanın etkinliği belirlenebilmekte, farklı projeler birbiri ile karşılaştırılabilmekte, farklılıklar analiz edilebilmektedir. Bu sayede kaynakların daha etkin bir şekilde yönetilmesi için stratejik kararlar alınabilmektedir (Değirmenci ve ark., 2017).

Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), sulama birliklerinin performansını değerlendirmek için yapılandırılmış bir yaklaşım sunacak etkili bir araçtır. AHP, çeşitli kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıklarını belirlemek, öncelik sıralamalarını yapmak ve farklı seçenekleri değerlendirmek için kullanılabilir (Gençoğlu ve Değirmenci, 2019). AHP yöntemi, kriter ağırlıklarını belirleme ve performans değerlendirme konulu çalışmalarda araç olarak kullanıldığı pek çok araştırma bulunmaktadır (Ömürbek ve ark., 2015; Arıbaş ve Özcan, 2016; Gümüş ve Öziç, 2018; Çakan ve Gökdeniz, 2020; Ömürbek ve Tüter, 2020; Nebati ve ark., 2021; Yorulmaz ve Aksu, 2021; Erdemir ve ark., 2022; Çifçi ve Değirmenci, 2022). Ancak sulama birliği performanslarının değerlendirilmesi konulu çalışmalarda diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi AHP'nin kullanımı kısıtlıdır.

Bu çalışmada, sulama performans göstergelerinin sulama birliklerinin performansını ve başarısını belirlemedeki katkı düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sulama performans göstergeleri olarak, su kullanım, finansal ve üretim etkinliği göstergeleri kullanılmıştır. Göstergelerin katkı düzeylerinin belirlenmesinde ise analitik hiyerarşi süreci uygulanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen sulama performans göstergeleri kullanılmıştır. Sulama performans göstergeleri ve hesaplama yöntemleri Çizelge 1'de verilmiştir (Molden ve ark., 1998; Burt, 2001; Çifçi ve Değirmenci, 2022). Sulama birliklerinin başarısını değerlendirmede, bu göstergelerin katkı düzeylerinin belirlenmesi için AHP yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, 6 farklı uzmanın görüşlerine başvurulmuş, sulama performans göstergelerinin önceliklendirilmesi için bir uzman paneli oluşturulmuştur. Her bir uzman, kendi uzmanlık alanına odaklanarak, sulama birliklerinin başarısını etkileyen faktörler konusundaki görüşlerini ve değerlendirmelerini paylaşmıştır. Bu uzmanlar, su kullanım, finansal ve üretim etkinliği performans göstergelerinde derin bir bilgiye sahiptir. Uzman görüşleri, AHP matrisinin

oluşturulmasında temel veri kaynaklarından biridir. Bu matris, her bir uzmanın belirli performans göstergelerine verdiği öncelik ve ağırlıkları içermektedir. Toplanan bu uzman görüşleri, performans göstergelerinin önem sıralamasını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. AHP yöntemi kullanılarak, uzman görüşleri sistematik bir şekilde yapılandırılmış ve performans göstergelerinin önem dereceleri bilimsel bir temel üzerine oturtulmuştur.

Çizelge 1. Sulama performans göstergeleri (Çifçi ve Değirmenci, 2022)

	Kodu Code	Gösterge Indicator	Tanım Definition
Su Kullanım Etkinliği Water Use Efficiency (A)	A1	Sulama alanı sulama suyu miktarı (m^3ha^{-1})	$\frac{\text{Toplam sulama suyu miktarı}(m^3)}{\text{Sulama alanı}(ha)}$
	A2	Sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı (m^3ha^{-1})	$\frac{\text{Toplam sulama suyu miktarı}(m^3)}{\text{Sulanan alan}(ha)}$
	A3	Yıllık su temini oranı	$\frac{\text{Toplam sulama suyu miktarı}(m^3)}{\text{Toplam sulama suyu ihtiyacı}(m^3)}$
	A4	Sulama oranı (%)	$\frac{\text{Sulanan alan}(ha)}{\text{Sulama alanı}(ha)} * 100$
Finansal Etkinlik Financial Efficiency (B)	B1	Mali yeterlilik oranı (%)	$\frac{\text{Toplanan su ücretleri}(\$)}{\text{Toplam İBY masrafları}(\$)} * 100$
	B2	Bakım onarım masraflarının gelire oranı (%)	$\frac{\text{Bakım masrafları}(\$)}{\text{Toplanan su ücretleri}(\$)} * 100$
	B3	Sulama alanı işletme-bakım-yönetim masrafları ($\$ ha^{-1}$)	$\frac{\text{Toplam İBY masrafları}(\$)}{\text{Sulama alanı}(ha)}$
	B4	Su ücreti toplama performansı (%)	$\frac{\text{Tahsis edilen}(\$)}{\text{Tahakkuk edilen}(\$)} * 100$
	B5	Sulama alanı enerji masrafları ($\$ ha^{-1}$)	$\frac{\text{Toplam enerji giderleri}(\$)}{\text{Sulama alanı}(ha)}$
	B6	Sulanan alan enerji masrafları ($\$ ha^{-1}$)	$\frac{\text{Toplam enerji giderleri}(\$)}{\text{Sulanan alanı}(ha)}$
	B7	Sulama suyu enerji masrafları ($\$ m^{-3}$)	$\frac{\text{Toplam enerji giderleri}(\$)}{\text{Toplam sulama suyu miktarı}}$
Üretim Etkinliği Production Efficiency (C)	C1	Sulama alanı brüt üretim değeri ($\$ ha^{-1}$)	$\frac{\text{Brüt üretim değeri}(\$)}{\text{Sulama alanı}(ha)}$
	C2	Sulanan alan brüt üretim değeri ($\$ ha^{-1}$)	$\frac{\text{Brüt üretim değeri}(\$)}{\text{Sulanan alan}(ha)}$
	C3	Sulama suyu brüt üretim değeri ($\$ m^{-3}$)	$\frac{\text{Brüt üretim değeri}(\$)}{\text{Toplam sulama suyu miktarı}(m^3)}$
	C4	Bitki su tüketimi brüt üretim değeri ($\$ m^{-3}$)	$\frac{\text{Brüt üretim değeri}(\$)}{\text{Bitki su tüketimi}(m^3)}$

AHP, karmaşık karar verme süreçlerinde alternatifler arasında önceliklendirme yapmak için kullanılan çok kriterli karar verme yöntemidir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). AHP, karar hiyerarşisinin tanımlanabilmesi durumunda kullanılan, kararı etkileyen faktörler açısından karar noktalarının yüzde dağılımlarını veren bir karar verme tahminleme yöntemi olarak açıklanabilir.

AHP bir karar hiyerarşisi üzerinde önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır (Yaralıoğlu, 2016).

Çizelge 2. AHP uzman anketi

Ana Kriterlerin Karşılaştırılması																	
Sol tarafa konulacak "x" A'nın B'den daha önemli olduğunu gösterir.									Sağ tarafa konulacak "x" B'nin A'dan daha önemli olduğunu gösterir.								
	Son derece önemli		Çok güçlü önemde		Güçlü Önemde		Orta önemde		Eşit	Orta önemde		Güçlü önemde		Çok güçlü önemde		Son derece önemli	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Su kullanım etkinliği (A)																	Finansal etkinlik (B)
Su kullanım etkinliği (A)																	Üretim etkinliği (C)
Finansal etkinlik (B)																	Üretim etkinliği (C)

AHP'nin uygulanabilmesi için öncelikle ana kriterler uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Bu değerlendirme sonucunda su kullanım, finansal ve üretim etkinliği performans göstergelerinin, sulama birliklerinin değerlendirilmesindeki önem düzeyleri belirlenmiştir. Değerlendirilmek istenen göstergeler, oluşturulan matrisin x ve y doğrultusunda yerleştirilerek tüm göstergelerin karşılıklı değerlendirilmesi sağlanmıştır (Çizelge 3). Görüşlerine başvurulmuş uzmanlar, bu göstergelerin birbirlerine göre önem düzeylerini sulama birliklerinin başarısının değerlendirilmesi açısından Saaty(1980) tarafından geliştirilen ve Çizelge 4'te verilen önem skalasındaki değerler ile yapmışlardır (Alkaç Özdemir ve Özdemir, 2023). Uzmanların her biri ayrı ayrı x eksenindeki göstergeler ile y eksenindeki göstergeler arasında Çizelge 4'e göre puanlama yapmışlardır. İkili karşılaştırmalar köşegenin üst kısmında kalan kısım için yapılır. Köşegenin alt kısmını oluşturmak için Eşitlik 1'den faydalanılır. Örneğin su kullanım etkinliği (A) satırının finansal etkinlik (B) sütununa denk gelen bileşeni $a_{ij}=7$ ise finansal etkinlik (B) satırının su kullanım etkinliği (A) sütununa denk gelen bileşeni $1/7$ 'dir. Aynı kriterler birbirleriyle karşılaştırıldığında 1 değerini alır (Dinçer ve Görener, 2011).

$$a_{ij}=1/a_{ji} \quad (1)$$

Çizelge 3. AHP karşılaştırmalı üstünlük matrisi

Ana Kriterler	Su kullanım etkinliği (A)	Finansal etkinlik (B)	Üretim etkinliği (C)
Su kullanım etkinliği (A)	1.000		
Finansal etkinlik (B)		1.000	
Üretim etkinliği (C)			1.000
TOPLAM			

Çizelge 4. AHP Önem Skalası (Saaty, 1980)

Önem değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktör eşit öneme sahiptir
3	1.faktör 2. faktörden daha önemlidir
5	1.faktör 2. faktörden çok daha önemlidir
7	1.faktör 2. faktörden çok güçlü önemlidir
9	1.faktör 2. faktörden mutlak üstündür
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Her bir ana gösterge altında Çizelge 1’de verilen alt göstergeler için de aynı işlemler tekrarlanmıştır. Oluşturulan 3 farklı matris uzman grubu tarafından ayrı ayrı doldurulmuştur. Bir sonraki adım ise, normalize matrisin oluşturulmasıdır (Eşitlik 2). Normalizasyon işlemi her bir matris sütunu toplamının bütün sütun elemanlarının değerlerine bölünmesiyle sağlanır (Yaralıoğlu, 2010).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Ardından, Eşitlik 3 kullanılarak her satırdaki değerler toplanır ve elde edilen toplam, matris boyutuna bölünerek her kriter için yüzde ağırlık değerleri (W_i) belirlenir (Dinçer ve Görener, 2011).

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3)$$

Bu hesaplamaların sonucunda, karar kriterlerinin ağırlık puanlarıyla birlikte her bir karar kriterine göre karar seçeneklerinin puanlarını içeren K karar matrisi oluşturulur. Son aşamada, karar matrisi, W sütun vektörü ile çarpılarak karar noktalarındaki yüzde dağılımı elde edilir. Ardından, genel puanı büyük olanından başlamak üzere karar seçeneklerinin öncelik sıralaması yapılır (Dinçer ve Görener, 2011).

En son aşamada, tüm ikili karşılaştırmalar sürecinde karar verici tarafından formüle edilen yargının tutarlılığı değerlendirilir. Tutarlı olmak, rasyonel düşüncenin bir ön koşulu olarak kabul edilir. Bu nedenle, elde edilen matrislerin tutarlılığının incelenmesi gerekmektedir. Tutarlılık, Saaty (1990) tarafından geliştirilen tutarlılık oranının hesaplanması ile belirlenir (Çakan ve Gökdeniz, 2020). Eşitlik 4 ve Eşitlik 5’te verilen işlem adımları sırasıyla uygulanır. λ_{max} : Matrisin nispi ağırlığı ve n: gösterge adedi olmak üzere:

$$lmax = [W_i]_{n \times 1} \times [a_{ij}]_{n \times n} \quad (4)$$

$$Tİ \text{ (Tutarlılık İndeksi)} = (lmax - n) / (n-1) \quad (5)$$

Rİ (Rassallık İndeksi) ise Çizelge 5'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. Rassal tutarlılık indeksi (Saaty, 1990)

N	Rİ	N	Rİ
1	0	7	1.41
2	0	8	1.45
3	0.58	9	1.49
4	0.90	10	1.51
5	1.12	11	1.48
6	1.24	12	1.56

Tutarlılık oranı Eşitlik 6 şeklinde gerçekleşir (Yüksel ve Akın, 2006).

$$TO \text{ (Tutarlılık oranı)} = Tİ / Rİ \quad (6)$$

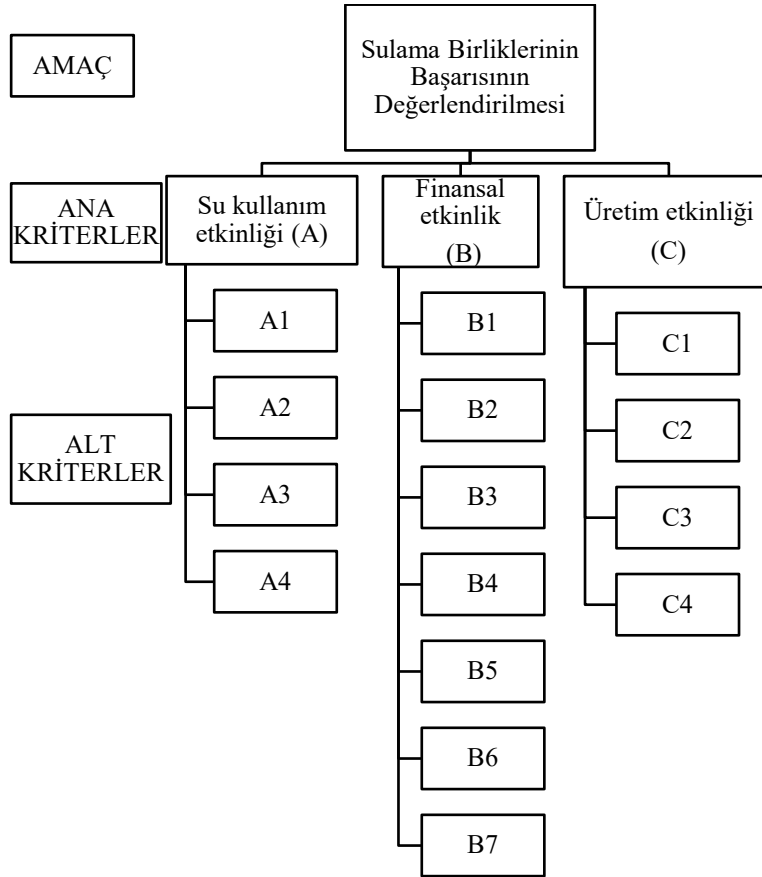
Tutarlılık oranının 0.10'dan küçük olması, karar vericinin ikili karşılaştırmalardaki kararlarının tutarlı olduğunu, yüksek olması ise tutarsız olduğunu gösterir. Bu nedenle yöntem, Tutarlılık oranı düzeyinin 0.10'dan küçük olmasını öngörmektedir. Bu oranın 0.10'dan büyük olması durumunda Saaty ve Vargas (2001), karar vericilere kararlarını yeniden gözden geçirmesini önermektedir (Dinçer ve Görener, 2011).

Yukarıda sözü edilen işlemler Microsoft Excel programında oluşturulan bir hesaplama modülü ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan hesaplama modülünde ana kriterlerin ve alt kriterlerin her biri için karşılaştırmalı üstünlük matrisleri ve normalizasyon matrisleri oluşturulmuştur. Kriter ağırlıkları elde edilen sonuçlar, tutarlılık testine tabi tutulmuş ve tutarlılık testinin 0.10'dan büyük olması durumunda ankete katılan uzmandan yeniden değerlendirme yapması istenmiştir. İşlemler tutarlılık oranı 0.10'dan küçük çıkana dek tekrarlanmıştır. Uzmanın kendi içerisinde tutarlılığı sağlanıyorsa hesaplanan kriter ağırlıkları referans alınmış ve çalışmada kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında sulama birliklerinin performansını değerlendirmek için belirlenen hiyerarşik yapı Çizelge 6'daki gibidir.

Çizelge 6. Sulama birliklerinin performansının değerlendirilmesinde kullanılan hiyerarşik yapı



Sulama Birliklerinin Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde Ana Kriterlerin Karşılaştırılması:

Bu çalışma kapsamında öncelikle her bir uzman kendi içerisinde tutarlılık testine tabi tutulmuş ve tutarlılık düzeyi 0.10'dan küçük olan uzman görüşleri referans alınmıştır. Microsoft Excel programı kullanılarak hazırlanan hesaplama modülü ile matris normalize edilmiş ve kriter ağırlıkları bu yolla hesaplanmıştır. AHP anketine katılan uzmanlardan alınan cevaplar tek bir çizelgede toplanmış ve bu cevapların geometrik ortalamaları alınmıştır. Geometrik ortalamalar ışığında ortak görüş kısmı oluşturulmuştur (Çizelge 7). Ortak görüş kısmından oluşturulan ikili matris yeniden tutarlılık testine tabi tutulmuş ve sonuç $0.051 < 0.10$ uygun olarak bulunmuştur.

Çizelge 7. Ana kriterlerin ikili karşılaştırılması

ÖLÇÜTLER	U1	U2	U3	U4	U5	U6	GEOMETRİK ORTALAMA	ORTAK GÖRÜŞ	ÖLÇÜTLER
A	1/3	1/3	1/5	7	2	2	0.924	1	B
A	1/2	1	1/3	1	1/2	1/2	0.589	1/2	C
B	1	2	1	1/3	1/2	1	0.833	1	C

Matrisin tutarlılık oranı: 0.051

Ana kriterler arasında en önemli kriter %41 önem derecesi ile “Üretim etkinliği” kriteri olarak bulunmuştur (Çizelge 8). Bu durum ülkemizde sürdürülebilir tarım ve su kullanım etkinliği yönünden sulama birliklerinde üretim değerinin önemini gözler önüne sermektedir. Bu durum, sulama birliklerinin öncelikle üretim ve ekonomik başarılarına odaklanmalarının önemini vurgulamaktadır. İkinci sırada yer alan “Finansal etkinlik” kriteri ise %33 öneme sahiptir. Finansal faktörlerin ikinci sırada yer alması, sulama birliklerinin mali yönetiminin performansları üzerinde etkili olduğunu gösterir. Finansal stabilite, sürdürülebilirliği sağlamak ve projeleri yönetmek açısından kritik bir faktördür. “Su kullanım etkinliği” kriteri ise %26 ile diğer kriterlere göre daha düşük bir önem derecesine sahiptir. Ancak, su kaynaklarının etkin ve adil bir şekilde dağıtılması ve tarımsal etkinliklerin sürdürülebilirliği, sulama birliklerinin başarılı performansı için yine de önemli bir rol oynamaktadır.

Çizelge 8. Ana kriterlerin önem dereceleri

Önem Sırası	Kriter	Önem derecesi
1	Üretim etkinliği	%41
2	Finansal etkinlik	%33
3	Su kullanım etkinliği	%26

Sulama Birliklerinin Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde “Su kullanımı etkinliği” Alt Kriterlerinin Karşılaştırılması:

Ana kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesine yönelik işlemler alt kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesinde tekrarlanmıştır. Bu işlemler Çizelge 9, Çizelge 11 ve Çizelge 13’te verilmiştir. Ortak görüş kısmı referans alınarak yapılan analizde “Su kullanım etkinliği” alt kriterleri için uzmanların tutarlılık oranı 0.023 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.10 değerinden düşük olduğundan uygun olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 9. “Su kullanım etkinliği” alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

ÖLÇÜTLER	U1	U2	U3	U4	U5	U6	GEOMETRİK ORTALAMA	ORTAK GÖRÜŞ	ÖLÇÜTLER
A1	1	3	1/2	2	1/3	1/2	0.891	1	A2
A1	1/4	1	1	1	1	1	0.794	1/2	A3
A1	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	0.458	1/2	A4
A2	1/5	1/2	1	1	4	1	0.858	1	A3
A2	1	1/3	1/4	1	1/3	1/2	0.490	1/2	A4
A3	1	1	1/9	1	1/3	1/3	0.481	1/2	A4

Matrisin tutarlılık oranı: 0.023

Su kullanımı etkinliği alt kriterleri incelendiğinde en önemli kriter %39 önem derecesi ile “Sulama oranı” kriteridir (Çizelge 10). Çifçi ve Değirmenci (2022), yaptıkları çalışmada sulama oranı kriterinin önem derecesini %55.5 bulmuştur. Sulama oranı kriterinin en yüksek öneme sahip olması, sulama birliğinin genel verimliliğini ve sulama sürecinin ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Yüksek sulama oranları, su kaynaklarının verimli bir

şekilde kullanılmasını ve tarım alanlarının etkili bir biçimde sulanmasını ifade etmektedir. Diğer alt kriterler yakın derecede öneme sahiptir. Bu durum su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması, düzenli su temini, sulama verimliliği ve toplam su miktarının dengeli bir biçimde yönetilmesinin önemine dikkat çekmektedir. Sulama birlikleri, bu kriterlere odaklanarak sürdürülebilir sulama uygulamalarını geliştirebilecek ve su kaynaklarını etkin bir şekilde yönetebilecektir.

Çizelge 10. “Su kullanım etkinliği” alt kriterlerinin önem dereceleri

Önem Sırası	Kriter	Önem derecesi
1	Sulama oranı	%39
2	Yıllık su temini oranı	%24
3	Sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı	%20
4	Sulama alanına dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı	%17

Sulama Birliklerinin Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde “Finansal etkinlik” Alt Kriterlerinin Karşılaştırılması:

Finansal etkinlik kriterinin alt kriterleri incelendiğinde en önemli kriter %23 önem derecesi ile “Su ücreti toplama performansı” kriteridir (Çizelge 12). Su ücretlerinin etkin bir şekilde toplanması, sulama birliğinin finansal sürdürülebilirliği açısından önemli bir unsurdur. Etkin bir su ücreti toplama performansı, birliğin altyapısını sürdürülebilir bir şekilde finanse etmesine yardımcı olacak ve gelecekteki projeler için kaynak sağlayacaktır. İkinci sırada %15 ile “Mali yeterlilik oranı” yer almaktadır. Bu kriter sulama birliğinin maliyetleri karşılama kabiliyetini yansıtmakta ve uzun vadeli mali durumunu değerlendirmeye odaklanmaktadır. Mali yeterlilik oranını sırasıyla bakım onarım masraflarının gelire oranı (%14), alana düşen işletme, bakım ve yönetim masrafları oranı (%14), sulama suyu miktarına karşılık enerji masrafları (%12), sulama alanına düşen enerji masrafları (%12) ve sulanan alana düşen enerji masrafları (%10) kriterleri takip etmektedir. Çifçi ve Değirmenci (2022), Asi Havzası’nda yaptıkları çalışmada en yüksek önem derecesini %42.1 ile su ücreti toplama performansı olarak tespit etmiştir. Bu kriterlerin belirlenmiş ağırlıkları, bir sulama birliğinin finansal performansını değerlendirirken nelere odaklanılması gerektiğini göstermektedir. Örneğin, su ücreti toplama performansı ve mali yeterlilik gibi finansal faktörlere önem verilirken, enerji masrafları da dikkate alınarak sürdürülebilir bir enerji kullanımı hedeflenmelidir.

Çizelge 11. “Finansal etkinlik” alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

ÖLÇÜTLER	U1	U2	U3	U4	U5	U6	GEOMETRİK ORTALAMA	ORTAK GÖRÜŞ	ÖLÇÜTLER
B1	1/3	5	1/7	1	3	2	1.061	1	B2
B1	1/4	4	1	1	3	2	1.348	1	B3
B1	1/3	4	1/9	1	1/3	2	0.680	1	B4
B1	1/4	4	1	1	3	3	1.442	1	B5
B1	1/3	4	9	1	3	3	2.182	2	B6
B1	1/4	4	1/7	1	3	2	0.975	1	B7
B2	1/3	1/4	9	1	1/3	3	0.953	1	B3
B2	1	1/4	1	1	1/5	3	0.729	1	B4
B2	1/2	1/4	9	1	3	2	1.375	1	B5
B2	1/2	1/4	9	1	3	2	1.375	1	B6
B2	1/2	1/4	3	1	3	2	1.145	1	B7
B3	1/2	1/3	1/3	1	1/4	1/2	0.437	1/2	B4
B3	2	1	1	1	2	2	1.414	1	B5
B3	2	1	3	1	2	2	1.698	2	B6
B3	2	1	1/3	1	2	2	1.178	1	B7
B4	2	4	5	2	5	3	3.260	3	B5
B4	2	4	7	2	5	3	3.448	3	B6
B4	2	4	1	2	5	2	2.330	2	B7
B5	3	1/3	5	1	1/2	1	1.165	1	B6
B5	3	1/3	1/3	1	1/2	2	0.833	1	B7
B6	3	1/3	1/7	1	1	2	0.812	1	B7

Matrisin tutarlılık oranı: 0.024

Çizelge 12. “Finansal etkinlik” alt kriterlerinin önem dereceleri

Önem Sırası	Kriter	Önem derecesi
1	Su ücreti toplama performansı	%23
2	Mali yeterlilik oranı	%15
3	Bakım onarım masraflarının gelire oranı	%14
4	Alana düşen işletme, bakım ve yönetim masrafları oranı	%14
5	Sulama suyu miktarına karşılık enerji masrafları	%12
6	Sulama alanına düşen enerji masrafları	%12
7	Sulanan alana düşen enerji masrafları	%10

Sulama Birliklerinin Faaliyetlerinin Değerlendirilmesinde “Üretim etkinliği” Alt Kriterlerinin Karşılaştırılması:

Üretim etkinliği kriterinin alt kriterleri incelendiğinde en önemli kriter % 36 önem derecesi ile “Fiilen sulanan alan brüt üretim değeri” kriteridir (Çizelge 14). Bu kriter, birliğin tarım alanlarını etkili bir şekilde suladığını ve bu sulama işleminin yüksek brüt üretim değeriyle sonuçlandığını göstermede fayda sağlamaktadır. Fiilen sulanan alan brüt üretim değeri kriteri sulama verimliliğinin ve tarımsal üretkenliğin anahtar göstergesidir. İkinci sırada %30 ile birim sulama suyuna karşılık brüt üretim değeri yer almaktadır. Bu kriter, su kaynaklarının verimli bir

şekilde kullanılması ve tarım gelirlerinin maksimize edilmesi amacına dikkat çekmektedir. Üçüncü sırada %23 önem derecesi ile bitki su tüketimine karşılık brüt üretim değeri ve dördüncü sırada ise %11 önem derecesi ile sulama alanı brüt üretim değeri yer almaktadır. Çifçi ve Değirmenci (2022) tarafından yapılan çalışmada fiilen sulanan alan brüt üretim değerinin %46.6 ile en önemli kriter olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 13. “Üretim etkinliği” alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

ÖLÇÜTLER	U1	U2	U3	U4	U5	U6	GEOMETRİK ORTALAMA	ORTAK GÖRÜŞ	ÖLÇÜTLER
C1	1/3	1/5	1/5	1	1/3	1/2	0.361	1/3	C2
C1	1/5	1/5	1/3	1	1/3	1/3	0.338	1/3	C3
C1	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1	0.514	1/2	C4
C2	1/3	1/3	5	1	1	1/2	0.808	1	C3
C2	3	1	5	1	3	1	1.886	2	C4
C3	2	1	1/2	1/4	1	2	0.891	1	C4

Matrisin tutarlılık oranı: 0.017

Çizelge 14. “Üretim etkinliği” alt kriterlerinin önem dereceleri

Önem Sırası	Kriter	Önem derecesi
1	Fiilen sulanan alan brüt üretim değeri	%36
2	Birim sulama suyuna karşılık brüt üretim değeri	%30
3	Bitki su tüketimine karşılık brüt üretim değeri	%23
4	Sulama alanı brüt üretim değeri	%11

Genel hatlarıyla bu dört alt kriter, sulama birliğinin ekonomik başarısını değerlendirmek için önemli ölçütler sunmaktadır. Su kaynaklarının etkili kullanımı, verimli sulama uygulamaları ve tarım alanlarının ekonomik getirilerinin optimize edilmesi, birliğin sürdürülebilirlik ve ekonomik performansını artırma yolunda önemli adımları temsil etmektedir.

Sonuç

Bu çalışma, sulama birliklerinin stratejik planlama yapma, performansını değerlendirme ve anahtar kriterlere odaklanarak analitik bir perspektif sunma amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çeşitli alt kriterler ve önem dereceleri kullanılarak, sulama birliklerinin performanslarının değerlendirilmesinde sulama performans göstergelerinin önem düzeyleri belirlenmiştir. Tüm ana kriterler değerlendirildiğinde üretim etkinliği, önem derecesi açısından lider konumdadır (%41). Bu durum, sulama birliklerinin performans değerlendirilmesinde, üretim ile ilgili göstergelerin önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Üretim değeri ana göstergesi altında “fiilen sulanan alan brüt üretim değeri” alt göstergesinin diğer alt göstergelere göre daha önemli olduğu sonucu elde edilmiştir. Tarım yapılan alanlarda sulama yapılmasının temel hedefi üretimi arttırmaktır.

Finansal etkinlik, önem derecesi bakımından ikinci sırada yer almaktadır (%33). Bu durum, sulama birliklerinin performans değerlendirmesinde finans ile ilgili göstergelerin önemine vurgu yapmaktadır. Finansal etkinlik ana göstergesi altında, özellikle “su ücreti toplama performansı” alt göstergesinin diğer alt göstergelere kıyasla daha fazla önem taşıdığı sonucuna varılmıştır. Sulama birliklerinin finansal açıdan istikrar sağlamaya yönelik hedefleri, temelde tarımsal sulamanın sürdürülebilirliğini sağlama amacına dayanmaktadır. Uzman görüşleri doğrultusunda elde edilen sonuçlar, bu hedefle uyumlu bir şekilde ortaya konmaktadır.

Su kullanımı, birliğin sürdürülebilir su kaynakları yönetimi konusundaki etkinliğini belirlemede son sırada yer almakla birlikte önemli bir role sahiptir (%26). Su kullanım etkinliği ana göstergesi altında, özellikle “sulama oranı” alt göstergesi diğer alt göstergelerle karşılaştırıldığında en yüksek önem düzeyine sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinin temel hedefi, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve tarımsal verimliliği artırmaktır. Alınan uzman görüşleri bu hedefi destekler niteliktedir.

Bu çalışma, birliklerin sürdürülebilir sulama uygulamalarını güçlendirmesi ve ekonomik başarılarını optimize etmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, bu bulguların daha ayrıntılı analizleri ve stratejik önerilerin geliştirilmesi, sulama birliklerinin daha etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine katkı sağlayacaktır. Bu tür çalışmalar, sulama birliklerinin performansını değerlendirmede bir model oluşturarak tarım sektöründeki paydaşların ve karar alıcıların bilgi düzeyini artırmada ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşmasına katkı sağlamada yön gösterici olmayı hedeflemektedir. Sulama projelerinin izlenmesi ve değerlendirilmesinde her sulama sezonu için performansların belirlenmesi ve değerlendirilmesi tarımın sürdürülebilirliği için önemlidir. Ardışık yıllarda elde edilecek performans değerleri sulama birliğinin başarı düzeyindeki değişimin artan yönde mi azalan yönde mi olduğunu belirlemede kullanılabilir. Farklı sulama birliklerinin başarı ve performansının ülke boyutunda karşılaştırmasında bu çalışma kapsamında belirlenen gösterge önem dereceleri kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Gökalp, Z. 2010. Türkiye'de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1): 67-74.
- Alkaç Özdemir, G. ve Özdemir, E. 2023. Yazılım işletmeleri ve pazarlama sorunları üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 28(1): 273-292.

- Arıbaş, M. ve Özcan, U. 2016. Akademik araştırma projelerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(2): 163-173.
- Burt, C. 2001. Rapid appraisal pprocess (RAP) and benchmarking: Explanation and tools. Water Control. FAO/Thailand and WB Irrig. Institutions Window Rev. Oct 2002: <https://www.fao.org/3/aq443e/aq443e.pdf> (Erişim tarihi: 20.01.2024)
- Çakan, M. ve Gökdeniz, İ. 2020. Büro yönetimi ve yönetici asistanlığı programı öğrencilerinin bölüm seçiminde etkili olan faktörlerin Ahp yöntemi ile analizi: Osmancık Ömer Derindere MYO örneği. *Journal of International Management Educational and Economics Perspectives*, 8(1): 34-47.
- Çifçi, Ş. ve Değirmenci, H. 2022. Sulama performans göstergeleri ve TOPSİS yöntemi ile Asi Havzası sulama birliklerinin analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1): 169-180.
- Değirmenci, H., Tanrıverdi, Ç. ve Arslan, F. 2017. Aşağı Seyhan Ovası sulama birliklerinin kümeleme analizi ile karşılaştırılması. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(4): 326-333.
- Dinçer, H. ve Görener, A. 2011. Performance evulation using AHP-VIKOR and AHP-TOPSIS approaches: The case of service sector. *Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 29(3), 244-260.
- Erdemir, N., Öztürk, F. ve Kaya, G.K. 2022. Kamu personeli performans değerlendirmesi için AHP ve genel TOPSIS ile bütünlük karar destek modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(4): 1809-1822.
- Ersöz, T. ve Çamoğlu, G. 2020. Bursa ilindeki sulama birliklerinin performans göstergelerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 34(2): 267-285.
- Gençoğlu, M. ve Değirmenci, H. 2019. Sulama performansının değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi*, 22(3): 436-443.
- Gümüş, U.T. ve Öziç, H.C. 2018. Finansal performans değerlendirme kriterlerinin ağırlıkların hesaplanmasında Ahp ve Swara yöntemlerinin karşılaştırılması. *Social Mentality And Researcher Thinkers Journal (Smart Journal)*, 4(14): 1324-1332.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N. 2001. Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 1(1): 83-105.
- Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., Fraiture, C.D. and Kloezen, W.H. 1998. Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems. IWMI, Research Report 20, Colombo, 26 p.
- Nebati, E., Sağanda, G. N., Erol H., Subaşı, S. R. ve Göz, T. E. 2021. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile çalışan performansının değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(2): 582-590.
- Ömürbek, N. ve Tüter, C. 2020. Analitik hiyerarşi prosesi ile kayak ekipmanları seçimi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 4(1): 1-25.
- Ömürbek, N., Makas, Y. ve Ömürbek, V. 2015. AHP ve Topsis yöntemleri ile kurumsal proje yönetim yazılımı seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21): 59-83.

- Saaty, T. L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1): 9-26.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G. 2001. *The decision by the US congress on China's trade status: a multicriteria analysis. In models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process*, Springer, New York, ABD, pp: 305-317.
- Saaty, T.L. 1980. *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill International Book Company, New York, ABD, pp: 352-358.
- Süheri, S. ve Topak, R. 2005. Konya ovasındaki sulama örgütlerinin işletmecilik yönünden karşılaştırılması. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(37): 79-86.
- Yaralıoğlu, K. 2010. *Karar verme yöntemleri*, Detay Yayıncılık, Ankara, pp: 42-53.
- Yaralıoğlu, K. 2016. Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1): 129-142.
- Yazgan, S. ve Değirmenci, H. 2002. Sulama projelerinin başarılarının değerlendirilmesinde kullanılan etkinlik göstergeleri: Bursa yeraltı sulaması örneği. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(2): 93-99.
- Yorulmaz, M. ve Aksu, A. 2021. Liman işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği uygulama performans boyutlarının AHP ile değerlendirilmesi: Kocaeli liman bölgesi. *İşletme Bilimi Dergisi*, 9(1): 1-24.
- Yüksel, İ. ve Akın, A. 2006. Analitik hiyerarşi proses yöntemiyle işletmelerde strateji belirleme. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 7(2): 254-268.



Bursa Bölgesinden Toplanan Ekşi Mayalardan Elde Edilen Enterokok İzolatlarının Gıda Güvenliği ve Fonksiyonel Karakterizasyonu^A

Özen SÖKMEN^{1*}, Gamze DÜVEN², Mustafa AY³, Sine ÖZMEN TOĞAY¹

Öz: Bu çalışmada Bursa bölgesinden toplanan 30 adet ekşi mayadan izole edilen enterokokların gıda güvenliği ve fonksiyonel karakteristiğinin belirlenmesi amacıyla örneklerden elde edilen izolatların antibiyotik direnç ve antimikrobiyal aktivitesinin tespiti, virülens gen ve antibiyotik direnç genlerinin aranması, düşük pH ve safraya karşı direnç özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada, ekşi maya örneklerinden toplam 178 adet laktik asit bakteri suşu izole edilmiş ve bunların 7 tanesinin enterokok cinsine ait olduğu tespit edilmiştir. Bu suşların test bakterilerine (*Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus aureus* 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Enterococcus faecium* M74, *Streptococcus pyogenes* ATCC 6538, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111) karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiş ve virülans (*agg*, *gelE*, *cylM*, *cylB*, *cylA*) ve antibiyotik direnç genlerini (*vanA*, *vanB*, *tetM*, *ermB*, *aac(6')-aph(2'')-la*) taşıma açısından güvenli bulunmuştur. İzolatların düşük pH ve safra direnç özelliklerinin incelendiğinde, pH 4' de 3. saatin sonunda canlılıklarını koruduklarını fakat pH 2 ve pH 3' de 3. saatin sonunda enterokokların canlı kalamadığı tespit

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) FHIZ-2022-1160 No'lu proje ile desteklenmiştir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Ozen Sokmen, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ozensokmen@gmail.com, [OrcID 0000-0002-2126-094X](https://orcid.org/0000-0002-2126-094X)

¹ Sine Özmen Toğay, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, sinetogay@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-8851-1803](https://orcid.org/0000-0002-8851-1803)

² Gamze Duven, Bursa Uludağ Üniversitesi, Karacabey Meslek Yüksekokulu, Bursa, Türkiye, gamzeduven@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-7418-5384](https://orcid.org/0000-0001-7418-5384)

³ Mustafa Ay, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, Çanakkale, Türkiye, maya@comu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-1765-4858](https://orcid.org/0000-0002-1765-4858)

edilmiştir. %0.5 (w/v) safra derişimine direnç özelliklerini gösteren sayım sonuçları incelendiğinde 24. saatin sonunda 6.2-7.4 log-kob/g düzeylerinde canlı kaldıkları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekşi maya, enterokok, antibiyotik direnç, virülens gen, antimikrobiyal aktivite, pH ve safra direnci.

Food Safety and Functional Characterization of Enterococci Strains Isolated from Sourdough Collected from Bursa Region

Abstract: In this study, the antibiotic resistance and antimicrobial activity of isolates obtained from 30 sourdough samples collected from the Bursa region were examined to determine the food safety and functional characteristics of the enterococci isolated from these samples. Additionally, the presence of virulence genes and antibiotic resistance genes, as well as resistance to low pH and bile, were investigated. A total of 178 lactic acid bacterial strains were isolated from the sourdough samples, and seven of these were identified as belonging to the *Enterococcus* genus. These strains exhibited antimicrobial activity against test bacteria (*Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus aureus* 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Enterococcus faecium* M74, *Streptococcus pyogenes* ATCC 6538, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111) and were found to be safe in terms of carrying virulence (*agg*, *gelE*, *cylM*, *cylB*, *cylA*) and antibiotic resistance genes (*vanA*, *vanB*, *tetM*, *ermB*, *aac(6')-aph(2'')-la*). When the isolates' resistance to low pH and bile was examined, it was found that they remained viable at pH 4 after 3 hours, but did not survive at pH 2 and pH 3 after 3 hours. When examining their resistance to 0.5% (w/v) bile concentration, it was determined that they remained viable at levels of 6.2-7.4 log CFU/g after 24 hours.

Keywords: Sourdough, enterococcus, antibiotic resistance, virulence genes, antimicrobial activity, survival at pH and bile salt.

Giriş

Ekşi maya, yaklaşık 5000 yıldır kullanılan, buğday unu ve su karışımının laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalar tarafından fermente edilmesiyle elde edilen bir üründür. Ekşi maya, farklı oranlarda ve bileşimlerde homo- ve heterofermentatif LAB'ler ile mayalar içermektedir. Homofermentatif LAB'ler şekeri fermente ederek laktik asit üretirken, heterofermentatif LAB'ler ise laktik asidin yanı sıra önemli miktarda CO₂, etil alkol, asetik asit ve diğer uçucu bileşenleri de üretir (Bakırcı ve Köse, 2017).

Laktik asit bakterileri grubunda yer alan enterokoklar insan ve hayvanların sindirim sisteminde doğal olarak bulunmaktadır. İnsan bağırsağında *Enterococcus faecalis* baskın olmakla birlikte bazı bireylerde ve bazı ülkelerde *Enterococcus faecium* sayıca üstün gelmektedir. Enterokoklar sadece sıcak kanlı hayvanlarda değil, toprak, yüzey suları, bitkiler, sebzeler ve böceklerde de bulunmaktadır (Franz ve ark., 1999; Franz ve ark., 2003; Foulquie Moreno ve ark., 2006). Ekşi mayadan izole edilen *Enterococcus faecium* YF5 suşunun güvenliği ve probiyotik potansiyeli incelendiğinde, toksik olmadığı ve amoksisilin, vankomisin ve kloramfenikole duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Düşük pH, safra tuzları, mide ve bağırsak sıvılarında stabil kaldığı ve insan kolon kanseri hücre hattına yapıştığı gözlenmiştir. Patojenik organizmaların çoğunu inhibe ettiği, bu nedenle *Enterococcus faecium* YF5 güvenli bir suş olarak probiyotik veya mikroekolojik ürünlerde kullanılabiliceği ifade edilmektedir (Tan ve ark., 2013). Enterokoklar, proteolitik ve lipolitik aktiviteleri ile diasetil gibi önemli uçucu bileşikler üretme yetenekleri sayesinde fermente gıdalarda büyük önem taşır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, enterokokların starter ve yardımcı kültür olarak kullanımının arttığını göstermektedir (Sarantinopoulos ve ark., 2001; Hugas ve ark., 2003; Foulquie Moreno ve ark., 2006). Enterokoklar bazı ülkelerde probiyotik olarak da kullanılmaktadır (Franz ve ark., 1999; Franz ve ark., 2003; Foulquie Moreno ve ark., 2006). Ancak enterokokların özellikle de *Enterococcus faecium* ve *E. faecalis*'in bazı suşlarının fırsatçı patojen olduğu bilindiğinden bu bakterilerin probiyotik olarak kullanımı tartışma konusudur. Enterokoklar, bazı suşlarının faydalı etkileri bilinmesine rağmen, hastane ortamında enfeksiyonlara neden olan önemli patojenlerdir. Bakteriyemi, endokardit, üriner sistem enfeksiyonları ve diğer doku enfeksiyonlarına yol açabilirler. Ayrıca, enterokoklar antibiyotiklere karşı artan direnç göstermektedir. Bu durum, hastane ortamında hayatta kalmalarını ve dirençli suşların yayılmasını kolaylaştırmaktadır.

Yapılan çalışmalarda probiyotik olarak kullanılan suşların dahi antibiyotiklere dirençli olabileceği, bu sebeple gıdalarda kullanılan yardımcı ya da starter enterokok kültürlerinin suş spesifikliğı göz önüne alınarak kazanılmış antibiyotik dirençliliğı yönünden güvenli olup olmadığının kontrol edilmesinin gereğı üzerinde durulmaktadır (Franz ve ark., 1999; Klein, 2003; Peters ve ark., 2003; Foulquie Moreno ve ark., 2006; Valenzuela ve ark., 2010). Enterokoklar, sadece antibiyotiklere karşı dirençleri ile değil, aynı zamanda virülens faktörleri ile de hastalığa neden olan patojenlerdir. Bu bakterilerin enfeksiyona yol açabilmeleri için konakçı dokuda yerleşebilmeleri, konakçının savunma sistemine karşı direnç gösterebilmeleri ve dokularda hasara yol açabilecek patolojik değişikliklere neden olabilmeleri gereklidir (Franz ve ark., 1999). Virülens faktörü, mikroorganizmaların hastalık oluşturabilme yeteneğini arttıran efektör moleküllerdir. Sitolizin, agregasyon materyalleri, jelatinaz, ekstraselüler yüzey proteini bunlara tipik örneklerdir (Foulquie Moreno ve ark., 2006). Enterokokların virulenslikle ilgili bazı genlerinin (*agg*, *geE*, *cyIM*, *cyIB*, *cyIA*, *espsf*, *espsfm*, *efaAfs*, *efaAfm*, *cpd*, *cop*, *ccf*, *cad*) patojenlikteki fonksiyonları aşağıda açıklanmıştır (Eaton ve Gasson, 2001; Reviriego ve ark., 2005):

- *agg*: Hücre agregasyonu ve konjugasyon, ökaryotik hücrelere tutunmada görevli agregasyon proteininin sentezi.
- *geE*: Jelatin, kollajen, hemoglobin ve diğer biyoaktif bileşikler hidrolize eden toksik ekstraselüler metalloendopeptidaz enziminin sentezi.

- *cyM*: Gram-pozitif bakteriler ile ökaryotik hücreleri hidrolize eden sitolizinin (hemolizin/bakteriyosin) translasyon sonrası modifikasyonu.
- *cyB*: Sitolizinin transportu
- *cyA*: Sitolizinin aktivasyonu

Gıda ve klinik ortamlardan izole edilen enterokokların antibiyotik direnç ve virülens gen profilleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Franz ve ark., 1999; Eaton ve Gasson, 2001; Hugas ve ark., 2003; Reviriego ve ark., 2005; Foulque Moreno ve ark., 2006; Aslam ve ark., 2012; Oladipo ve ark., 2014; Hammad ve ark., 2015; Pieniz ve ark., 2015). Buna karşın, ekşi maya kaynaklı enterokok izolatlarının antibiyotik direnç ve virülens gen profilleri ile ilgili bilgiler oldukça sınırlıdır (Tan ve ark., 2013). Laktik asit bakterileri, *Listeria* spp. gibi patojen ve gıda bozulma etkeni Gram-pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip bakteriyosinler üreterek antimikrobiyal koruma sağlayabilmektedir (Harris ve ark., 1989; Leroy ve ark., 2002; Coşansu ve ark., 2007; Altuntaş ve ark., 2010). Enterosinler ve bakteriyosin oluşturma özelliğindeki enterokoklar ve diğer laktik asit bakteri suşları geleneksel kimyasal koruyuculara alternatif olarak gıda ürünlerinde patojenlerin kontrolü için kullanılabilir. Antimikrobiyal aktivite potansiyeli, probiyotik özellikteki bakterilerde de aranan bir özelliktir (Hugas ve ark., 2003; Foulque Moreno ve ark., 2006). Geleneksel fermente gıdalar, kendine özgü mikrobiyotalarında önemli fizyolojik özelliklere sahip probiyotik ve fonksiyonel mikroorganizmaları barındırabilmektedir (Bellici ve ark., 2019). Ekşi maya kaynaklı laktik asit bakteri izolatlarının probiyotik potansiyelinin araştırıldığı ulusal ve uluslararası literatürde çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte ekşi maya kaynaklı enterokokların fonksiyonel özelliklerinin ve antibiyotik direnç ve virülens gen varlığı gibi gıda güvenliği yönünden irdelenmesi gerekli önemli özelliklerine ilişkin kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu konu ile ilgili yapılan tek çalışmada (Tan ve ark., 2013) ekşi maya kaynaklı bir adet enterokok suşunun probiyotik potansiyeli çeşitli analizlerle değerlendirilmiş ve virülens genlerden *cylA*, *gelE*, *ace*, *agg*, *esp* ve antibiyotik direnç genlerinden de sadece vankomisin direnci kodlayan *vanA* gen varlığı araştırılmıştır. Bu çalışmada aktarılabılır antibiyotik direnç genleri ve virülens genler yönünden çok daha kapsamlı analizler ekşi maya kaynaklı her enterokok suşu için değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Bursa bölgesinden toplanan ekşi maya örneklerinden elde edilen enterokok izolatlarının gıda endüstrisi ve insan sağlığı açısından bazı fonksiyonel (antimikrobiyal aktivite, safra ve asit direnci) ve gıda güvenliği yönünden önemli özellikleri (antibiyotik direnç genleri ve virülens genlerini taşıma potansiyeli) karakterize edilmiştir. Çalışma sonucunda fonksiyonel kültür potansiyeli bulunan ve gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından güvenli olduğu tespit edilen izolatların, gıda endüstrisinde yeni fonksiyonel ürün geliştirilmesi çalışmalarında kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada Bursa bölgesinde ticari maya katılmadan üretilen ekşi hamur örnekleri (30 adet) farklı üretim yerlerinden aseptik koşullarda steril kaplara toplanıp soğuk koşullarda muhafaza edilerek Bursa Uludağ Üniversitesine getirilmiştir. Toplanan ekşi hamurların bir kısmı -18°C'de depolanmıştır. Diğer kısmı bir hafta içerisinde analiz edilmek üzere buzdolabı koşullarında muhafaza edilmiştir.

Yöntem

Ekşi Maya Hamurlarından Enterokokların İzolasyonu

Ekşi hamur örnekleri öncelikli olarak 25 g tartılarak içinde 225 mL steril serum fizyolojik bulunan stomacher poşetine aseptik şartlar altında aktarılmış ve homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Ardından bu karışımdan 1 mL örnek alınarak %0.85'lik serum fizyolojik ile ondalık seyreltilimler gerçekleştirilmiştir. Enterokok izolasyonu amacıyla KAA (Kanamycin Azide Aeskuline) agar besiyerine yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmış ve Petri kutuları 30°C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda farklı morfolojiye sahip kolonilerden seçilerek MRS agar besiyerinde tek koloni ekim yöntemi ile saf kültür elde edilmiştir. Saf kültürlerle Gram boyama ve katalaz testleri uygulanmıştır, Gram pozitif, katalaz negatif bakteriler gliserol (%30), ve MRS broth içeren tüplerde -80°C'de muhafaza edilmiştir.

İzolatların Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi

Enterokok izolatlarının antimikrobiyal aktivitelerin belirlenmesi amacıyla *Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus aureus* 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Enterococcus faecium* M74, *Streptococcus pyogenes* ATCC 6538, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111 bazı bakteri türlerinin referans suşları kullanılmıştır. İzolatların aktifleştirilmesinde ve antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde MRS broth ve MRS agar, test bakterileri için ise NA (Nutrient Agar) ve NB (Nutrient Broth) besiyerleri kullanılmıştır. İzolatların antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi için "agar damlatma" tekniği uygulanmıştır (Harris ve ark., 1989; Saavedra ve ark., 2003; Hajikhani ve ark., 2007; Bağcı ve ark., 2019).

-Agar Damlatma Testi: Antimikrobiyal etki spektrumları belirlenecek olan izolatların 24 saatlik sıvı kültürlerinden, MRS agar besiyerine damla şeklinde 2 µL inokule edilmiştir. Petri kutuları daha sonra 30°C'de 18-24 saat inkübe edilmiştir. NA besiyerinde 37°C'de 24 saat aktifleştirilmiş test bakterisi kültürlerinden %0.75 agar içeren 10 mL NA besiyerine 10 µL miktarda eklenip karıştırılmış ve bu karışım NA besiyerinde geliştirilen

damlatma kültürlerin üzerine dökülmüştür. Petri kutuları daha sonra 37°C'de 24 saat daha inkübe edilmiştir. LAB izolatlarının test bakterilerine karşı antimikrobiyal aktiviteleri, inkübasyon sonunda damlatma kültürler etrafında oluşan şeffaf inhibisyon zonları yönüyle değerlendirilmiştir.

İzolatların Antibiyotik Direnç Genlerini Taşıma Durumlarının Araştırılması

İzolatların taşıyabileceği kazanılmış antibiyotik (vankomisin, tetrasiklin, eritromisin, gentamisin) direnç genleri (sırasıyla *vanA*, *vanB*, *tetM*, *ermB*, *aac(6')-aph(2'')-la*) Çataloluk ve Gögebakan (2004) ile Ouoba ve ark., (2008) tarafından belirtilen primerler (Çizelge 1) ve yöntemler kullanılarak polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) tekniği ile genotipik olarak belirlenmiştir.

İzolatların Virülens Gen Taşıma Potansiyellerinin Araştırılması

Elde edilen enterokok izolatlarının virülens genlerini (*agg*, *gelE*, *cylM*, *cylB*, *cylA*) taşıma potansiyelleri Reviriego ve ark. (2005) tarafından uygulanan polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) protokolü kullanılarak (Çizelge 1) belirlenmiştir (Eaton ve Gasson, 2001; Reviriego ve ark., 2005).

Çizelge 1. Virülans ve antibiyotik direnç genleri için primerler

Gen	Primer Dizisi (5'-3')	Ürün Boyutu (bp)
<i>agg2</i>	F-5' GTT GTT TTA GCA ATG GGG TAT R-5' TCC TGT CAC TCC TCT TCT CAG	1210
<i>gelE</i>	F-5' ACC CCG TAT CAT TGG TTT R-5' ACG CAT TGC TTT TCC ATC	419
<i>cylM</i>	F-5' TGC TTC TCC ACT GTG ACC T R-5' ATC TAG TAA ATG TTA AGA AAT ACA	742
<i>cylB</i>	F-5' TGG AAG CAT TAC TTC CAG CT R-5' AAC TGC AAC CTC AAG ATT GG	843
<i>cylA</i>	F-5' AAT CCT ATC GGT TAC TGC TTA R-5' AGC ATC ACA ACC ATC CTA AC	517
<i>vanA</i>	F-5' GTA CAA TGC GGC CGT TA R-5' GGG ACA GTT ACA ATT GC	732
<i>vanB</i>	F-5' GTG CTG CGA GAT ACC ACA GA R-5' CGA ACA CCA TGC AAC ATT TC	1145
<i>tetM</i>	F-5' GTT AAA TAG TGT TCT TGG AG R-5' CTA AGA TAT GGC TCT AAC AA	657
<i>aac(6')-aph(2'')-la</i>	F-5' GAG CAA TAA GGG CAT ACC AAA AAT C R-5' CCG TGC ATT TGT CTT AAA AAA CTG G	505
<i>ermB</i>	F-5' CAT TTA ACG ACG AAA CTG GC R-5' GGA ACA TCT GTG GTA TGG CG	425

İzolatların Düşük pH ve Safra Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi

Düşük pH'ya karşı direnç özellikleri sadece antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirlenen izolatlar uygulanmış ve düşük pH'ya karşı direnç özelliği pH 2.0, 3.0 ve 4.0'te belirlenmiştir. Çalışılan izolatlar 5000g'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Pellet iki kez PBS tamponu ile yıkandıktan sonra orijinal hacmine PBS tamponu ile tamamlanmış ve homojen bir süspansiyon elde edilene kadar karıştırılmıştır. Çalışmada, 1 N steril HCl çözeltisi kullanılarak pH 2.0, 3.0 ve 4.0'e ayarlanarak, 50 mL steril serum fizyolojik çözeltisi içerisine enterokok izolat süspansiyonlarının %2 (v/v) oranında inokülasyonu gerçekleştirilmiştir. İnoküle edilen örnekler daha sonra 37°C'de 1 ve 3 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun 0., 1. ve 3. saatlerinde her bir örnekten 1 mL alınıp seri seyreltmeleri yapılarak MRS agar besiyerine, dökme plak yöntemiyle ekimleri gerçekleştirilmiş ve 37 °C'de 48-72 saat, inkübe edilen Petri kutularından sayım sonuçları alınmıştır. Kontrol amacıyla enterokok süspansiyonlarından %2 (v/v) oranında steril serum fizyolojik (pH 6.5) içine inoküle edilip 37°C'deki inkübasyonun 0., 1. ve 3. saatlerinde yukarıda sözü edilen şekilde ekimler yapıp sayım sonucu alınmıştır. (Lian ve ark., 2003; Şener, 2009; Bağcı ve ark., 2019).

Bu çalışmada, enterokok izolatlarının safra direnci araştırılmıştır. Bu amaçla, %0.5 safra konsantrasyonuna karşı dirençli olup olmadıkları test edilmiştir. İlk olarak, izolatlar 10 ml MRS broth besiyerinde 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Oluşan kültürler 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve bakteri hücreleri 7 ml steril serum fizyolojisi ile süspansiyon edilmiştir. Suşların safra direnci, %0.5 (w/v) safra (Oxgall, Merck) konsantrasyonu içeren steril bir çözeltiye %2 (v/v) oranında inokülasyon yapılarak test edilmiştir. Çözelti, 121°C'de 15 dakika süreyle sterilize edilmiştir. İnokulasyondan sonra örnekler 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. 0., 6. ve 24. saatlerde her örnekten 1 ml alınarak seri seyreltmeler yapılmış ve MRS agar besiyerine ekilmiştir. Koloniler 37°C'de 48 saat inkübe edildikten sonra sayılmıştır. Her suş için kontrol olarak, bakteri süspansiyonundan %2 (v/v) oranında steril serum fizyolojisine inokülasyon yapılarak 0., 6. ve 24. saatlerde ekim ve sayım işlemi tekrarlanmıştır. Çalışma iki tekrarlı olarak yürütülmüştür (Lian ve ark., 2003; Şener ve Temiz, 2008; Şener, 2009).

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında KAA besiyerlerinden izole edilerek Gram boyama ve katalaz reaksiyonu ve mikroskopik morfoloji değerlendirmesi sonucunda enterokok şüpheli olarak değerlendirilip gliserol stoğuna alınan ve antimikrobiyal aktivite özellikleri değerlendirilen izolatlar ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de verilmektedir. Buna göre 7 adet enterokok şüpheli izolatında referans test bakterilerine (*Salmonella Typhimurium* ATCC 14028, *E.coli* ATCC 25922, *Streptococcus mutans* ATCC 25175, *Streptococcus aureus* 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Enterococcus faecium* M74, *Streptococcus pyogenes* ATCC 6538, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111) karşı 8 mm ile 13 mm arasında antimikrobiyal aktivite tespit edilmiştir.

Tan ve ark. (2013)'nin yaptıkları çalışmada, ekşi hamurdan izole edilen *Enterococcus faecium* YF5 suşu güvenlik ve probiyotik potansiyeli açısından değerlendirilmiştir. Patojen organizmalarla (*Enterobacter sakazakii* CMCC45402, *Escherichia coli* CMCC44102, enterohemorajik *Escherichia coli* O157: H7 CMCC44828, *Salmonella Typhimurium* CMCC50071, *Shigella flexneri* 301 ve *Shigella sonnei* ATCC 29930) ve 2 gram-pozitif suşla (*Listeria monocytogenes* CMCC54001 ve *Staphylococcus aureus* CMCC 26003) birlikte kültürlendiğinde, *S. aureus* dışında bu gıda kaynaklı patojenleri engellediği tespit edilmiş, bu nedenle, *Enterococcus faecium* YF5 güvenli bir suş olarak değerlendirilmiştir. Sáez ve ark. (2018) Arjantin bölgesinden ekşi mayalı nohuttan izole edilen *Enterococcus durans* CRL2194 suşunun *Escherichia coli*, *B. cereus* patojenlerine karşı antimikrobiyal etkili olduğu tespit edilmiştir. Salvucc ve ark. (2016) Arjantin pazarlarından tahıllar ve tohumlardan izole ettiği *E. mundtii* ES151 ve ES198 ile *Enterococcus faecium* ES194, ES195 ve ES216 suşlarının *Listeria* ve *Pediococcus*'a karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiğini tespit etmiştir. Nespolo ve Brandelli (2010)'nin yaptıkları çalışmada koyun sütü ürünlerinin LAB'larında *Listeria monocytogenes* ATCC 7644'e karşı inhibisyon zon çapının, 6.5 ila 10.5 mm arasında değiştiği belirtilmiştir. (Nespolo ve Brandelli, 2010). Bir başka çalışmada spontan olarak fermente edilmiş sığır sütünün %15.01'i (n=56), *Listeria monocytogenes*'e karşı 1-4 mm arasında zon çapları göstermiştir (Akabanda ve ark., 2014). Tuncer ve ark. (2008)'nin Isparta, Antalya, İstanbul ve Ankara illerinden temin ettikleri boza örneklerinde (15 adet) yapılan çalışmada, izole edilen toplam 30 adet laktik asit bakterisi içerisinde, 6 adedi antibakteriyel (*Listeria innocua* LMG 2813, *Bacillus cereus* LMG 2732, *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis* LMG 2708, *Enterococcus faecalis* LMG 2602, *Staphylococcus aureus* LMG 3022, *Staphylococcus carnosus* LMG 2709 ve *Pediococcus pentosaceus* LMG 2001 karşı) madde üretme yeteneğinde bulunmuştur. Çalışma kapsamında, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus aureus* 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Enterococcus faecium* M74, *Streptococcus pyogenes* ATCC 6538, *Listeria innocua* ATCC 33090, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111 patojenlerine karşı inhibisyon çapı, 1.5 ila 4 mm arasında değişmektedir.

Tan ve ark. (2013)'nin ekşi hamurdan izole ettikleri *Enterococcus faecium* YF5 suşunun virülans ve antibiyotik dirençli fenotipleri (sitolizin ve jelatinaz üretimi, antibiyotik duyarlılığı) ve genleri (*cylA*, *gelE*, *ace*, *agg*, *esp* ve *vanA*) incelenmiştir. 6 virülans ve antibiyotik direnç geninin (*cylA*, *gelE*, *ace*, *agg*, *esp*, *vanA*) hiçbirine sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, *Enterococcus faecium* YF5'in virülans fenotipleri ve antibiyotiğe dirençli genler taşımadığını göstermiştir. Bu nedenle, *Enterococcus faecium* YF5'in probiyotik ve mikrobiyolojik olarak güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.

Yangılar ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada, farklı maya hammaddeleri kullanılarak üretilen kara sakı elma sirkelerinin çeşitli patojen bakterilere karşı antimikrobiyal etkisi belirlenmiş ve genel olarak tüm sirke örneklerinin antibakteriyel etki gösterdiği tespit edilmiştir. En güçlü antibakteriyel etkinin ticari sirke örneğinde olduğu, en zayıf etkinin ise %0.3 *Saccharomyces cerevisiae* içeren sirke örneğinde görüldüğü bulunmuştur. Ayrıca, *Escherichia coli* ATCC 8739 suşuna karşı en düşük MIC değerini gösteren organik ev sirkesi olmuştur.

Bursa Bölgesinden elde edilen ekşi maya kaynaklı enterokok izolatlarının virulens gen ve antibiyotik direnç genleri yönüyle negatif bulunduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, ekşi maya kaynaklı enterokok izolatlarının test edilen virülens genler ve antibiyotik direnç genleri yönüyle güvenli olduklarını ortaya koymaktadır.

Çizelge 2. İzolatların, Gram boyama, katalaz, mikroskopik morfolojive antimikrobiyal (mm) aktivite sonuçları

Kodu	Gram boyama	Katalaz	Morfoloji	<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	<i>E.coli</i> ATCC 25922	<i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175	<i>Streptococcus aureus</i> ATCC 6538	<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	<i>Enterococcus faecium</i> M74	<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 6538	<i>Listeria innocua</i> ATCC 33090	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111
23K1	+	-	Kok	9.8	10.4	9.6	10.2	11	8.8	12	9.8	9.4
23K2	+	-	Kok	8.4	8.8	8.6	11.8	10.8	9.4	9.4	8.8	8.4
23K3	+	-	Kok	9.6	10	10.2	13	12.4	10.2	11.6	9.6	9.4
23K4	+	-	Diplokok	9.2	10.2	10.2	11.6	11.8	9.6	10.6	10.2	10.4
23K5	+	-	Kok	8.8	8	9.2	8.4	10.4	9	10	9.2	8.8
24K1	+	-	Kok	9	10	8.8	9	11	9.2	10.4	9.4	11
24K2	+	-	Kok	9.4	10.4	10.4	9.6	12	10	11	13	10.4

*23K1: 23 numaralı ekşi hamur/enterokok (k)/ 1.koloni +: Pozitif -: Negatif

Fermente gıdalarda kullanılan LAB, doğal probiyotiklerin büyük bir kaynağıdır çünkü bunların genellikle güvenli ve konakçıya faydalı olduğu düşünülmektedir. Ancak bazı LAB'lerin, özellikle de *Enterococcus*'un virülans genleri barındırabildiğini bildiren çeşitli araştırmalar mevcuttur (Weckx ve ark., 2009; Toğay, 2010; Leisner ve ark., 2011). Bu nedenle güvenlik değerlendirmesi önemli bir kriterdir ve potansiyel probiyotik türlerinin seçiminde ilk adımdır. Ek olarak, bakteri suşlarının probiyotik potansiyelini değerlendirmek için, virülans genlerinin bulunmaması, safra tuzlarında, mide ve bağırsak sıvılarında hayatta kalma yeteneği, bağırsak hücrelerine yapışma yeteneği, gıda bozucu bakterileri içeren geniş bir inhibitör spektrumda olması ve antibiyotik duyarlılığı gibi bazı temel özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir (Corsetti ve ark., 2007; Nueno-Palop ve Narbad, 2011).

Çizelge 3'te suşların düşük pH ortamına direnç özelliklerini gösteren sayım sonuçları verilmiş, test edilen üç suşun da pH 2 ortamında 1. ve 3. saatin sonunda canlı kalamadıkları, pH 3 ortamında ise 23K4, 24K1, 24K2 izolatlarının canlı bakteri sayısında 1. saat sonunda sırasıyla 3.2-3.3-2.8 log birimlik azalma olurken, 3. saat sonunda canlılıklarının tamamen kaybedildiği görülmüştür. İzolatlar pH 4 ortamında canlılıklarını korumuşlardır.

Toğay (2010) tarafından yapılan "Doğal fermente gıdalardan ve anne sütünden enterokok izolasyonları, karakterizasyonları ve probiyotik kültür olarak kullanılma potansiyelleri" adlı çalışmada, üç enterokok suşunun pH 2 ortamında 1. ve 3. saatlerde canlılığını yitirdiği gözlemlenmiştir. pH 3 ortamında ise *Enterococcus faecium* S1-5 izolatının canlı bakteri sayısı 3. saatte 5.6 log birim azalırken, *Enterococcus faecium* M74 kontrol suşunun sayısı 1. saatte 4.5 log birim azalmış ve 3. saatte tamamen canlılığını kaybetmiştir. Probiyotik kontrol suşu *L.*

acidophilus ATCC 4356 ise pH 3 ortamına en dirençli suş olmuş ve 3. saatte 2.1 log birimlik bir azalma göstermiştir. Her üç suşun da pH 4 ortamında 3 saat boyunca canlılığını koruduğu belirlenmiştir.

Tan ve ark. (2013)'nin yaptıkları çalışmada, ekşi hamurdan izole edilen *Enterococcus faecium* YF5 suşunun düşük pH, safra tuzları, gastrik ve intestinal sıvılarda *in vitro* ortamda stabil bir şekilde hayatta kaldığı bulunmuştur. Onur ve Önlü (2022) farklı gıda kaynaklarından (peynir, kaşar, sucuk) izole ettiği enterekokların düşük pH denemeleri sonucunda pH 2 birinci saat sonunda 3 farklı izolatin canlılığını koruduğu buna karşın 3. saat sonunda tüm suşların canlılığını kaybettiği tespit edilmiştir. pH 3 testlerinde ise 3. saat sonunda tüm suşların canlılığını kaybettiği, pH 4 testlerinde ise en az canlılık gösteren suşun 24K2 numaralı izolat olduğu en fazla canlılık oranının ise 23K4 numaralı izolatta görüldüğü tespit edilmiştir. Probiyotik bakterilerin düşük pH ve safra tuzlarına karşı direnci büyük ölçüde türe bağlıdır (Muñoz-Quezada ve ark., 2013).

Çizelge 3. Suşların düşük pH ortamına direnç özelliklerini gösteren sayım sonuçları [log (kob/mL)]

Kodu	Canlı hücre sayısı [log (kob/mL)]*											
	pH 2			pH 3			pH 4			Kontrol (pH 6.5)		
	0.saat	1.saat	3.saat	0.saat	1.saat	3.saat	0.saat	1.saat	3.saat	0.saat	1.saat	3.saat
23K4	7.6±0.15	< 1	< 1	7.6±0.12	4.4±0	< 1	7.6±0	7.5±0.19	7.5±0	7.6±0.24	7.5±0.15	7.6±0.12
24K1	7.0±0.04	< 1	< 1	7.0±0.10	3.7±0.15	< 1	7.0±0.07	7.0±0.08	7.1±0	7.1±0.14	7.0±0	7.0±0.21
24K2	6.3±0	< 1	< 1	6.3±0.05	3.5±0.7	< 1	6.3±0.35	6.3±0.16	6.3±0.12	6.3±0.08	6.4±0.04	6.4±0

* Sayılar iki tekrar çalışmanın ortalamasıdır

Çizelge 4'te suşların %0.5 (w/v) safra derişimine direnç özelliklerini gösteren sayım sonuçları verilmiştir. Buna göre üç bakteri suşunun safra asidine karşı direnci incelendiğinde, 23K4, 24K1, 24K2 suşlarının %0.5 (w/v) safra konsantrasyonuna dirençli olduğu ve suşlardaki canlı bakteri sayısının, safra içinde 6 veya 24 saatlik inkübasyon sonrası önemli ölçüde azalmadığı görülmüştür.

Sakandar ve ark. (2019) ferment edilmiş ekşi hamurdan (Khamir) potansiyel probiyotik suşlar olan gluten parçalayan *Enterococcus mundtii* ve *Wickerhamomyces anomalus*'un izolasyonu ve karakterizasyonu gerçekleştirmiştir. *E. mundtii* QAUSD01, %0.4'lük bir safra tuzu konsantrasyonunda hayatta kalma yeteneğini en yüksek sergilerken, *E. faecalis* QAUSD04, bahsedilen suşla arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. *E. faecalis* QAUSD02, *B. megaterium* QAUSD03, *E. faecalis* QAUSD05 ve *E. faecalis* QAUSD06'nın suşlarında canlı hücre sayısında anlamlı bir azalma söz konusu olmamıştır (Nueno-Palop ve Narbad, 2011). Toğay (2010)'ın yaptığı çalışmada, *L. acidophilus* ATCC 4356 suşu safra asinine çok dirençli olmadığı ve safra içinde 6 saat sonra 3.4 log birim azaldığı, 24 saat sonra 2.3 log birim azaldığı belirtilmiştir. *Enterococcus faecium* M74 ve *L. acidophilus* ATCC 4356 suşlarının kontrol grup çalışmalarında da 24 saatlik inkübasyon sonrası canlı bakteri sayısında azalma görülmüştür. Bu azalma, *Enterococcus faecium* M74 suşu için 2 log birim ve *L. acidophilus* ATCC 4356 suşu için 3.3 log birim olarak belirtilmiştir. Onur ve Önlü (2022)'nin yaptıkları çalışmada safra tuzuna karşı direncin belirlenmesi için yapılan testler sonucunda tüm suşların safra tuzlarına karşı canlılıklarını (4 log kob/mL ile 10 log kob/mL arasında) koruduğu görülmüştür.

Safra tuzu toleransı, probiyotik suşların değerlendirilmesinde önemli bir kriterdir, çünkü bu suşların insan bağırsak ortamında canlı kalma yeteneklerini belirlemektedir.

Çizelge 4. Suşların %0.5 (w/v) safra derişimine direnç özelliklerini gösteren sayım sonuçları [log (kob/mL)]

Kodu	Canlı hücre sayısı [log (kob/mL)]*					
	Safra (% 0.5)			Kontrol		
	0.saat	6.saat	24.saat	0.saat	6.saat	24.saat
23K4	7.7±0.11	7.5±0	7.4±0.03	7.6±0.24	7.5±0.08	7.6±0
24K1	7.0±0	6.7±0.19	6.6±0.13	7.0±0.1	7.0±0	7.0±0.09
24K2	6.4±0.08	6.4±0.02	6.2±0.2	6.3±0.15	6.3±0.1	6.2±0.08

Sonuç

Fermente gıda ürünleri, endüstride teknolojik ve besinsel özellikleri geliştirme yeteneğine sahip laktik asit bakterisi suşlarının izolasyonu için her zaman zengin bir ortam oluşturmaktadır. Laktik asit bakterilerinin çeşitliliği, sadece tür düzeyinde değil, aynı zamanda suşa bağlı teknolojik özellikler nedeniyle de önemlidir. Çalışmada Bursa bölgesinden temin edilen 30 adet ekşi mayadan izole edilen enterokokların gıda güvenliği ve fonksiyonel karakterizasyonu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, elde edilen enterokok izolatlarının antimikrobiyal aktivitesinin ve antibiyotik direnç özelliklerinin belirlenmesi, virülens gen ve antibiyotik direnç genlerinin aranması, düşük pH ve safra direnç özelliklerinin belirlenmesi, analizleri yapılmıştır. Enterokok izolatlarının test edilen virülens ve antibiyotik direnç genleri yönüyle negatif bulunduğu ve dolayısıyla güvenli olduğu tespit edilmiştir. İzolatların referans test bakterilerine karşı ise antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca enterokok izolatlarının safra ve asit direnç özellikleri incelenmiş ve izolatların pH 2'de canlı kalamadıkları, ancak pH 3-4 ortamında canlılıklarının 1-3 saat kadar devam edebildiği belirlenmiştir. İzolatların safra direnci özelliğinin ise safra ortamında 24 saat inkübasyona karşın 6 log kob/mL ve üstü düzeyinde canlılığın devam edebildiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Bursa bölgesi ekşi hamurlarından elde edilen laktik asit bakteri izolatlarının gıda endüstrisinde probiyotik ve fonksiyonel kültür yönünden kullanılma potansiyeline sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, izole edilen suşların *in vitro* ortamda probiyotik potansiyel taşıdığını göstermektedir. Fakat, probiyotik olarak kabul edilebilmeleri için daha kapsamlı değerlendirmelere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu izolatların yapılacak ileri çalışmalarla bakteriyosin üretme potansiyellerinin değerlendirilmesi ve elde edilip saflaştırılacak bu bakteriyosin preparatlarının gıda endüstrisinde alternatif koruyucu olarak kullanımının değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Araştırma ve yayın etik ilkelerine uygun olarak yürütülmüş ve bu makaleyi hazırlayan yazarlar araştırmaya eşit katkıda bulunmuştur. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar

çatışması bulunmamaktadır. Çalışma, FHIZ-2022-1160 No'lu Proje ile Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- Akabanda, F., Owusu-Kwarteng, J., Tano-Debrah, K., Parkouda, C. and Jespersen, L. 2014. The use of lactic acid bacteria starter culture in the production of Nunu, a spontaneously fermented milk product in Ghana. *International Journal of Food Sciences*, 2014(2014): 721067
- Altuntaş, E.G., Ayhan, K., Okcu, G., Erkanlı, K., Balci, M. and Sonakın, S.S. 2010. Antimicrobial activities of lactic acid bacteria isolated from raw milk and cheese samples. *GIDA - Journal of Food*, 35(3): 197-203.
- Aslam, M., Diarra, M. S., Checkley, S. and Bohaychuk, V. 2012. Characterization of antimicrobial resistance and virulence genes in *Enterococcus* spp. isolated from retail meats in Alberta, Canada. *International Journal of Food Microbiology*, 156(3): 222–230.
- Bagci, U., Ozmen Togay, S., Temiz, A. and Ay, M. 2019. Probiotic characteristics of bacteriocin-producing *Enterococcus faecium* strains isolated from human milk and colostrum. *Folia Microbiologica*, 64(6): 735–750.
- Bakırcı, F. ve Köse, E. 2017. Ekşi hamurlardan laktik asit bakterileri ve mayaların izolasyonu ve tanımlanması. *Akademik Gıda*, 15(2): 149-154.
- Bellici, A. E., Karasu-Yalcin, S., Eryasar-Orer, K. and Yalçın, E. 2019. MALDI-TOF/TOF mass spectrometry for determination of yeast diversity in traditional cornelian cherry tarhana produced with different cereal/pseudocereal flours. *Annals of Microbiology*, 69, 613-625.
- Corsetti, A., Settanni, L., Valmorri, S., Mastrangelo, M. and Suzzi, G. 2007. Identification of subdominant sourdough lactic acid bacteria and their evolution during laboratory-scale fermentations. *Food Microbiology*, 24(6): 592-600.
- Coşansu, S., Kuleaşan, H., Ayhan, K. and Materon, L. A. 2007. Antimicrobial activity and protein profiles of *Pediococcus* spp. isolated from Turkish “SUCUK”. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31: 190-200.
- Eaton, T. J. and Gasson, M. J. 2001. Molecular screening of *Enterococcus* virulence determinants and potential for genetic exchange between food and medical isolates. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(4): 1628-1635.
- Foulquie Moreno, M. R., Sarantinopoulos, P., Tsakalidou, E. and De Vuyst, L. 2006. The role and application of enterococci in food and health. *International Journal of Food Microbiology*, 106(1): 1–24.
- Franz, C. M. A. P., Holzapfel, W. H. and Stiles, M. E. 1999. Enterococci at the crossroads of food safety? *International Journal of Food Microbiology*, 47(1-2): 1–24.

- Franz, C. M. A. P., Stiles, M. E., Schleifer, K. H. and Holzapfel, W. H. 2003. Enterococci in foods – a conundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 88 (2-3): 105–122.
- Hajikhani, R., Beyath, Y. ve Aslim, B. 2007. Antimicrobial activity of *Enterococcus* strains isolated from white cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 60: 105-108.
- Hammad, A. M., Hassan, H. A. and Shimamoto, T. 2015. Prevalence, antibiotic resistance and virulence of *Enterococcus* spp. in Egyptian fresh raw milk cheese. *Food Control*, 50: 815-820.
- Harris, L. J., Daeschel, M. A., Stiles, M. E. and Klaenhammer, T. R. 1989. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, 52(6): 384-387.
- Hugas, M., Garriga, M. and Aymerich, M. T. 2003. Functionality of enterococci in meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2-3): 223-233.
- Klein, G. 2003. Taxonomy, ecology and antibiotic resistance of enterococci from food and gastro-intestinal tract. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2-3): 123-131.
- Leisner, J., Hansen, M., Larsen, M., Hansen, L., Ingmer, H. and Sørensen, S. 2011. The genome sequence of the lactic acid bacterium, *Carnobacterium maltaromaticum* ATCC 35586 encodes potential virulence factors. *International Journal of Food Microbiology*, 152(3): 107–115.
- Leroy, F., Verluut, J., Messens, W. and Vuyst, L. D. 2002. Modelling contributes to the understanding of the different behaviour of bacteriocin-producing strains in a meat environment. *International Dairy Journal*, 12(2-3): 247-253.
- Lian, W., Hsiao, H. and Chou, C. 2003. Viability of microencapsulated *Bifidobacteria* in simulated gastric juice and bile solution. Short communication. *International Journal of Food Microbiology*, 86(3): 293–301.
- Muñoz-Quezada, S., Chenoll, E., Vieites, J. M., Genovés, S., Maldonado, J., Bermúdez-Brito, M., Gomez-Llorente, C., Matencio, E., Bernal, M. J., Romero, F., Suárez, A., Ramón, D. and Gil, A. 2013. Isolation, identification and characterisation of three novel probiotic strains (*Lactobacillus paracasei* CNCM I-4034, *Bifidobacterium breve* CNCM I-4035 and *Lactobacillus rhamnosus* CNCM I-4036) from the faeces of exclusively breast-fed infants. *British Journal of Nutrition*, 109 Suppl 2, S51–S62.
- Nespolo, C. R. and Brandelli, A. 2010. Production of bacteriocin-like substances by lactic acid bacteria isolated from regional ovine cheese. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(4): 1009-1018.
- Nueno-Palop, C. and Narbad, A. 2011. Probiotic assessment of *Enterococcus faecalis* CP58 isolated from human gut. *International Journal of Food Microbiology*, 145(2–3): 390–394.
- Oladipo, I. C., Sanni, A. I. and Swarnakar, S. 2014. Virulence potential of *Enterococcus gallinarum* strains isolated from selected Nigerian traditional fermented foods. *Journal of BioScience and Biotechnology*, 3(2): 97-104.
- Onur, M. ve Önlü, H. 2022. Farklı Gıda Ürünlerinden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Bazı Probiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi. *European Journal of Science and Technology*, 32, 562 – 572.

- Peters, J., Mac, K., Wishmann-Shauer, H., Klein, G. and Ellerbroek, L. 2003. Species distribution and antibiotic resistance patterns of enterococci isolated from food of animal origin in Germany. *International Journal of Food Microbiology*, 88, 311-314.
- Pieniz, S., de Moura, T. M., Vaz Cassenego, A. P. and reazza, R., Guedes Frazzon, A. P., Flavio Anastacio de Oliveira Camargo, F. A. and Brandelli, A. 2015. Evaluation of resistance genes and virulence factors in a food isolated *Enterococcus durans* with potential probiotic effect. *Food Control*, 51, 49-54.
- Reviriego, C., Eaton, T., Martín, R., Jiménez, E., Fernández, L., Gasson, M. J. and Rodríguez, J. M. 2005. Screening of virulence determinants in *Enterococcus faecium* strains isolated from breast milk. *Journal of Human Lactation*, 21(2): 131-138.
- Saavedra, L., Taranto, M. P., Sesma, F. and de Valdez, G. F. 2003. Homemade traditional cheeses for the isolation of probiotic *Enterococcus faecium* strains. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2-3): 241-245.
- Sáez, G. D., Saavedra, L., Hebert, E. M. and Zárate, G. 2018. Identification and biotechnological characterization of lactic acid bacteria isolated from chickpea sourdough in northwestern Argentina. *LWT*, 93, 249-256
- Sakandar, H. A., Hussain, R., Kubow, S., Sadiq, F. A., Huang, W. and Imran, M. 2019. Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 302, 103–113.
- Salvucci, E., LeBlanc, J. G. and Pérez, G. T. 2016. Technological properties of Lactic acid bacteria isolated from raw cereal material. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 185-191.
- Sarantinopoulos, P. and righetto, C., Georgalaki, M. D., Rea, M. C., Lombardi, A., Cogan, T. M., ... and Tsakalidou, E. 2001. Biochemical properties of enterococci relevant to their technological performance. *International Dairy Journal*, 11(8): 621-647.
- Şener, A. 2009. Serbest ve Mikroenkapsüle Probiyotik Bakterilerin Ticari Dondurma Üretiminde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 139s.
- Şener, A. and Temiz, A. 2008. The effects of Certain Prebiotics on the Resistance to Acid, Bile and Cold Storage of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*. Presented at the First European Food Congress, Ljubljana, Slovenia.
- Tan, Q., Xu, H., Aguilar, Z. P., Peng, S., Dong, S., Wang, B., Li, P., Chen, T., Xu, F. and Wei, H. 2013. Safety Assessment and Probiotic Evaluation of *Enterococcus Faecium* YF5 Isolated from Sourdough. *Journal of Food Science*, 78, M587-M593.
- Toğay, S. Ö. 2010. Doğal fermente gıdalar ve anne sütünden enterokokların izolasyonu, karakterizasyonu ve bunların probiyotik kültür olarak kullanılabilme potansiyelinin araştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1): 19-25.

- Tuncer, Y., Özden, B. ve Avşaroğlu, M. D. 2008. Bozanın Bazı Mikrobiyolojik Özelliklerinin ve Laktik Asit Bakterisi İzolatlarının Antibakteriyel Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1): 19-25.
- Valenzuela, A. S., Benomar, N., Abriouel, H., Cañamero, M. M. and Gálvez, A. 2010. Isolation and identification of *Enterococcus faecium* from seafoods: Antimicrobial resistance and production of bacteriocin-like substances. *Food Microbiology*, 27(7): 955-961.
- Weckx, S., Allemeersch, J., Van der Meulen, R., Vrancken, G., Huys, G., Vandamme, P., Van Hummelen, P. and De Vuyst, L. 2009. Development and validation of a species-independent functional gene microarray that targets lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(20): 6488-95.
- Yangılar, F., Gülhan, B. and Kılıçgün, H. 2023. Determination of Antimicrobial Properties of Endemic Black Sakı Apple Vinegar Produced by Traditional Method Using Different Yeast Raw Materials. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 37(1): 79-99.



Kantaron Uçucu Yağı ile Kabak Çekirdeği Ununun Farklı Konsantrasyonları Kullanılarak Üretilen Vegan Amaranth Sütlerinin Fiziko-Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi^A

Erkan ŞENYURT¹, Filiz YANGILAR^{2*}

Öz: Bu çalışmada, %100 amaranth sütü v/v (K), %0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü w/v (A), %0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı+amaranth sütü w/v (B) ve %1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü w/v (C) olmak üzere 4 adet vegan süt üretilerek fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir. Örneklerin kurumadde, kül, yağ ve protein ile viskozite değerleri yapılan uygulamadan pozitif yönde bir etki kazanmıştır. Vegan sütlerin toplam karbonhidrat oranları %4.59 ile %7.94; enerji değerleri ise 49.01 kcal ve 51.55 kcal arasında belirlenmiştir. Vegan sütlerin pH değerleri 6.89-6.95 ve toplam asitlik değerleri ise %0.55-0.85 olup istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Toplam fenolik madde içeriği (973.54 mg GAE 100 g⁻¹) ve antioksidan kapasitesi (%117.6) en yüksek olan örnek C olmuştur. Amaranthlı vegan sütlerin en düşük L^* değeri K örneğinde (66.31) en yüksek değeri ise A örneğinde (68.72) tespit edilmiştir. a^* değeri -1.66 ile -2.64 ve b^* değeri 11.06 ile 19.15 arasında belirlenmiştir. Vegan süt örnekleri duyusal yönden kabul edilebilir düzeyinde bulunmuş ve en çok beğenilen örnek B grubu olmuştur. Bu formüle sahip ürünler bitkisel bazlı süt ürünlerine farklı bir ürün çeşidi olarak önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Amaranth, kabak çekirdeği unu, kantaron uçucu yağı, vegan süt, yeni nesil ürün.

^A Yayın bir tezden yapılmıştır. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Filiz YANGILAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Erzincan, Türkiye. e-posta: f_yangilar@hotmail.com, [OrCID 0000-0001-6447-2419](https://orcid.org/0000-0001-6447-2419)

¹ Erkan ŞENYURT, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye. e-posta: erkansenyurt24@gmail.com, [OrCID 0000-0003-1925-2526](https://orcid.org/0000-0003-1925-2526)

Determination of Physico-chemical and Sensory Properties of Vegan Amaranth Milk Produced with Different Concentrations of Pumpkin Seed Flour and Kantaron Essential Oil

Abstract: In this study, K (100% amaranth milk w/v), A (0.5% pumpkin seed flour+0.5% kantaron essential oil+amaranth milk w/v), B (0.75% pumpkin seed flour+0.5% kantaron essential oil+amaranth milk w/v), and C (1% pumpkin seed flour+0.5% kantaron essential oil+amaranth milk w/v) vegan milk were produced, and their physical, chemical, and sensory properties were determined. The samples' dry matter, ash, fat, protein, and viscosity values gained a positive effect from the trials. Total carbohydrate rates of vegan milk range from 4.59% to 7.94% and energy values range from 49.01 cal 100 g⁻¹ to 51.55 cal 100 g⁻¹ were determined. The pH samples were between 6.89 and 6.95 and the acidity was between 0.55 and 0.85%, which were statistically significant (p<0.05). Sample C had the highest phenolic content (973.54 mg GAE 100 g⁻¹) and antioxidant capacity (117.6%). The lowest L* value of vegan milk was in the K sample (66.31), and the highest was in the A sample (68.72). The a* value ranged from -1.66 to -2.64, whereas the b* value varied between 11.06 and 19.15. Vegan milk samples were found to be sensory satisfactory, with group B being the most preferred. Products with this formula can be recommended to plant-based dairy products as a different product type.

Keywords: Amaranth, pumpkin seed flour, kantaron essential oil, vegan milk, new generation products.

Giriş

Sağlıklı bir hayat için besin öğelerinin gereken miktarda ve düzenli olarak vücuda alınması gerekir (Şengül ve Zeybek, 2020; Gürbüz ve ark., 2023). Özellikle kalp, beyin, karaciğer gibi organların korunması ve solunum gibi hayatsal faaliyetler için ihtiyacımız olan enerjinin bu şekilde karşılanması zorunludur (McArdle ve ark., 2007). Yaşam koşulları dengeli beslenmenin rastgele değil, daha bilinçli ve bilimsel verilere dayalı olarak yapılmasını gerektirmekte, gelişen teknolojik şartların ışığında üretimin de daha kolay, ucuz ve kaliteli olarak yapılmasını öngörmektedir. Beslenme bireylerin hem kültürel, ekonomik ve sosyolojik yapılarıyla ilişki içerisinde olmayı hem de sosyal statülerinin bir misyonu olmayı sürdüren bir davranıştır. Bu kültür; ait olduğu toplumun ekonomik yaşam biçimlerini, dini inanışlarını, coğrafi koşullarını ve beslenme alışkanlıklarını kapsamaktadır (Sormaz ve ark., 2016). Çoğu birey sağlıklı bir hayat için ve ekolojik dengenin korunması amacıyla vegan/vejetaryen beslenmeyi tercih etmektedir (Özkaya ve ark., 2022). Vegan ve vejetaryen beslenme tipleri bireylerin doğaya, canlılara ve yaşama olan bakışlarını değiştirme hususunda felsefi bir düşünce sağlamaktadır (Bozfirat ve Düzce, 2021). Bununla birlikte bireylerin vegan ve vejetaryenlik seçimleri de farklılık göstermektedir. İnsanlar bu beslenme tarzını tercih ederken hayvanları korumayı, ekolojik dengeyi bozmamayı ve sağlıklı kalmayı ilke edinmektedir (Son ve Bulut, 2016). Bu durum ise vejetaryen/vegan ve özel durumlarda beslenmeye ihtiyacı olan

bireylere yönelik güvenilir, ekonomik ve psikolojik faktörler esas alınarak alternatif olarak üretilecek fonksiyonel gıdaların hazırlanmasını gerektirmektedir. Bu amaçla soya, badem, kaju, fındık, fıstık, Hindistan cevizi, yulaf, pirinç, buğday, mısır gibi çeşitli hammaddeler fonksiyonel vegan süt üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle tahıllardan hazırlanan vegan süt, beslenme açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda ekonomik değere sahip bir pseudo-tahıl olan amarant özellikle yüksek karbonhidrat ve protein içeriği ayrıca gluten içermemesi (Kalinova ve Dadakova, 2009; Venskutonis ve Kraujalis, 2013; Kılınççeker ve Büyük, 2019) nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Böylelikle vegan/vejeteryanların yanında Çölyak hastalığı olan bireyler açısından da bu ürün çok değerlidir. Amarant yaklaşık %65 karbonhidrat ve %13-14 oranında protein içeriğine sahiptir. Zengin aminoasit kompozisyonu ile protein içeriği diğer tahıllara göre yüksek olup yumurta proteini ile benzer olduğu paylaşılmaktadır (Baykut, 2021). Amarant proteinlerinin biyoaktif peptitlerinin antioksidan, anti hipertansitif, anti trombotik gibi aktivitelere sahip olduğu da vurgulanmıştır (Moronta ve ark., 2016). Aynı zamanda, amarant yağının LDL kolesterolü düşürmede etkili olan hipokolesterolemik etkiye sahip fitosteroller açısından da zengin olduğu bildirilmiştir (Bhattarai, 2018; Schmidt ve ark., 2021).

Ürünün somut faydalarının bilinmesi de fonksiyonel ürünlerin tüketiciler tarafından kabul edilmesinde etkili olmaktadır. Bu amaçla kantaron uçucu yağı ve kabak çekirdeği unu bu araştırmada tercih edilmiştir. Hypericaceae familyasında çok yıllık otsu bir bitki olan Sarı kantaronun (*Hypericum perforatum*) (Altan ve ark., 2015) 482 türü olup ülkemizde *Hypericum*'un 96 türü mevcuttur (Güner ve Aslan, 2012). Özellikle Avrupa'da bağışıklık sistemini geliştirmek amacıyla sarı kantaron ile hazırlanan çorbalar, kahvaltılık gevrekler, tatlılar, çikolata, kek ve aromalı içecekler üretilmektedir (Seyrekoğlu, 2020). Fonksiyonel vegan süt üretiminde kantaron uçucu yağı ile birlikte kabak çekirdeği unu da bu araştırmada incelenmiştir. Kabak, Cucurbitaceae familyasının alt türleri arasında yer alan bir üründür (Şamdan, 2013). Lezzet içeriği yüksek olan kabak çekirdeğinin yapısında protein (fenilalanin, triptofan, metionin gibi), yağ, doymamış yağ asitleri, diyet lif, mineral ve vitaminler yer almaktadır (Dalkıran, 2014). Çekirdek yağının çoğunluğunu (%73-80) doymamış yağ asitleri (linoleik, oleik, palmitik ve stearik asit) oluşturmaktadır (Korkmaz, 2011). İçerdiği magnezyum kemik yapısında, kalp ritminin düzenlenmesinde ve enzimlerin çalışmasında etki sağlamaktadır (Kara, 2008). Ayrıca kabak çekirdeğinin gluten içermemesi çölyak hastaları için kullanılmasına yönelik bir avantajda sunmaktadır.

Bu çalışma bitkisel esaslı diyetlere yönelik sürdürülebilir bir beslenmenin yanı sıra biyoçeşitlilik ve ekolojiye faydalar sağlanması amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla kabak çekirdeğinin farklı konsantrasyonları ve kantaron uçucu yağı kullanılarak üretilen gluten içermeyen vegan amarant sütlerinin fiziko-kimyasal ve duyuşal özelliklerinin ilk defa çalışılmış olmasının da alan literatürüne katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Vegan süt yapımında kullanılan amarant (*Amaranthaceae* familyasından), kabak çekirdeği unu (*Cucurbita maxima* çekirdeği) ve kantaron uçucu yağı (*Hyperaceae* familyasından gelen sarı kantaron) piyasadan temin edilmiştir.

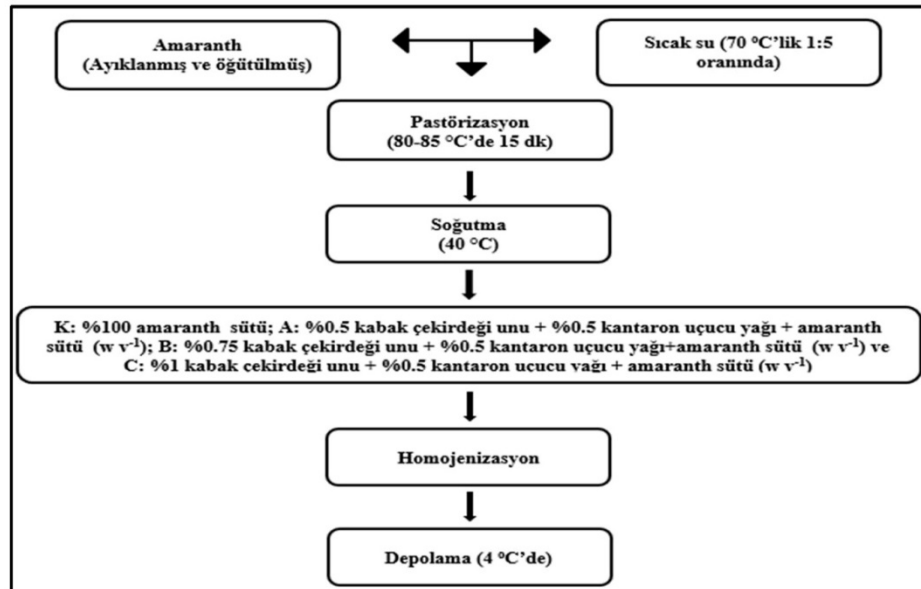
Kantaron Uçucu Yağı ve Kabak Çekirdekli Vegan Amaranth Sütünün Üretilmesi

Amaranth sütünün üretimi amacıyla temin edilen amaranth içerisindeki sap, saman, toprak, taş, yabancı tohum zedelenmiş ve süneli tanelerinden ayıklanmıştır. Daha sonra amaranth laboratuvar tipi bir değirmen (Thomas Mill, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) yardımıyla 0.5 mm göz açıklığına sahip elekten geçebilecek şekilde öğütülmüştür. Öğütülmüş amaranth 1:5 (g:mL) oranında (80 gr bitkisel un, 400 ml su) 70°C'lik sıcak suda bekletilmiştir. Bu karışıma 2 katlı muslin bezi yardımıyla süzülme işlemi yapıldıktan sonra 80-85°C'de 15 dakika patojen mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen bu karışım 40°C'ye soğutularak içerisinde farklı konsantrasyonlarda (%0.5, %0.75 ve %1) kabak çekirdeği unu ve kantaron uçucu yağı ilavesi yapılarak ultra turrax cihazıyla (Daihan Scientific, Co., Ltd) yaklaşık 5 dakika kadar homojenize edilmiştir. Bu çalışma kapsamında 4 adet vegan süt üretimi yapılmıştır. Bu sütlerin tanımlanmasında kullanılan kodlar ve formülasyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Vegan amaranth sütlerin kodu ve formülasyonları

Kodlar	Formülasyonlar
K	%100 amaranth sütü v v ⁻¹
A	%0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü w v ⁻¹
B	%0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü w v ⁻¹
C	%1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü w v ⁻¹

Üretilen bu vegan amaranth sütleri soğutularak steril şartlarda steril kaplara dolmaları yapılmış ve analizleri tamamlanmaya kadar 4°C'de depolanmıştır. Kabak çekirdeği unlu ve kantaron uçucu yağlı vegan amaranth sütü üretimine ait akım şeması Şekil 1'de ve üretime ait görseller Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü üretimi



Şekil 2. Vegan amaranth süt üretimine ait görseller

Kantaron Uçucu Yağ ve Kabak Çekirdeği Unlu Vegan Amaranth Sütlerinin Fiziko-Kimyasal Analizleri

Vegan süt örneklerinin kuru madde değerleri 105 °C'lik bir etüvde (Memmert UF 110, Almanya), kül içerikleri 550 C'de bir kül fırınında (Nüve KD-200, Türkiye), protein içeriği Kjeldahl azot tayin cihazında, yağ oranı Gerber Funke Gerber cihazında (Lactostar, 3510-070702, Germany), asitlik değerleri titrasyon yöntemiyle, renk değerleri HunterLab cihazıyla (Colorflex-EZ, HunterLab, Virginia, USA), viskozite değerleri ise Brookfield marka bir viskozimetre (2 numaralı başlık ile Brookfield DV1 Viskozimetre cihazında 20, 50 ve 100 rpm'de) kullanılarak sırasıyla AOAC (2000), Cemeröglü (2013), Bradley ve ark. (1992), Anonim (2002), Cueva ve Aryana (2008) ve Gassem ve Frank (1991) tarafından bildirilen metotlara göre yapılmıştır. Örneklerin pH analizi Eutech PH 150 Model bir pH metre kullanılarak tespit edilmiştir. Vegan sütlerinin karbonhidrat değerleri, kimyasal analizleri tamamlandıktan sonra nem (%), yağ (%), protein (%) ve kül (%) miktarlarının toplamının 100'den çıkarılması ile belirlenmiştir (Gibson, 1990). Enerji değerleri, kimyasal analizler sonucunda elde edilen toplam yağ, protein ve hesaplamalar sonucunda belirlenen karbonhidratın kalori değerleri ile çarpıldıktan sonraki değerlerin toplanmasıyla tespit edilmiştir. Protein ve karbonhidrat 4 kcal ile yağ 9 kcal ile çarpılmıştır (Gibson, 1990).

Toplam Fenolik Madde

Vegan örneklerinin ekstraksiyonu Özcan ve ark. (2019)'nın metoduna göre belirlenmiştir. Bu yöntemde 10 g numune 10 ml %75 metanol çözeltisi ile oda sıcaklığında 4 saat karıştırılmış ve daha sonra 1420 x g'de 10 dakika santrifüjlenerek süpernatantlar bir filtre kâğıdı yardımıyla süzülmüştür. Toplam fenolik madde analizi için 100 µl bu süpernatandan alınarak 7.5 mL distile su, 500 µl Folin-Ciocalteu reaktifi ile 1 mL Na₂CO₃ solüsyonuyla karıştırılmış ve vegan süt numunelerinin absorbanları spektrofotometre (UV-1700, Shimadzu, Kyoto, Japonya) cihazında 760 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar her bir g süt numunesi için miligram gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak verilmiştir (Singleton ve ark., 1999; İlyasoğlu ve Burnaz, 2015).

Antioksidan Kapasitesi

Vegan sütlerde antioksidan aktivite ölçümü DPPH serbest radikal yakalama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) %80'lik metanol çözeltisi kullanılarak spektrofotometre (UV-1700, Shimadzu, Kyoto, Japonya) cihazında okuma işlemi tamamlanmıştır. Süt numunelerinden 5 ml alınarak üzerine 5 ml metanol (%80'lik) eklenmiştir. 1 dakika vorteksle karıştırıldıktan sonra 20 dk 4000 rpm'de santrifüjlenme işlemi yapılmıştır. İşlemin ardından berrak kısımdan 0.1 ml alınarak üzerine 3.9 ml DPPH eklenmiş ve 40 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda okuma işlemi yapılmıştır (Blois, 1958). Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

Duyusal Analizler

Kabak çekirdeği unu ve kantaron uçucu yağlı amaranth süt örnekleri 4°C'de dinlendirildikten sonra renk, görünüş, kıvam, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü akademisyen, öğrencilerinden ve halktan oluşan yaklaşık 20 kişilik bir panelist grubu tarafından duyu analize tabi tutulmuştur (Bodyfelt ve ark., 1988).

İstatistik Analizleri

Vegan süt üretimi için belirlenen formülasyonlara 3 farklı oranda kabak çekirdeği unu x 2 tekerrür faktöriyel düzeninde elde edilen verilere SPSS 22 paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) uygulanarak analizleri yapılmıştır. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak gösterilmiştir. İstatistik analizi %95 güven aralığında tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Ürünler arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi (Duncan's Multiple Range Test) uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Hammadde Analiz Sonuçları

Vegan süt üretiminde hammadde olarak amaranth kullanılmıştır. Üretimde kullanılan amaranth pseudo-tahılına ait besin öğeleri; nem, yağ, protein, kül, pH ve asitlik sırasıyla 7.3±0.06, 0.03±0.02, 10.90±0.20, 2.52±0.59, 6.04±0.06 ve 0.02±0.01 olarak bulunmuştur.

Vegan Süt Örneklerine Ait Fiziko-Kimyasal Analiz Sonuçları

Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerine ait bazı fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Literatür araştırmaları sonucunda amaranth sütü, kabak çekirdeği unu ve kantaron uçucu yağını içeren bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın verileri bu konu ile ilgili ilk ve öncü niteliği taşımaktadır.

Çizelge 2. Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerin fizikokimyasal analiz sonuçları

Analizler	Vegan süt çeşitleri				
	K	A	B	C	Ortalama
Kurumadde (%)	2.27±0.15 ^b	2.52±0.09 ^{ab}	2.70±0.07 ^{ab}	3.10±0.42 ^a	2.64±0.36
Kül (%)	0.22±0.03 ^c	0.32±0.02 ^b	0.48±0.00 ^a	0.50±0.00 ^a	0.38±0.12
Yağ (%)	1.45±0.07 ^c	2.25±0.07 ^b	2.95±0.07 ^a	3.05±0.07 ^a	2.42±0.68
Protein (%)	1.03±0.00 ^a	1.06±0.04 ^a	1.14±0.09 ^a	1.15±0.07 ^a	1.09±0.07
Karbonhidrat (%)	7.94±0.11 ^a	6.36±0.01 ^b	5.09±0.20 ^c	4.59±0.14 ^d	5.99±1.38
Enerji (kcal)	49.01±0.29 ^b	49.91±0.43 ^b	51.55±0.24 ^a	50.43±0.94 ^{ab}	50.22±1.06
Asitlik (%)	0.55±0.07 ^b	0.65±0.07 ^{ab}	0.75±0.07 ^{ab}	0.85±0.07 ^a	0.70±0.13
pH	6.95±0.00 ^a	6.94±0.00 ^a	6.91±0.00 ^b	6.89±0.02 ^b	6.92±0.02

*^{a-d}Aynı satırda farklı harflerle belirtilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05). K: %100 amaranth sütü, A: %0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü (w v⁻¹), B: %0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı+amaranth sütü (w v⁻¹) ve C: %1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü (w v⁻¹)

Örneklerin kurumadde ve kül oranları sırasıyla %2.27-3.10 ve %0.35-0.69 arasında belirlenmiştir. Kurumadde ve kül içerikleri en düşük K örneğinde, en yüksek C örneğinde tespit edilmiştir. Kabak çekirdeği ununun farklı konsantrasyonlardaki kullanımı bu sonucu ortaya çıkarmış olabilir. Çakmak (2019) soya sütünün kurumadde değerini %6.73 ve Jeske ve ark. (2017) ticari badem sütünü araştırdıkları çalışmalarında kül oranını 0.21-0.36 g olarak belirlemişlerdir. Araştırmacıların bulguları bu çalışma verileriyle benzerlik göstermektedir.

Vegan sütlerin yağ oranı %1.45-3.05 arasında bir değer almıştır. Vegan süt örneklerine ait yağ değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Öztürk (2022) pirinç sütü, nohut sütü ve pirinç+nohut sütü karışımı bitisel sütlerinin yağ oranlarını sırasıyla 0.00±0.00, 0.01±0.00 ve 0.04±0.01 olarak bildirmiştir. Araştırmacıların sonuçları bu çalışma sonuçlarından düşük bulunmuştur. Bu farklılık üretimde kullanılan kantaron uçucu yağından kaynaklanmış olabilir.

Örneklerin protein oranları %1.03-1.15 arasında değişmiştir. İstatistiksel olarak örneklerin protein miktarı arasındaki farklılık düzeyleri önemsiz bulunmuştur (p>0.05). En düşük protein oranı K ve en yüksek protein oranı C vegan örneğine aittir. Vegan örneklerinde kabak çekirdeği unu konsantrasyonu arttıkça protein miktarı da artmıştır. Liu ve Chang (2013) ticari 39 adet soya sütü örnekleri arasında sadece üçünün protein oranını %3'den fazla belirlerken ortalama protein içeriklerini %2.6 olarak saptamışlardır. Hasan (2012) "çiğ badem sütü", "pastörize badem sütü", "lesitinli çiğ badem sütü" ve "lesitinli pastörize badem sütü" örneklerinin sırasıyla protein miktarlarını %0.90, %0.93, %0.80 ve %0.87 şeklinde bildirmiştir. Araştırmacıların bulguları ile

bu çalışma bulguları arasındaki protein farklılıklarının formülasyon, kullanılan hammadde ile uygulanan prostesten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

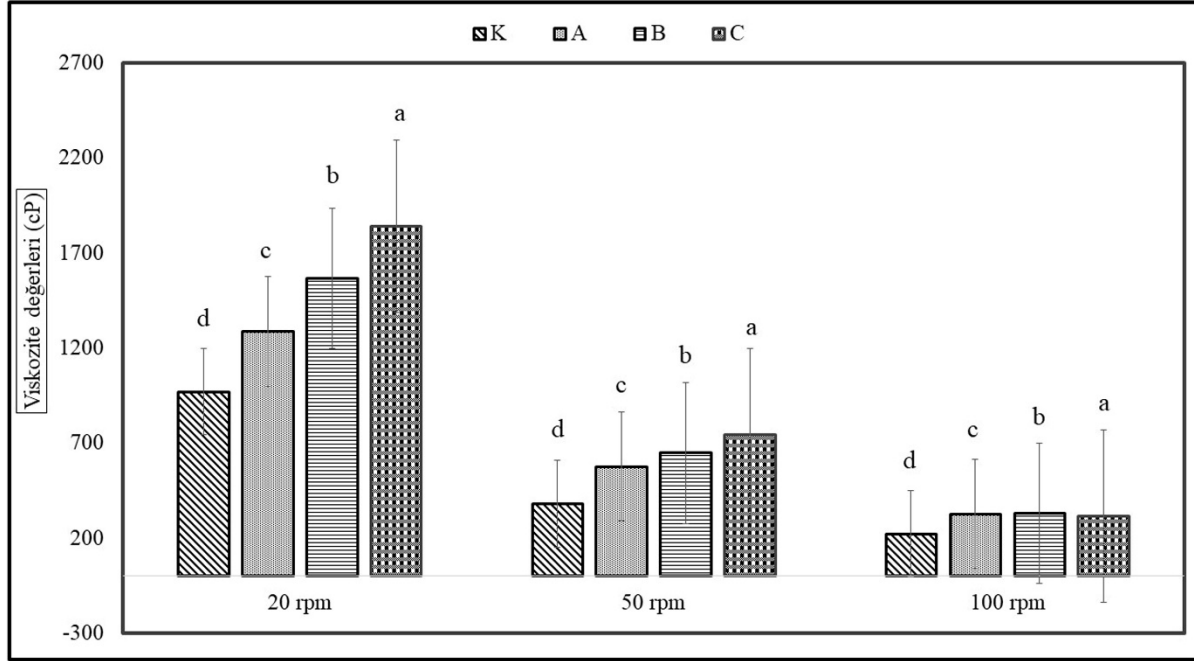
Gıdaların besin öğelerini oluşturan karbonhidratların esas görevi vücuda enerji sağlamaktır (Aksoy ve ark., 2016). Günlük alınması gereken enerjinin %55'ini karbonhidratlar oluşturmalıdır (Arıkan ve Perçinci, 2021). Karbonhidratların yeterli miktarda alınması, proteinlerin enerji amacıyla kullanılmasını önlerken fazla alınması vücut yağlanma oranını arttırmaktadır (Güllü ve Küçükkömürler, 2020). Dolayısıyla tükettiğimiz karbonhidrat içeriği tüketici sağlığı açısından son derece önemlilik göstermektedir. Bu çalışmada da örneklerin toplam karbonhidrat değerleri %4.59 ile %7.94 arasında değişmektedir. Aduol ve ark. (2020) probiyotik bakterili börtülce sütü örneklerinin karbonhidrat içeriğini %5.1-5.5; Bernat ve ark. (2015) 8:100 oranında sulandırılmasıyla ürettikleri badem sütü örneklerini karbonhidrat oranını %0.94 olarak belirlemişlerdir. Ceylan (2013) ise 3-7 kat oranında sulandırılma işlemiyle hazırladıkları badem sütünün toplam karbonhidrat değerlerini 1.15 ± 0.02 ile 3.91 ± 0.01 arasında bulmuştur. Bernat ve ark. (2014) badem, fındık, yulaf ve pirinç bitkisel sütlerinin karbonhidrat içeriklerini sırasıyla $1-8 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$, $6.5-8 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$, $4.75-11.8 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ ve $4.6-15.6 \text{ g } 100 \text{ mL}^{-1}$ olarak belirlemişlerdir. Literatür sonuçları karbonhidrat içeriklerinin değişkenlik gösterdiğini bunun da sulandırılma oranları ile kullanılan hammaddelerden kaynaklanabileceği yorumuna bizleri yönlendirmiştir.

Sağlıklı beslenmedeki amaç yeterli ve dengeli beslenerek vücudun ihtiyaç duyduğu enerjinin günlük alınması gereken besin öğelerinden karşılanabilmesidir. Bu çalışmada yeni nesil bitkisel bir süt ürünü hazırlanarak enerji değerlendirilmesi yapılmıştır. Vegan sütündeki enerji değeri 49.01 kcal ile 51.55 kcal arasında belirlenmiş; en düşük enerji değeri K ve en yüksek değer ise C örneğinde saptanmıştır (Çizelge 2). Bernat ve ark. (2015) badem sütü örneklerini 8:100 oranında sulandırarak hazırlamışlar ve enerji değerini 44.88 kcal olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Hasan (2012), 4:100 oranında yine badem sütü örneklerinin enerji değerini 22.7 kcal olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışma sonuçları ile araştırmacı bulguları uygulanan proses ve kullanılan hammadde türüne bağlı olarak farklılık göstermiştir.

Vegan sütlerinin en düşük asitlik değeri K örneğinde (%0.55) ve en yüksek asitlik değeri ise C örneğinde (%0.85) tespit edilmiştir. Kundu ve ark. (2018) badem sütü örneklerinde asitlik değerini 0.390 ± 0.003 ve soya sütünün asitlik değerini ise 0.099 ± 0.003 şeklinde paylaşmışlardır. En düşük pH oranı %1 kabak çekirdeği unu+%0.5 kantaron uçucu yağı+amaranth sütü içeren C örneğinde 6.89, en yüksek değer ise %100 amaranth sütlü K örneğinde 6.95 olarak bulunmuştur. Öztürk (2022) pirinç sütlü örneklerde pH değerini 6.87 olarak bildirmiştir.

Süt örneklerinin 20 rpm'deki viskozite değerleri 970-1837 cP, 50 rpm'deki viskozite değerleri 381-742 cP ve 100 rpm'deki viskozite değerleri 223-382 cP arasında değişmektedir. En yüksek viskozite değeri C vegan süt örneğine aitken en düşük viskozite K örneğine aittir (Şekil 3). Elde edilen sonuçlara göre kabak çekirdeği unu konsantrasyonu artan vegan süt örneklerinde viskozite değerleri de artmıştır. Balcıoğlu (2013) çilek kullanarak hazırladıkları fermente süt içeceklerinin viskozite değerlerini 967-1515 cP arasında bulmuşlardır. Yıldırım (2021) yulaf sütü örneklerine uygulanan sıcaklığın 20°C'den 60°C'ye yükselmesi ile viskozite değerinin $163.67 \pm 12.49 \text{ m Pa.s'}$ den, $182.40 \pm 15.90 \text{ m Pa.s'}$ ye yükseldiğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların bulguları bu

çalışma ile farklılık göstermektedir. Kullanılan hammaddelerin ve uygulanan ısı işlemlerin bu farklılığı etkilediği düşünülmektedir.

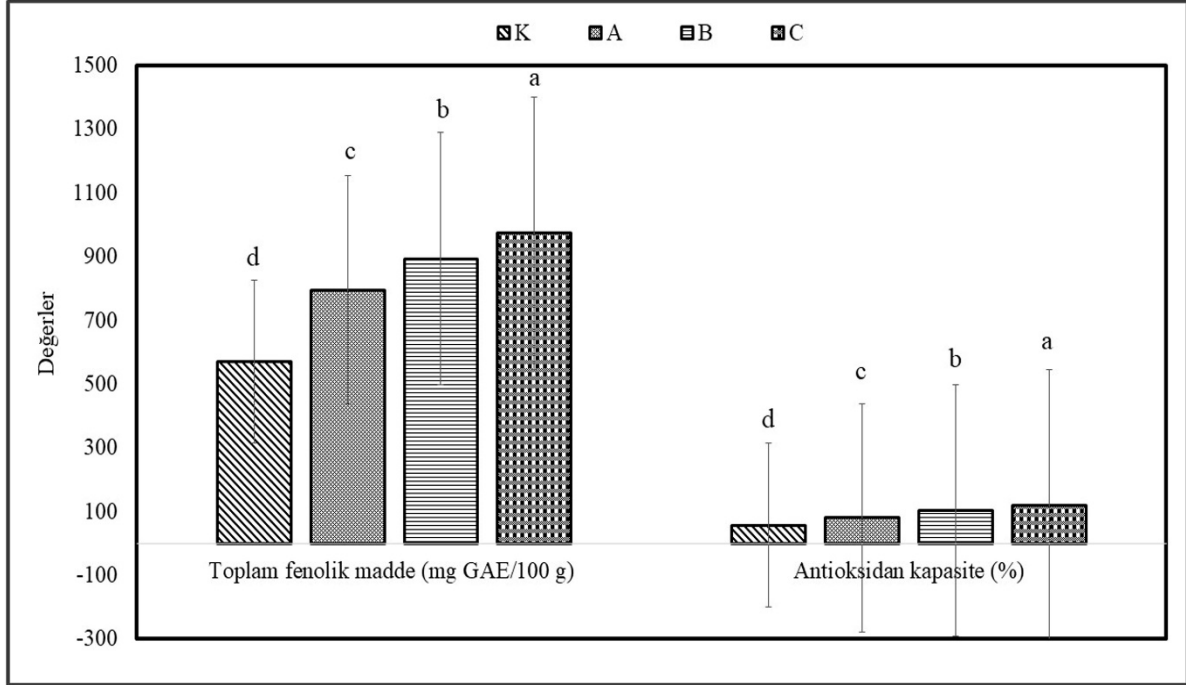


Şekil 3. Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerinin viskozite değerleri (cP). K: %100 amaranth sütü, A: %0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$), B: %0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$) ve C: %1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$)

Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Kapasitesi

Amaranth süt örneklerinin toplam fenolik madde içeriği 570.27-973.54 (mg gallik asit eşdeğeri $100 g^{-1}$) arasında bulunmuştur. En yüksek değer C örneğinde, en düşük değer K örneğinde belirlenmiştir (Şekil 4). Görgün (2022) kestane sütlü örneklerin toplam fenolik madde içeriğini 307.80 ile 632.64 mg gallik asit kg^{-1} arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Strieder ve ark. (2022) badem sütlü içeceklerin toplam fenolik madde değerlerini 55.2-65.7 mg GAE $100 mL^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Zhou ve ark. (2023) üç kavuzsuz yulaf çeşidi (Bayou 01, Bayou 09 ve Huazao 02) ve bir kabuklu yulaf çeşidi (*Avena sativa*) ile ürettikleri sütlerin toplam fenolik madde içeriklerini sırasıyla 70.96, 60.03, 62.96 ve 60.79 (mg GAE/100 g kuru madde) olarak bulmuşlardır. Tulashie ve ark. (2022) Hindistan cevizi sütünün toplam fenolik madde içeriğini 295,8333-312,5 mg GAE/L arasında; Kala (2024) hindistan cevizi, soya, badem, fındık ve yulaf sütlerinin ortalama toplam fenolik madde (TFM) miktarını sırasıyla 3,53, 14,41, 10,78, 7,58 ve 4,93 mg GAE/100 ml olarak; Silva ve ark. (2020) en yüksek fenolik içeriğin 12,4 mg GAE/L ile pirinç sütünde ve en düşük değer ise 0,2 mg GAE/L ile hindistan cevizinde ayrıca, Al Zahrani ve Shori (2023) soya sütü ve badem sütü örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerini sırasıyla 0,518 ve 0,238 mg GAE/mL olarak tespit etmişlerdir. Mevcut çalışmanın diğer araştırmacıların ürettikleri bitkisel

sütlerin içerdiği toplam fenolik miktardan daha yüksek bir içeriğe sahip olması üzerinde kullanılan hammaddelerin etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerinin toplam fenolik madde içeriği (mg GAE/100 g) ve antioksidan kapasite değerleri (%). K: %100 amaranth sütü, A: %0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$), B: %0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı+amaranth sütü ($w v^{-1}$) ve C: %1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$)

Örneklerin antioksidan kapasitesi %57.16-117.6 arasında bulunmuştur. İstatistiksel olarak süt örneklerinin antioksidan kapasite değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek antioksidan değeri C örneğinde, en düşük değer K örneğinde tespit edilmiştir (Şekil 2). Ceylan (2013) badem sütlerini 3-7 kat oranında sulandırarak hazırladığı örneklerin antioksidan kapasitelerini %63.29±0.01 ile %72.32±0.01 arasında; Ben Jamaa (2021) kenevir sütünün %64,45; badem sütünün %73,12 ve yulaf sütünün %63,14; Long (2021) soya sütünün %36,75 ve Jamaa ve ark. (2021) badem, yulaf, kenevir ve kinoa sütlerinin DPPH inhibisyon kapasitelerini ise sırasıyla %73,12, %63,14, %64,45 ve %78,34 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada hammadde olarak kullanılan amaranth, kantaron uçucu yağı ve kabak çekirdeği unu süt benzeri örneklerin antioksidan kapasitelerinin araştırmacıların bulgularından yüksek bulunmasını sağlamış olabilir.

Vegan Süt Örneklerinin Renk Sonuçları

Bu çalışmada da kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerinin renk değerlerini içeren L^* , a^* ve b^* parametreleri verilmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerinin renk değerleri

Renk parametreleri	Vegan süt çeşitleri				
	K	A	B	C	Ortalama
L^*	66.31±0.44 ^b	68.72±0.03 ^a	66.47±0.66 ^b	67.65±0.07 ^a	67.29±1.08
a^*	-1.66±0.01 ^a	-2.21±0.02 ^b	-2.41±0.01 ^c	-2.64±0.01 ^d	-2.23±0.38
b^*	11.06±0.09 ^d	19.15±0.21 ^a	17.85±0.04 ^b	15.38±0.02 ^c	15.86±3.29

*^{a-d}Aynı satırda farklı harflerle belirtilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0.05$). K: %100 amaranth sütü, A: %0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$), B: %0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı+amaranth sütü ($w v^{-1}$) ve C: %1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$)

En yüksek L^* değerine sahip örnek A ve en düşük L^* değerine sahip örnek K olarak tespit edilmiştir. Bu araştırma kapsamında süt örneklerinin L^* değeri uçucu yağ ve kabak çekirdeği unu ilavesiyle değişkenlik göstermiştir. Bu sonuçlar daha çok örneklerin beyazlığını kaybetmesinden kaynaklanmaktadır. Süt örneklerinin a^* değerleri (-1.66)-(-2.64) arasında değişmektedir. Vegan örneklerin a^* değeri farkı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek a^* değeri C örneğine aitken en düşük değer K örneğine aittir (Şekil 2). Vegan süt örneklerinin b^* değerleri 11.06–19.15 arasında olup istatistiksel olarak aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Yıldırım (2021) ısıtma işlemi (T) ve UV-C destekli ısıtma işlemi görmüş (UV-CT) yulaf sütü örneklerinin L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerlerini sırasıyla 68.57±1.20, -0.9±0.10 ve 11.26±0.65 olarak bulmuştur.

Duyusal Analiz Sonuçları

Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerinin duyusal analiz değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Kantaron uçucu yağ ve kabak çekirdeği unlu vegan amaranth sütü örneklerinin duyusal analiz değerleri

Duyusal parametreler	Vegan süt çeşitleri				
	K	A	B	C	Ortalama
Renk	5.97±0.03 ^c	6.64±0.00 ^a	6.69±0.02 ^a	6.31±0.01 ^b	6.40±0.31
Görünüş	6.07±0.03 ^d	6.62±0.00 ^a	6.49±0.00 ^b	6.29±0.00 ^c	6.37±0.22
Kıvam	6.26±0.08 ^c	6.60±0.01 ^b	6.93±0.04 ^a	6.84±0.00 ^a	6.66±0.28
Koku	6.12±0.02 ^c	6.33±0.05 ^b	6.29±0.00 ^b	6.44±0.02 ^a	6.30±0.12
Tat	5.80±0.01 ^d	6.64±0.01 ^b	6.69±0.00 ^a	6.50±0.00 ^c	6.41±0.38
Genel kabul edebilirlik	6.31±0.02 ^d	6.84±0.06 ^b	6.97±0.01 ^a	6.72±0.03 ^c	6.71±0.26

*^{a-d}Aynı satırda farklı harflerle belirtilen değerler birbirinden farklıdır ($p<0.05$). K: %100 amaranth sütü, A: %0.5 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$), B: %0.75 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı+amaranth sütü ($w v^{-1}$) ve C: %1 kabak çekirdeği unu + %0.5 kantaron uçucu yağı + amaranth sütü ($w v^{-1}$)

Varyans analizine göre renk değerine verilen puanlamada kantaron uçucu yağı ve kabak çekirdeği ununun etkisi ($p<0.05$) önemli bulunmuştur. Panelistler vegan süt örneklerine ilave edilen kabak çekirdeği unu konsantrasyonu ile negatif korelasyon şeklinde görünüş puanları vermişlerdir. Örneklerinin kıvam değerleri

6.26±0.08 ile 6.93±0.04 arasında belirlenmiştir. İstatistiksel olarak örneklerin arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Duyusal değerlendirmede panelistlere her ne kadar değerlendirme öncesinde bilgi paylaşımında bulunulmuş olsa da subjektif bir değerlendirme olduğu için kıvam konusunda farklı puanlamalar yapılabilmektedir. En yüksek koku puanı C örneğinde ve en düşük koku puanı K örneğinde tespit edilmiştir. Örneklerin koku puanları kullanılan kabak çekirdeği ununun farklı konsantrasyonlarına ilaveten kantaron uçucu yağından da etkilenmiş olabilir. Panelistler tat puanını en yüksek B (6.69) ve en düşük K örneklerine (5.80) vermişlerdir. Adeiye ve ark. (2013) kavrulmuş yer fıstığından ürettikleri bitkisel sütlerin lezzet açısından en fazla beğenilen süt örnekleri olduğunu bildirmiştir. Bitki esaslı sütler beslenmemize yeni yeni dahil olmaya başladığından dolayı tüketicilerin tat noktasında kabul edebilmeleri için belirli bir zamana ihtiyaç duymaları beklenen bir sonuçtur. Vegan süt örneklerinin genel kabul edebilirlik puanı 6.31-6.97 arasında değişmektedir. En yüksek genel kabul edebilirlik puanı B örneğinde tespit edilmiştir. K örneğinde ise en düşük puan belirlenmiştir. Dikme (2023) kayısı çekirdeğinden elde ettikleri sütleri panelist değerlendirmesine sundukları çalışmalarında genel kabul puanını 4.1±0.32 olarak bulmuşlardır.

Sonuç

Günümüzde tüketicilerin gıda tercihlerinde lezzet ve besin bileşenlerinin yanı sıra özel yararlar sağlaması istekleri dikkate alınarak amaranth ile kantaron uçucu yağı ve kabak çekirdeği ununun kullanılmasıyla sağlıklı bitkisel esaslı yeni bir vegan süt ürünü elde edilmiştir. Üretilen bu süt örneklerine fiziksel, kimyasal ve duyusal analizler uygulanmıştır. Yapılan fiziksel, kimyasal ve duyusal analizlerin sonucunda protein oranı hariç vegan süt örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Yenilikçi bir ürün hazırlanmak istenen bu çalışmada özellikle B ve A grubundaki örneklere aroma maddeleri veya meyve pulpları ilave edilerek beğenilme düzeyleri daha da geliştirilebilir. Bununla birlikte bu sütler, laktoz intolerans, inek sütü proteini alerjisi (İSPA) ve çölyak hastaları gibi besin alerjisi olan bireyler için önerilebilir. Ayrıca bu ürün son zamanlarda popüler hale gelen vegan/vejetaryen beslenme tercihi olan insanlar tarafından da sevilerek tüketilebilir. Bu çalışma sonucunda kabak çekirdeği unu ile kantaron uçucu yağının fonksiyonel ve kimyasal bileşim özellikleri ile amaranth vegan süte zenginlik kazandırdığı belirlenmiştir. Yapılacak olan yeni çalışmalarda tat-aroma, beslenme ve sağlık açısından daha da farklı olan vegan sütlerin geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Araştırma ve yayın etik ilkelerine uygun olarak yürütülmüş ve bu makaleyi hazırlayan yazarlar araştırmaya eşit katkıda bulunmuştur. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Adeiye, O.A., Gbadamosi, S.O. and Taiwo A. 2013. Effects of some processing factors on the characteristics of stored groundnut milk extract. *American Journal of Food Science*, 7(6): 134-142.
- Aduol, K. O., Onyango, A.N. and Imathiu, S.M. 2020. Proximate, microbial and sensory characteristics of cowpea milk fermented with probiotic starter cultures. *EJFOOD, European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2(4).
- Aksoy, M., Nişancı, F., Kızıl, M., Çakır, B. ve Çarkçı, M. 2016. Besin öğeleri ve besin grupları. Türkiye Beslenme Rehberi TÜBER 2015, T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031, Ankara, Türkiye, 30-33.
- Altan, A., Damlar, İ., Aras, M. ve Alpaslan, C. 2015. Sarı kantaronun (*Hypericum perforatum*) yara iyileşmesi üzerine etkisi. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 24(4): 578-591.
- Al Zahrani, A.J.A. and Shori, A.B. 2023. Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus* spp. *LWT*, 176: 114531.
- Anonim. 2002. Çiğ inek sütü standardı, TS 1018, TSE, Ankara.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. association of official analytical chemists, Washington, D.C.
- Arıkan, S. ve Perçinci, N.B. 2021. Karbonhidratların kronik hastalıklarla ilişkisi ve tıbbi beslenme tedavisindeki rolü. *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi*, 2(2): 36-50.
- Balcıoğlu, H. 2013. Askorbik asit ve çilek ilavesinin probiyotik fermente süt içeceğinin bazı özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Şanlıurfa*, 90 sayfa.
- Baykut, E.D. 2021. Bazı tahıl benzeri ürünlerin besin içeriği ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 23: 89-98.
- Ben Jemaa, M., Gamra, R., Falleh, H., Ksouri, R. and Beji, R.S. 2021. Plant-based milk alternative: nutritional profiling, physical characterization and sensorial assessment. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*, 4(2): 108-120.
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A. and González-Martínez, C. 2014. Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies*, 3(1): 93-124.
- Bernat, N., Chafer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A. and González-Martínez, C. 2015. Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 488-496.
- Bhatarai, G. 2018. Amaranth: a golden crop for future. *Himalayan Journal of Science and Technology*, 2: 108-116.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617): 1199-1200.
- Bodyfelt, F.W., Tobias, J. and Trout, G.M. 1988. The sensory evaluation of dairy products. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 166 p.

- Bozfirat, Ş. ve Düzce, R. 2021. Vejetaryen beslenme ve insülin direnci ile ilişkisi. *Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(2): 130-140.
- Bradley, R.L., Arnold, E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E., Vines, B.K. and Marshall, R. 1992. Standard methods for the examination of dairy products. *Chemical and Physical Methods*, 433-531.
- Cemeroğlu, B.S. 2013. Gıda analizleri. Bizim Grup Basımevi Ajans Tan. Org. Yay. Dağ. San. Tic. Ltd. Şti. Ankara, Türkiye.
- Ceylan, M.M. 2013. Badem sütü üretimi ve optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Hatay, 61 sayfa.
- Cueva, O. and Aryana, K.J. 2008. Quality attributes of a heart healthy yoğurt. *LWT-Food Science and Technology*, 41(3): 537-544.
- Çakmak, E. 2019. İnek ve soya sütü karışımından yapılan probiyotik yoğurtların bazı özellikleri üzerine transglutaminaz enziminin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, 2019 Samsun, 72 sayfa.
- Dalkıran, G.N. 2014. Kabak çekirdeğinden enzimatik sulu ekstraksiyon ile yağ eldesi ve yüzey aktif madde kullanımının yağ verimine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji-Genetik ve Biyoteknoloji Anabilim Dalı*, İstanbul, 83 sayfa.
- Dikme, T.G. 2023. Kayısı çekirdeği sütünden proteince zengin toz eldesi ile sporcu içeceği üretimi ve optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Malatya, 164 sayfa.
- Gassem, M.A. and Frank, J.F. 1991. Physical properties of yogurt made from milk treated with proteolytic enzymes. *Journal of Dairy Science*, 74(5): 1503-1511.
- Gibson, R.S. 1990 *Principles of nutritional assessment*. Oxford University Press.
- Görgün, B.U. 2022. Kestane sütü ile zenginleştirilmiş kefir üretimi, Doktora Tezi, *Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bursa, 264 sayfa.
- Güllü, M. ve Küçükkömürler, S. 2020. Üniversite öğrencilerinin karbonhidrat tüketimi ve BKİ değerlerinin incelenmesi. *Electronic Turkish Studies*, 15(3).
- Güner, A. ve Aslan, S. 2012. *Türkiye bitkileri listesi:(damarlı bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- Gürbüz, İ.B., Gemeç, E. ve Kadağan, Ö. 2023. Tüketicilerin beyaz et tercihlerini etkileyen faktörler ve gıda harcamaları içerisinde beyaz etin payı: Bursa ili örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2): 343-363.
- Hasan, N.A. 2012. Almond milk production and study of quality characteristics. *Journal of Academia*, 2(1): 1-8.
- İlyasoğlu, H. ve Burnaz, N.A. 2015. Effect of domestic cooking methods on antioxidant capacity of fresh and frozen kale. *International Journal of Food Properties*, 18: 1298-1305.

- Jemaa, M. B., Gamra, R., Falleh, H., Ksouri, R. and Beji, R. S. (2021). Plant-based milk alternative: nutritional profiling, physical characterization and sensorial assessment. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants*, 4(2): 108-120.
- Jeske, S., Zannini, E. and Arendt, E.K. 2017. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72: 26-33.
- Kala, M.B. 2024. *Hayvansal ve bitkisel sütlerin kimyasal bileşimi ve antioksidan özellikleri*. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya, 2024, 72 s. (Basılmamış tez).
- Kalinova, J. and Dadakova, E. 2009. Rutin and Total Quercetin Content in Amaranth (*Amaranthus* spp.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 64: 68-74.
- Kara, D. 2008. Sakarya’da yetişen iki farklı kabak çekirdeğinden (*Cucurbita maxima* ve *moschata*) katalaz enziminin karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 71 s.
- Kılınççeker, O. and Büyük, G. 2019. Amaranth (*Amaranthus* spp)’ın Bazı Özellikleri ve Et Ürünlerinde Kullanımı. *Adyutayam Dergisi*, 7(2): 36-42.
- Korkmaz, H. 2011. Kabak çekirdeği yağ asitlerinin süperkritik akışkan ekstraksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 112 s.
- Kundu, P., Dhankhar, J. and Sharma, A. 2018. Development of non dairy milk alternative using soymilk and almond milk. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(1): 203-210.
- Liu, Z.S. and Chang, S.K. 2013. Nutritional profile and physicochemical properties of commercial soymilk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5): 651-661.
- Long, X., Li, Q. and Zhao, X. 2021. Free radical scavenging ability of soybean milk fermented by *Lactobacillus plantarum* YS4 isolated from yak yoghurt in vitro. *Earth and Environmental Science*, 792: 012020.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. and Katch, V.L. 2007. Human energy expenditure during rest and physical activity. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*, 151-164.
- Moronta, J., Smaldini, P. L., Fossati, C. A., Añón, M. C. and Docena, G. H. 2016. The anti-inflammatory SSEDIKE peptide from Amaranth seeds modulates IgE-mediated food allergy. *Journal of Functional Foods*, 25: 579-587.
- Özcan, T., Şahin, S., Akpınar-Bayizit, A. ve Yılmaz-Ersan, L. 2019. Assessment of antioxidant capacity by method comparison and amino acid characterisation in buffalo milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1): 65-73.
- Özkaya, F., Güner, D., Akbıyuk, T. ve Siner, N. 2022. Vegan diyeti kapsamında geliştirilen kurabiye ve tüketici algısı. *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 6(1): 48-60.
- Öztürk, R. 2022. Pirinç sütü ve nohut sütü kullanılarak probiyotik fermente içecek üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Bursa Uludag University Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bursa, 81 sayfa.

- Schmidt, D., Verruma-Bernardi, M. R., Forti, V. A. and Borges, M. T. M. R. 2023. Quinoa and amaranth as functional foods: A review. *Food Reviews International*, 39(4): 2277-2296.
- Seyrekoğlu, F. 2020. Bazı kantaron ekstraktlarının enkapsülasyon tekniği ile ayran üretiminde kullanılması, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Samsun, 230 sayfa.
- Silva, A.R., Silva, M.M. and Ribeiro, B.D. 2020. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, 131: 108972.
- Singleton, V.L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *In Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Son, G.Y.T. ve Bulut, M. 2016. Vegan and vegetarianism as a life style. *Journal of Human Sciences*, 13(1): 830-843.
- Sormaz, U., Akmese, H., Güneş, E. ve Aras, S. 2016. Gastronomy in tourism. *Procedia Economics and Finance*, 39: 725-730.
- Strieder, M.M., Neves, M.I.L., Belinato, J.R., Silva, E.K. and Meireles, M.A.A. 2022. Impact of thermosonication processing on the phytochemicals, fatty acid composition and volatile organic compounds of almond-based beverage. *LWT*, 154: 112579.
- Şamdan, C.A. 2013. Kabak çekirdeği kabuğundan kimyasal aktivasyonla aktif karbon üretimi boya ve ağır metal gideriminde değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 1-164.
- Şengül, T. ve Zeybek, A. 2020. Diyarbakır il merkezinde yaşayan tüketicilerin tavuk eti algıları ve bu algıları etkileyen faktörler üzerinde bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(2): 433-444.
- Tulashie, S.K., Amenakpor, J., Atisey, S., Odai, R. and Akpari, E.E.A. 2022. Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6: 100206.
- Venskutonis, P.R. and Kraujalis, P. 2013. Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: 381412.
- Yıldırım, G. 2021. Isıl olan ve olmayan işlemler ile pastörize edilen yulaf sütünden yoğurt yapım olanaklarının araştırılması, Yüksek Lisans Programı, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Osmaniye, 62 sayfa.
- Zhou, S., Jia, Q., Cui, L., Dai, Y., Li, R., Tang, J. and Lu, J. 2023. Physical-chemical and sensory quality of oat milk produced using different cultivars. *Foods*, 12(6): 1165.



Yoğurt Starter Kültüründe Farklı Bakteri Oranları Kullanılarak Üretilen Geleneksel Süzme Yoğurtlardan Elde Edilen Serumun Bazı Özellikleri^A

Engin YARALI^{1*}, Şevki ÇETİNER², Alican TAŞÇIOĞLU³

Öz: Araştırmanın amacı, yoğurt starter kültüründe farklı bakteri oranları kullanılarak geleneksel yolla üretilen süzme yoğurtlardan elde edilen serumlarda bazı kimyasal özellikleri belirlemek ve kültürdeki bakteri oranının serum özelliklerine etkisini incelemektir. İşletmeye gelen çiğ sütlerden kültürde farklı oranlarda bakteri kullanılarak süzme yoğurt üretimi gerçekleştirilmiş ve bu yoğurtlardan elde edilen yoğurt sularında (serum), pH, °SH, % yağ, % toplam kuru madde, % laktoz, % toplam protein, L^* , a^* , b^* , C ve H belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca serum ve süzme yoğurt miktarları saptanmıştır. Kültürdeki bakteri oranının serum özelliklerinden kurumadde, % laktoz oranı, % toplam protein oranı ve renk parametre değerleri üzerine etkisiz olduğu tespit edilmiştir. Serumda ölçülen pH, °SH ve % yağ oranı üzerine ise kültür bakteri oranının etkisi önemli olarak saptanmıştır. Çalışmada süzme ortamının nem ve sıcaklık değerleri ölçülmüş ve ölçülen bu parametrelerin elde edilen serum özellikleri üzerine etkisi saptanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Kültür oranı, süzme yoğurt, serum, kimyasal kalite.

^A Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, Türkiye. eyarali@adu.edu.tr. OrcID: 0000-0003-1525-0371.

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, Türkiye. sctiner@adu.edu.tr. OrcID: 0000-0002-0351-2760.

³ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, Türkiye. alican.tascioglu@adu.edu.tr. OrcID: 0000-0003-4101-8648.

Some Properties of The Serum Obtained From Traditional Strained Yoghurts roduced Using Different Bacterium Ratios in Yoghurt Culture

Abstract: The aim of the research is to determine some chemical properties in serums obtained from strained yogurts produced in the traditional way using different bacterium ratios in yoghurt culture and to examine the effect of bacterium ratio on serum properties. Strained yoghurt was produced using different proportions of bacterium from the raw milk coming to the plant, and pH, SH, fat%, total drymatter%, lactose%, total protein% and L^* , a^* , b^* , C and H were determined in the yoghurt juices (serum) obtained from these yoghurts. In the study, the amount of serum and strained yogurt was also determined. It was determined that the culture bacterium ratio was ineffective on drymatter, lactose%, total protein% and color parameter values from serum properties. The effect of bacterium ratio on pH, °SH and fat% ratio measured in serum was found to be significant. In the study, the humidity and temperature values of the filtration medium were measured and the effect of these measured parameters on the obtained serum properties was not determined.

Keywords: Culture ratio, strained yoğurt, serum, chemical quality.

Giriş

Yoğurt; inek, koyun, manda, keçi sütü veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün gerektiğinde süt tozu ilavesi ile homojenize edilip veya edilmeden *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*' dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ve uygun işlemlerden geçirilmesinden sonra elde edilen bir mamul olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2006; Köse ve ark., 2018). Yoğurt üretiminde uygulanan ısıl işlem koşulları ve inkübasyon sırasındaki asitlik gelişimi yoğurt pıhtısının oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Bu proseslerin etkisiyle süt proteinlerinde birtakım değişimler meydana gelmekte ve proteinler arası çeşitli interaksiyonlar oluşmaktadır. Bu interaksiyonların çeşidi, şiddeti ve stabiliteyi, yoğurt tekstür yapısının fiziksel özelliklerinin ortaya çıkmasında etkili olduğu rapor edilmiştir (Akın, 2006; Cheng, 2010).

Yoğurt üretiminde, kullanılan süte starter kültür ilave edilmesine inokülasyon denilmektedir. Süt, uygun koşullarda ısıl işleme tabi tutulduktan sonra inkübasyon sıcaklığına soğutulmakta ve starter kültür inoküle edilmektedir. Burada kullanılan starter kültür, seçilmiş suşları içeren mikroorganizmalar olup söz konusu bakterilerin yoğurda istenilen duyuşal, tekstürel ve reolojik özellikleri kazandırdığı belirtilmiştir. Süte ilave edilecek kültür miktarının ise, kullanılan kültür çeşidine ve yoğurda işlenecek süt miktarına göre belirlendiği ifade edilmiştir (Akın, 2006). Kullanılan starter kültürlerin optimum gelişme sıcaklığı 42–45 °C'dir. Yoğurdun su tutma kapasitesi pH 4.2–4.6 aralığında optimumdur ve bu sebeple yoğurt üretiminde inkübasyona bu pH aralığında son verilmektedir. Bu anlamda, kullanılan bakterilerin türü veya suşları, ilave edilen kültür miktarı,

inkübasyon sıcaklığı, asitlik gelişimi ve ambalaj materyalinin büyüklüğünün, inkübasyon sonu asitliğinin belirlenmesinde etkili faktörler olduğu rapor edilmiştir (Akın, 2006; Üçüncü, 2015).

Yoğurt, sağlık açısından birçok faydası saptanan ve yapım tekniği genel olarak kolay olan bir üründür ancak dayanma süresi sınırlıdır. Uygun olmayan muhafaza koşullarında kısa zamanda bozularak tüketilemeyecek duruma gelebilmektedir. Ülkemizin kırsal bölgeleri başta olmak üzere birçok yöresinde ve bazı ülkelerde çeşitli dayanıklı yoğurtların üretildiği ifade edilmiştir (Şahan ve Say, 1998; Kırdar ve Gün, 2006). Değişik bölgelerde farklı isimler alan bu ürünün özellikleri üzerine, uygulanan teknolojinin, kültürde yer alan mikroorganizmaların, ambalaj özelliğinin, üretim yapılan yöre ve içine katılan katkı maddeleri gibi etkenlerin rol oynadığı belirtilmiştir. Türk toplumu uzun yıllardır sütün dayanıklılığını artırmak için sütü yoğurda işlemiş ve bu yoğurdu hem güvenilir bir yiyecek olarak tüketmiş hem de tereyağı, bazı peynirler ve tarhana gibi birçok yiyeceğin yapımında hammadde olarak değerlendirmiştir (Yaygın, 1999). Dayanıklı yoğurt çeşitlerinden en önemlileri, torba yoğurdu, kış yoğurdu, kurut ve tulum yoğurdudur (Özdemir ve ark., 1995; Köse ve Ocak, 2011; Köse, 2018).

Yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürdeki bakteriler, süt bileşimindeki laktozu kullanarak asitliğin gelişimine ve yoğurdun yapısına katkı sağlamaktadır. Kültürdeki bakterilerin, yoğurdun protein/kazein kompleksinden oluşan ağ yapısını etkilediği belirtilmiştir (Özer, 2006; Özdemir ve Özcan, 2019). Özellikle depolama boyunca bu ağ yapının stabilitesi bozulmakta ve proteini/kazein kompleksinin çevresinde bulunan serbest su, yoğurt serumu olarak ayrılmaktadır. Bundan dolayı kültüre bağlı olarak yoğurt serumunun kalite özelliklerinin değişkenlik gösterebildiği ifade edilmiştir (Akan ve ark., 2021). Yüksek popülerliğe ve tüketim miktarına sahip olan süzme yoğurdun üretiminde, fazla miktarda atık bir ürün olan süzme yoğurt suyu (acidwhey) açığa çıkmaktadır. Süzme yoğurt altı suyu, yüksek asit içeriği nedeniyle işlenmesi zordur ancak gıda sektöründe (ekmek, bisküvi vb.) çeşitli ürünlere katkı olarak ilave edilebildiği rapor edilmiştir (Anand ve ark., 2013; Alsaed ve ark., 2013).

Bu araştırmanın amacı, yoğurt kültüründe üç farklı bakteri oranı kullanılarak geleneksel yolla üretilen süzme yoğurtlardan elde edilen serumun bazı kimyasal özelliklerini ortaya koymaktır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Süt ve Ürünleri Uygulama Birimi'nde yürütülmüştür. Çalışmada hammadde olarak inek sütü kullanılmış ve bu sütler haftalık periyotlar halinde süt toplama merkezinden satın alınmıştır. Sütler çelik güğümler ile hijyenik koşullarda işletmeye getirilmiş, süzme bezlerinden ve işletmede bulunan süt alım terazisinin metal süzgecinden geçirilerek kaba temizliği sağlanmıştır. Gelen süttten partiyi temsil edecek miktarda süt örneği alınarak % yağ, % kurumadde, °SH ve pH asitlik değerleri ölçülmüştür (Metin ve Öztürk, 2012). Çiğ süt pişirme kazanına alınarak, 85 °C'de 0.1 sn. sürede buhar ile ısıtma işlemi yapılmıştır. Isıl işlemi tamamlayan süt aynı kazanda eşanjör plakalı ısı değiştirici ile 48 °C'ye soğutulmuş ve ticari liyofilize yoğurt kültürü (microMilkS.r.l) inoküle edilmiştir. Araştırma 9 hafta

sürmüştür. Çalışmada ilk üç hafta % 20 *L. bulgaricus* + % 80 *S. thermophilus* bakteri oranı, ikinci üç hafta % 70 *L. bulgaricus* + % 30 *S. thermophilus* bakteri oranı ve son üç hafta % 50 *L. bulgaricus* + % 50 *S. thermophilus* bakteri oranı kullanılmıştır. Çalışmada ilave edilen liyofilize kültür miktarı 100 kg çiğ süt için 6-8 g olarak ayarlanmıştır. Kültür ilavesi ile inoküle edilmiş sütler çelik güğümlere aktarılarak inkübasyon dolabına alınmıştır. İnkübasyon sıcaklığı 45 °C'ye ayarlanmış ve inkübasyonunun sonlandırılması pH kontrolü ile gerçekleştirilmiş ve pH değeri 4.40 olduğunda inkübasyon sonlandırılmıştır.

İnkübasyonunu tamamlanmasından sonra elde edilen ürünler bekletilmeden 0-4 °C sıcaklığında çalışan buzdolabına alınarak 14 saat süre ile soğutulmuştur. Soğutma işleminden sonra ürünler süzme bezlerine aktarılmış ve 24 saat boyunca 10.2-16.0 °C sıcaklık aralığında doğal yolla süzülmesi sağlanmıştır. Süre sonunda elde edilen süzme yoğurt ve serum örnekleri tartılarak toplam miktarları belirlenmiş, serum örneklerinde pH metre cihazı kullanılarak pH ve ayrıca titrasyon asitliği (°SH) değerleri saptanmıştır. Serum örneklerinde ayrıca renk ölçer cihazı (3NH TECHNOLOGIES NR200) kullanılarak *L** (parlaklık), *a** (kırmızılık), *b** (sarılık), C (doyunluk) ve H (renk tonu) renk değerleri okunarak kaydedilmiştir. Elde edilen serum örneklerinde yağ tayini yapılmış ve bunun için gerber metodu kullanılmıştır (Demirci ve Gündüz, 1991). Serum örneklerine kurumadde tayini halojen nem tayini cihazı (RADWAG MA 50R) kullanılarak saptanmıştır. Serum örneklerinde laktoz ve toplam protein değerleri spektrofotometrik (SOIF UV 5100H) olarak belirlenmiştir. Laktoz tayini için 540 nm de (Juodeikieneve ark., 2016), toplam protein tayini için 595 nm de (Santos ve ark., 2014) okuma yapılmıştır.

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS 18.0 istatistik programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş, istatistiksel farklılık Tukey-HSD çoklu karşılaştırma testi yardımıyla $P < 0.05$ düzeyinde belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kültürdeki bakteri oranının serum özellikleri üzerine istatistiki etkisi Çizelge 1' de verilmiştir. % 20 + % 80, % 30 + % 70 ve % 50 + % 50 bakteri oranı kullanılarak elde edilen süzme yoğurt miktarları sırası ile 78.93 kg, 78.37 kg ve 79.12 kg; serum miktarları sırası ile 150.23 kg, 148.30 kg ve 152.21 kg' dır. Kültürdeki bakteri oranının, serum özelliklerinden kurumadde, % laktoz oranı, % toplam protein oranı, *L**, *a**, *b**, C, H, serum miktarı ve süzme yoğurt miktarı değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Serumda ölçülen pH, °SH ve % yağ oranı üzerine kültürdeki bakteri oranının etkisi önemli olarak saptanmıştır ($P < 0.05$).

Çizelge 1. Kültürde farklı bakteri oranının seruma ait bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisi

	A	B	C	SHO	P
Kurumadde %	4.98	5.13	5.18	0.11	0.288
^o SH	31.13 ^b	36.53 ^a	37.57 ^a	0.98	0.008
pH	4.09 ^a	3.93 ^b	3.95 ^b	0.04	0.046
Yağ %	0.10 ^a	0.07 ^b	0.05 ^b	0.01	0.027
Laktoz %	2.47	3.91	3.82	0.45	0.072
Toplam protein %	0.42	1.32	0.89	0.31	0.098
L* (parlaklık)	31.98	44.41	35.42	4.79	0.127
a* (kırmızılık)	-1.04	-1.22	-0.61	0.19	0.078
b* (sarılık)	4.56	2.8	4.89	1.07	0.227
C (doygunluk)	4.69	3.22	4.93	1.03	0.299
H (renk tonu)	103.77	141.11	97.13	15.8	0.107
Serum miktarı (kg)	150.23	148.30	152.21	4.77	0.458
Süzme yoğurt miktarı (kg)	78.93	78.37	79.12	5.14	0.891

A, B, C: Sırası ile % 20 + % 80, % 30 + % 70, % 50 + % 50 *L. bulgaricus* + *S. thermophilus* bakteri oranları; ^oSH: Soxhlet-Henkel asitlik derecesi; P: Önemlilik; a-c: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan özellikler arasındaki farklar önemlidir (P<0.05); SHO: Standart hata ortalaması

Yapılan çalışmada % kurumadde, değişen bakteri oranına göre bir artış gösterse de bu artış önemsizdir. Serumda % laktoz oranı açısından kültür bakteri oranı istatistik olarak önemsiz olsa da en düşük laktoz oranı (% 2.47) % 20 + % 80 bakteri oranında, en yüksek değer (% 3.91) % 30 + % 70 bakteri oranında ortaya çıkmıştır. Toplam protein açısından ölçülen en küçük değer (% 0.42) % 20 + % 80 bakteri oranında ve en yüksek değer (% 1.32) % 30 + % 70 bakteri oranında belirlenmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, laktoz ve toplam protein oranı açısından süzme yoğurta en az kaybın % 20 + % 80 bakteri oranında gerçekleştiği söylenebilir. Laktoz ve toplam protein oranında en yüksek kayıp ise % 30 + % 70 bakteri oranında belirlenmiştir. Yağ oranı bakımından serumda saptanan değerler arasında önemli bir fark olsa da, serumda yağ oranı çok düşük değerlerde belirlenmiştir (% 0.1 ve altında). Bu açıdan süzme yoğurta yağ kaybının önemsiz olduğu söylenebilir.

Renk parametrelerinden L* (parlaklık) en yüksek değeri % 30 + % 70 bakteri oranında, a* (kırmızılık) en küçük değeri (-0.61) % 50 + % 50 bakteri oranında, b* (sarılık) ve C (doygunluk) en küçük değerlerini (2.78 ve 3.22) % 70 + % 30 bakteri oranında ve H (renk tonu) en küçük değerini (97.13) % 50 + % 50 bakteri oranında göstermiştir. Çalışmada, süzme ortamının minimum ve maksimum nem değerleri % 60-95, minimum ve maksimum sıcaklık değerleri 10.2-16.0 °C olarak ölçülmüştür. Süzme ortamının ölçülen nem ve sıcaklık değerlerinin, elde edilen serum özellikleri üzerine etkisi saptanmamıştır.

Ülkemizde ve dünyada süzme yoğurt özelliklerini belirleyen çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen, süzme yoğurt üretiminde elde edilen seruma ilişkin araştırma sayısı sınırlıdır. Yapılan araştırmalarda ortaya çıkan farklılıklarda, kullanılan süt cinsi, süzme yoğurt üretim metodu, süzme ortamı koşulları ve kullanılan kültür oranları etkilidir.

Kış ve yaz ayları olarak farklı zaman diliminde ve farklı üretim yerlerinde üretilen süzme yoğurtların serumlarına ait bazı özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, serum numunelerinde kış aylarında toplam kurumadde içerikleri % 5.33-6.15, yağ seviyesi % 0.01-0.09, protein oranı % 0.17-0.44, laktoz oranı % 4.41-

4.89, titrasyon asitliği % 0.74–0.99 ve pH 3.57–3.78 arasında belirlenmiştir. Serum numunelerinin yaz aylarında toplam kurumadde içerikleri % 4.78–6.15, yağ oranı % 0.01 – 0.08, protein içeriği % 0.18 – 0.25, laktoz oranı % 4.17–5.38, titrasyon asitliği % 0.77– 1.14 ve pH 3.56–3.72 arasında saptanmıştır (Kırdar ve Gün, 2006). Bu araştırma sonuçları bazında, % kurumadde, % protein, % yağ ve asitlik değerleri benzerlik gösterirken, yapılan çalışmada % laktoz oranı daha düşük seviyede ortaya çıkmıştır.

Yoğurt serumundaki kayıplarının araştırıldığı başka bir çalışmada, serumda kuru madde oranları sırasıyla % 4.12, % 6.44 ve % 8.52, yağ oranı ortalama % 0.05, toplam azotlu madde oranı sırasıyla % 1.26, % 1.47 ve % 1.29, titrasyon asitliği ortalama 1.08 olarak saptanmıştır (Atamer ve ark., 1990). Aynı parametreler açısından ortaya çıkan değerler bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

İnek, keçi ve koyun sütü kullanılarak geleneksel yöntem ile torba yoğurt üretiminin yapıldığı ve besinsel özelliklerin kayıplarının araştırıldığı bir çalışmada, yoğurt sularında ortalama protein içeriği % 0.3, yağ oranı % 0.03, pH değeri 4.0, °SH değeri 34.1 ve toplam kuru madde oranı % 4.2 olarak belirlenmiştir (Nergiz ve Seçkin, 1998). Çalışmada ölçülen % protein oranı, bu çalışmada belirlenen oranın üzerinde ortaya çıkarken, diğer parametreler açısından benzerlik söz konusudur.

Yoğurt serumlarının fiziko-kimyasal bazı özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada farklı ticari yoğurt kültürleri kullanılmış ve sonuçlar bazında pH değerleri sırasıyla 4.92, 4.83 ve 4.83, °SH değerleri sırasıyla 32.75, 31.75 ve 33.30, laktoz oranı sırasıyla % 6.39, % 6.25 ve % 6.10, protein oranı sırasıyla % 0.57, % 0.60 ve % 0.58 ve toplam kuru madde değerleri sırasıyla % 8.82, % 8.37 ve % 8.51 olarak belirlenmiştir (Elmas ve ark., 2021). Çalışmada ortaya çıkan % kurumadde ve % laktoz değerleri bu çalışmaya göre daha düşük seviyede belirlenirken, diğer parametreler benzerlik göstermektedir.

Yapılan farklı çalışmalarda yoğurt serumunda saptanan toplam kurumadde % 7.0, yağ % 0.1, protein % 1.0 ve laktoz % 5.1 (Gupta, 2000), kurumadde % 5.72, yağ % 0.01 ve protein % 0.39 (Tamime ve ark., 1991), kurumadde % 6.21, yağ % 0.01 ve protein % 0.39 (Tamime ve ark., 1990), kurumadde % 4.20, yağ % 0.03, protein % 0.30 ve laktoz % 3.32 (Seçkin ve Nergiz, 1995), kurumadde % 5.25, protein % 0.68 ve laktoz % 3.86 (Say, 2001), pH değeri 4.0-5.0 (Bund ve Pandit, 2005; Khamrui ve Rajorhia, 1998), laktoz % 4.30, protein % 0.70 ve yağ % 0.43 olarak belirlenmiştir (Khamrui ve Rajorhia, 1998). Yapılan çalışmalarda belirlenen özellikler açısından, bu araştırma sonuçlarından elde edilen değerler uyumluluk göstermektedir.

Sonuç

Çalışmada kültürde farklı bakteri oranı kullanılarak üretilen süzme yoğurtlardan elde edilen serumlarda bazı kimyasal özellikler ortaya konulmuştur. Kültürde bakteri oranının değiştirilmesi, serumun pH, °SH ve % yağ oranı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli olurken, diğer özellikler üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. % 50 *L. bulgaricus* + % 50 *S. thermophilus* bakteri oranı kullanımının, elde edilen süzme yoğurt miktarında az da olsa bir artış sağladığı gözlemlenmiştir. Genel olarak yağ oranı açısından önemli bir kayıp olmamakla beraber,

laktoz ve toplam protein oranı açısından süzme yoğurttan en az kaybın % 20 + % 80 bakteri oranında, en yüksek kaybın ise % 30 + % 70 bakteri oranında gerçekleştiği söylenebilir.

Geleneksel süzme yoğurt, süte kültür ilavesi ile kontrollü olarak üretilen taze yoğurdun çeşitli yöntemler ile süzülerek serum kısmının uzaklaştırılmasıyla elde edilen bir üründür. Genel olarak, işlenen sütün ortalama olarak % 33'ü yoğurt olarak tutulurken, % 67'si serum olarak ayrılmaktadır. Üretimde elde edilen serumun, peynir üretiminde elde edilen peyniraltı suyu gibi besleyici bir değeri vardır. Yoğurt suyu genel olarak ticari olarak değerlendirilmemektedir. İşletmelerde süzme sonrasında arta kalan serum herhangi bir şekilde kullanılmamakta ve atık olarak karımıza çıkmaktadır. Ancak elde edilen bu serum, süt ürünleri olmak üzere unlu mamuller, fermente gıdalar, çorba ve marinasyon sosları gibi diğer birçok gıda maddelerinin üretiminde yardımcı madde olarak kullanılabilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, süzme yoğurt üretiminde açığa çıkan ürünün kullanımı gerçekleştirilecek ve ekonomik kayıplar da azaltılabilecektir. Yapılan bu çalışmada hem kültürde farklı bakteri oranının serum kimyasal özellikleri üzerinde etkisi incelenmiş, hem de seruma ait bazı kimyasal özellikler ortaya konulmuştur. Çalışmanın, bu konuda yapılacak çalışmalara kaynak oluşturması ve serumun alternatif kullanım olanakları üzerine araştırmaların yapılmasına ışık tutması beklenilmektedir.

Teşekkür

Bu araştırmanın yürütülmesi esnasında kimyasal analizlerin yapılmasında destek ve katkılarını sağlayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Rukiye Yavaşer Boncooğlu' ya ve çalışmada kullanılan liyofilize kültürlerin temin edildiği Referans Gıda San. ve Dış Tic. Ltd. Şti.'ye teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Araştırma ve yayın etik ilkelerine uygun olarak yürütülmüş ve bu makaleyi hazırlayan yazarlar araştırmaya eşit katkıda bulunmuştur. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Anonim, 2006. Türk Standartları Enstitüsü. TS 1330. Ankara.
- Akan, E., Yerlikaya, O., Saygılı, D. ve Kımk, Ö. 2021. Farklı Starter Kültür Kullanımının Yoğurtların Tekstürel ve Viskozite Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3): 377-383.
- Akın, N. 2006. Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, 464s. ISBN: 9750059409, 9789750059407.
- Alsaed, A.K., Ahmad, R., Aldoomy, H., El-Qader, S.A., Saleh, D., Sakejha, H. and Mustafa, L. 2013. Characterization, Concentration and Utilization of Sweet and Acid Whey. *Pakistan Journal of Nutrition*, (12): 172-177.

- Anand, S., Khanal, S.N. and Marella, C. 2013. Whey and Whey Products. In Y. W. Park & G. F.W. Haenlein (Eds.), Milk and Dairy Products in Human Nutrition, John Wiley and Sons, Ltd, West Sussex, UK. Anema, 477-497p.
- Atamer, M., Yetiştirmeyen, A., Ergül, E., Dağlıoğlu, O. ve Yıldırım, M. 1990. Torba Yoğurdu Üretiminde Kurumadde ve Bileşenlerinin Torbada Tutulma ve Serumdaki Kayıpları Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda*, 15(1): 35-39.
- Bund, R K. and Pandit, B.A. 2005. Isolating Proteins From Whey, *Modern Food Processing*, (1): 36.
- Cheng, H. 2010. Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(10): 938-950.
- Demirci, M. ve Gündüz, H.G.H. 1991. Süt Teknoloğünün El Kitabı. Hasad Yayıncılık, Gıda Serisi 1, İstanbul., 248s.
- Elmas, E.T., Kaya, B. ve Yüceer, Y. 2021. Farklı Ticari Kültürlerden Üretilen Yoğurt Serumlarının Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Bandırma Onyedieylül Üniversitesi, Trakya Üniversiteler Birliği, V. Lisansüstü Öğrenci Kongresi, 4-5 Kasım, Balıkesir, s.:37.
- Gupta, V.K. 2000. Overview of Processing and Utilization of Dairy by Products. *Indian Dairyman*, (52): 55-59.
- Juodeikiene, G., Zadeike, D., Bartkiene, E. and Klupsaite, D. 2016. Application of Acid Tolerant *Pediococcus* Strains for Increasing The Sustainability of Lactic Acid Production From Cheese Whey. *Food Science and Technology*, (72): 399-406.
- Khamrui, K. and Rajorhia, G.S. 1998. Making Profit From Whey, *Indian Dairyman*, (50): 13-17.
- Kırdar, S.S. ve Gün, İ. 2006. Süzme Yoğurt Üretiminde Elde Edilen Serumun Bazı Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 26-28.
- Köse, S. 2018. Winter Yoghurt, *Iğdır University Journal of The Institute Science and Technology*, 8(2): 115-121.
- Köse, S. ve Ocak, E. 2011. Changes Occurring in Plain, Straining and Winter Yoğurt During The Storage Periods, *African Journal of Biotechnology*, 10(9): 1646-1650.
- Köse, E.Y., Altun, I. ve Köse, S. 2018. Determination of Texture Profile Analysis of Yoğurt Produced by Industrial and Traditional Method, *International Journal of Science and Technology Resource*, 4(8): 66-70.
- Metin, M. ve Öztürk G.F. 2012. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Yayınları, Rektörlük Yayın No:9, İzmir, 439s.
- Nergiz, C., ve Seçkin, A. K. 1998. The Losses of Nutrients During The Production of Strained (Torba) Yoğurt. *Food Chemistry*, 61, 1/2, 13-16p.
- Özer, B. 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Yayınları, İzmir, 488s.
- Özdemir, S., Gökalp, H.Y., Zorba, Ö. 1995. Yoğurdun Muhafaza Teknikler., Milli Produktivite Merkezi, 548:166-177.

- Özdemir, T. ve Özcan, T. 2019. Süt Ürünlerinin Mikro Yapısının Oluşumunda Süt Proteinlerinin Önemi. Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg., 33(2): 355-374.
- Santos, A. S., Costa, F.F., Esteves, W.T., Brito, M.A.V, Furtado, M.A.M.andMartins, M.S. 2014. Linearization of The Bradford Protein Assay to Application in Cow Milk Proteins Quantification by Uv-vis Spectrophotometry Method. Rev., Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 69(6): 415-423. DOI: 10.14295/2238-6416.v69i6.350.
- Say, D. 2001. İnek ve Keçi Sütlerinden Üretilen Tuzlu Yoğurtların Özellikleri ve Bu Özelliklere Depolama Koşullarının Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 109s, Adana.
- Seçkin, A.K. ve Nergiz, C. 1995. Geleneksel Yöntemle Üretilen Süzme Yoğurtlarının Kimyasal Kompozisyonu. Gıda Müh. III. Ulusal Sempozyumu, 18-19 Eylül, Ankara, s:398-402.
- Şahan, N., Say, D. 1998. Hatay İlinde Üretilen Tuzlu Yoğurtlar Üzerine Bir Araştırma. "V. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu 21-22 Mayıs" Geleneksel Süt Ürünleri. MPM Yayınları: 621.
- Tamime A.Y., Davies, G., Chegade, A.S.andMadhi, H.A., 1990. Microstructure and Firmness of Labneh (high solids yoghurt) Madefrom Cow's, Goat's and Sheep's Milks by a Traditional Method or by Ultrafiltration. *Food Structure*,(10): 37-44.
- Tamime A.Y., Davies, G., Chegade, A.S.andMadhi, H.A., 1991. The Effect of Processing Temperatures on the Quality of Labneh Made by Ultrafiltration. *Journal of the Society of Dairy Techonology*,(44): 99-103.
- Üçüncü, M. 2015. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. Sidas Yayınları. İzmir, 494 s. ISBN: 10:9759895136.
- Yaygın, H. 1999. Yoğurt Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi, Yayın No:75, Antalya, 331s.



Socio-Economic Factors Influencing the Adaptation Strategies of Tomato Producers' to Climate Change in North West, Nigeria^A

Ibrahim MAHARAZU¹, Olugbenga Omotayo ALABI^{2*},
Ayoola Olugbenga OLADELE³, Jeremiah Samuel ALUWONG⁴

Abstract: This work evaluated socio-economic factors influencing the adaptability strategy of tomato producers to climate change in the North West, Nigeria. Primary data utilized were based on well-designed questionnaire distributed to 100 tomato producers. Data were analyzed using descriptive statistics, using an adaptability strategy use index, multinomial Logit model, and principal component model. The outcome shows that the average age of tomato producers approximates 44 years. They are literate with an average of 12 years of school education. About 51% of tomato producers had access to credit, and they are smallholder farmers with an average of 0.81 hectares of farm land. The major climate change adaptation strategies used by tomato producers and their corresponding indexes include the planting of heat and drought tolerant crops (0.9725), use of improved seeds (0.9682), mulching (0.8981), soil and water conservation technique (0.8321), and use of organic manure (0.7931). The significant predictors influencing the choice of low climate change adaptation strategy users include years of school education, age, experience in tomato farming, and income earned from tomato farming. The significant predictors influencing high climate change adaptation strategy users include years of school education, and income earned from tomato farming. The major challenges faced by tomato producers and

^A Ethic committee approval was obtained with the decision letter of University of Abuja, Nigeria, (2024-07-30)

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Olugbenga Omotayo, ALABI, Department of Agricultural Economics., Faculty of Agriculture, University of Abuja, PMB 117 Gwagwalada Abuja, Nigeria, omotayoalabi@yahoo.com, [OrcID 0000-0002-8380-977](https://orcid.org/0000-0002-8380-977)

¹ Department of Agricultural-Economics, Faculty of Agriculture, Kaduna State University, (KASU), Kaduna State, NIGERIA. maharazu_ibrahim@kasu.edu.ng, [OrcID 0000-0002-0968-6112](https://orcid.org/0000-0002-0968-6112)

³ Department of Agricultural Extension and Management, Federal College of Forestry Mechanization, PMB 2273 Afaka, Kaduna, Kaduna State, NIGERIA. oladeleyoola2007@gmail.com, [OrcID 0000-0001-8831-5979](https://orcid.org/0000-0001-8831-5979)

⁴ Department of Agricultural-Extension and Management, School of Agricultural Technology, Nuhu Bamali Polytechnic, Zaria, Samaru Katab Camp, Kaduna State, NIGERIA. jeremiahaluwong1@gmail.com, [OrcID 0000-0001-8462-538X](https://orcid.org/0000-0001-8462-538X)

their corresponding Eigen values include a lack of improved seeds (8.6935), lack of technology (5.93660), lack of processing and storage facilities (3.9274), and lack of capacity building for producers (3.5173). Improved seeds, irrigation facilities, and farm technologies should be made available to tomato producers to combat threats of climate variability and increase productivity.

Keywords: Adaptability Strategy, Climate Change, North West, Socio-Economic Factors, Tomato Producers, Nigeria.

Jel: B23, C01, C40, D20, D51

Kuzey Batı Nijerya'daki Domates Üreticilerinin İklim Değişikliğine Uyum Stratejilerini Etkileyen Sosyo-Ekonomik Faktörler

Özet: Bu çalışma, Kuzey Batı Nijerya'daki domates üreticilerinin iklim değişikliğine uyum stratejisini etkileyen sosyo-ekonomik faktörleri değerlendirmiştir. Çalışmada kullanılan birincil veriler, 100 domates üreticisi ile yapılan anketlere dayanmaktadır. Veriler, tanımlayıcı istatistikler, uyum stratejisi kullanım endeksi, Multinomial Logit ve Temel Bileşen modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, domates üreticilerinin ortalama yaşının yaklaşık 44 ve ortalama 12 yıllık eğitime sahip olduklarını göstermektedir. Domates üreticilerinin yaklaşık %51'inin krediye erişebildiği ve bunların ortalama 0,81 hektarlık tarım arazisine sahip küçük üreticiler olduğu belirlenmiştir. Domates üreticilerinin kullandığı başlıca iklim değişikliğine uyum stratejileri ve bunlara karşılık gelen endeksler arasında sıcaklık ve kuraklığa dayanıklı ürünlerin ekimi (0,9725), ıslah edilmiş tohum kullanımı (0,9682), malçlama (0,8981), toprak ve su koruma tekniği (0,8321) ve organik gübre kullanımı (0,7931) yer almaktadır. Düşük iklim değişikliği uyum stratejisi kullanıcılarının seçimini etkileyen önemli belirleyiciler arasında eğitim süresi, yaş, domates yetiştiriciliğindeki deneyim ve domates yetiştiriciliğinden elde edilen gelir yer almaktadır. Yüksek iklim değişikliğine uyum stratejisi kullanıcılarını etkileyen önemli belirleyiciler arasında eğitim süresi ve domates tarımından elde edilen gelir yer almaktadır. Domates üreticilerinin karşılaştığı temel zorluklar ve bunlara karşılık gelen Eigen değerleri arasında ıslah edilmiş tohum eksikliği (8,6935), teknoloji eksikliği (5,93660), işleme ve depolama tesislerinin eksikliği (3,9274) ve üreticiler için kapasite geliştirme eksikliği (3,5173) yer almaktadır. İklim değişikliği tehditleriyle mücadele etmek ve verimliliği artırmak için ıslah edilmiş tohum, sulama tesisleri ve tarım teknolojileri domates üreticilerinin kullanımına sunulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Uyum Stratejisi, İklim Değişikliği, Kuzey Batı, Sosyo-Ekonomik Faktörler, Domates Üreticileri, Nijerya.

Introduction

Tomato (*Lycopersicon esculentum*) accounted for 14% of vegetable production, and is ranked second after potato in terms of value, production and widely cultivated vegetable crops (Mwangi et al., 2020). Tomato farming contributes to foreign exchange, income generation, employment creation, and poverty alleviation among rural populations (Singh et al., 2017). Tomato contains vitamins A and C, potassium, fibre, and lycopene (Adenuga et al., 2013). Tomato production in Nigeria in 2021 and 2022 approximately 3477981 tons and 3684566.41 tons, respectively (FAO, 2024). The yield of tomatoes in Nigeria for 2021 and 2022 was approximately 42959 100g ha⁻¹ and 52 466 100g ha⁻¹ respectively (FAO, 2024). The world tomato production in 2021 and 2022 was approximately 189281485.32 tons and 186107972 tons, respectively (FAO, 2024). Despite the significance of tomato, its production is very low and producers do not utilize the inputs efficiently.

Climate change is one of the major environmental threats facing mankind and sustainable development globally. Climate change has adverse effects on food security, environment, economic activities, women's health, physical infrastructure, and natural resources (Huq et al., 2006). African is one of the vulnerable continent to climate change globally. The resultant impacts of climate change include drought, flooding, changes in the length of growing seasons, disease outbreaks, pest infestation, excessive temperature which cause damage and failure to crop production, delay harvesting (Muhammad-Lawal et al., 2017). Africa (Nigeria inclusive) is highly vulnerable to the effect of climate change due to the reliance of agriculture on weather, and rain-fed agriculture. Adaptation and vulnerability to climate change are critical issues in the present food security discussion among many sub-Saharan countries (Westengen and Brysting, 2004). Responding to climate change through mitigation will take long time, responding to climate change through adaptation becomes urgent issues particularly when the potentials to adapt is low, thus without adaptation, climate change is obviously detrimental to the agricultural sector (Gbetibuou, 2009).

Climate variability threatens the achievement of sustainable development goals especially food security and reducing poverty (Antwi-Agyei et al., 2021). The climate events and extreme weather conditions such as heavy rainfall, droughts, hurricanes, floods, high temperatures, cyclones, and heat waves, are an expression of climate variability. These events and events affected by climate change such as high temperatures, droughts, heavy rainfall, precipitation patterns, hurricanes, tornadoes, floods and wildfires cause important human mortality and morbidity that influence adversely well-being and mental health, and productivity (Ebi et al., 2021). Weather means short term atmospheric conditions but climate is the weather of a specific area or region approximate over a long and specific period of time. Climate change refers to long-term changes (Ebi et al., 2021). Both weather and climate relate to local conditions (rainfall, temperature, wind strength, etc.) in a specific region or location, but the main difference the two is a matter of time. To sustain the yields of tomato and increase agricultural production, there is need for effective adaptation strategies to combat the threats of climate change in crop production which has a lot of food security significant for the country. There is no adequate data on climate change adaptation strategies required for necessary policy documents for eradicating food insecurity, eliminating poverty and endemic malnutrition. Smallholder farmers who rely on farming activities would need a variety of

adaptation strategies to mitigate the negative impact of climate change and maintain the rural livelihoods of farm families (Uddin et al., 2014). Several modern farm technologies have been developed and introduced at the farm level to reduce climate change threats and to achieve the target of sustainable development goal. Climate variability is more likely to raise the magnitude and frequency of some extreme weather events and natural hazards (Ajak et al., 2018).

The objective of the study is to investigate the socio-economic factors influencing adaptability strategy of tomato producers to climate change in North West, Nigeria. Specifically, the objectives are:

- (i) determine the summary scores of tomato producers,
- (ii) estimate the adaptability strategies used index (ASUI) of tomato producers to climate change,
- (iii) evaluate the factors influencing adaptability strategies of tomato producers to climate change,
- (iv) determine the challenges facing tomato producers' adaptability to climate change.

Materials and Method

This work was supervised in Kano and Kaduna States, Nigeria. A multi-stage sampling design was utilized to choose 100 tomato producers. Primary data were used based on a well-structured questionnaire. The sample number of tomato producers was predicated on the Yamane (1967) formula presented as:

$$n = \frac{N}{1+N(e^2)} = 100 \quad (1)$$

Where,

n = The Sample Number

N = The Sample Frame of Tomato Producers

The data were analyzed using inferential and descriptive statistics as follows:

Descriptive Statistics

This entails the use of percentage, mean, standard deviation, and frequency distribution to have a summary information of factors of interest.

The Adaptability Strategies Used Index

This necessitates the use of five-point Likert scale. The five point Likert scale is classified as never (1), rarely used (2), sometimes (3), often (4), and always used (5). The adaptive strategies used index (ASUI) following Alabi et al. (2023) is defined as:

$$ASUI = \frac{[(N_1 \times 5) + (N_2 \times 4) + (N_3 \times 3) + (N_4 \times 2) + (N_5 \times 1)]}{M} \quad (2)$$

Where,

N_1 = Number of tomato producers' that always used adaptation strategy to climate change

N_2 = Number of tomato producers' that often used adaptation strategy to climate change

N_3 = Number of tomato producers' that sometimes used adaptation strategy to climate change

N_4 = Number of tomato producers' that rarely used adaptation strategy to climate change

N_5 = Number of tomato producers' that never used adaptation strategy to climate change

$M = n \times 5$

The Composite Score

The tomato producers would have a maximum score of 18 points and a minimum score of 0 points. The composite score following Alabi and Anekwe (2023) is defined as:

Higher Users = Between 18 points to (Mean + Standard Deviation) Points

Medium Users = Between the Highest Points of Lower Users and Lower Points of Higher Users

Low Users = Between (Mean - Standard Deviation) points to 0 points

Multinomial Logit Regression Model (MLRM)

The general MLRM is defined as:

$$P_r(y_i = j) = \frac{\exp(X_i \beta_j)}{1 + \sum_{k=0}^j \exp(X_i \beta_k)} \quad (3)$$

and to ensure identifiability,

$$P_r(y_i = 0) = \frac{1}{1 + \sum_{k=0}^j \exp(X_i \beta_k)} \quad (4)$$

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \mu_i \quad (5)$$

Where,

Z_i = Adaptation Strategies of Tomato Producers (1, Low Users; 2, Medium Users; 3, Higher Users)

β_0 = Constant Term

$\beta_1 - \beta_6$ = Regression Coefficients

X_1 = Years of School Education

X_2 = Age in Years

X_3 = Experience in Tomato Farming (Years)

X_4 = Income Earned from Tomato Farming (Naira)

X_5 = Household Size (Number)

X_6 = Amount of Credit Accessed (Naira)

μ_i = Noise Term

PCM (Principal Component Model)

The challenges faced by tomato producers were exposed to PCM, the model will reduce many interrelated constraints to few unrelated ones. The model will withhold those challenges faced by tomato producers with Eigen values greater than one. The model will discard those with Eigen values less than one.

Results and Discussion

Summary Estimates of Factors of Interest

The summary information of factors of interest about tomato producers was displayed in Table 1. The average estimates of years of school education, age, and experiences in tomato farming are approximately 12 years, 44 years, and 11 years, respectively. In addition, the average estimates of income earned from tomato farming, and household size are approximately 225000 Naira, and 7, respectively. About 51% of tomato producers had access to credit, while 49% of tomato producers do not have access to credit. The tomato producers are smallholder farmers with approximately 0.81 hectares of farm land. The tomato producers are young, energetic, active, and resourceful. This outcome is in line with Mwangi et al. (2020) who obtained an average age of 37.03 years among smallholder farmers in Irinyaga County, Kenya.

Table 1: Summary Estimates of Factors of Interest

Variables	Unit of Measurement	\bar{X}_i	SD
Years of School Education	Years	12	3.45
Age	Years	44	4.13
Experience in Tomato Farming	Years	11	2.23
Income Earned from Tomato Farming	Naira	225000	7121.08
Household Size	Number	7	1.01
Access to Credit	1, Access, 0, No Access	0.51	0.04
Farm Size	Hectares	0.81	0.07

Source: Field Survey (2024), Exchange Rate is 1 USD = 1, 140 Naira

Adaptability Strategies Used Index (ASUI) of Tomato Producers

The ASUI of tomato producers was displayed in Table 2. Approximate eighteen (18) climate change adaptation strategies of tomato producers was evaluated. The first to four major climate smart adaptation strategies used by tomato producers with their corresponding ASUI includes planting of heat and drought tolerant crops (0.9725), use of improved seeds (0.9682), mulching (0.8981), and soil and water conservation technique (0.8321). Others include the use of organic manure (5th), cover crop (6th), crop rotation (7th) and use of wetland fadama (8th) with approximate ASUI of 0.7931, 0.7714, 0.7612, and 0.7208, respectively. This outcome conforms with the findings of Ojoko et al. (2017) who obtained various ASUI for climate smart agricultural practices (CSAPs) among respondents in Sokoto State, Nigeria.

Table 2: ASUI of Tomato Producers

S/N	Climate Change Adaptation Strategy	ASUI	Ranking
1	Planting of Heat and Drought Tolerant Crops	0.9725	1 st
2	Use of Improved Seeds	0.9682	2 nd
3	Mulching	0.8981	3 rd
4	Soil and Water Conservation Technique	0.8321	4 th
5	Use of Organic Manure	0.7931	5 th
6	Cover Crop	0.7714	6 th
7	Crop Rotation	0.7612	7 th
8	Use of Wetland (Fadama)	0.7208	8 th
9	Mixed Cropping	0.6811	9 th
10	Agroforestry	0.6120	10 th
11	Earlier Land Preparation	0.5813	11 th
12	Change of Crop Calendar	0.5710	12 th
13	Growing of Early Maturing Varieties	0.5613	13 th
14	Building Water Harvesting Structures	0.5521	14 th
15	Engaged in Off Farm Business	0.5414	15 th
16	Climate Smart Planting Basins	0.5392	16 th
17	Crop Diversification	0.5241	17 th
18	Intercropping	0.5120	18 th

Source: Field Survey (2024)

Factors Influencing Adaptability Strategies of Tomato Producers

The aggregate and individual influence of predictors on the choice of adaptation strategies used by tomato producers were evaluated using the multinomial logit model and the outcome was displayed in Table 3. The parameter values of the MNLM gives the direction of the effect of the predictors on the endogenous variable, the parameter values do not give the probabilities or the actual magnitude. Therefore, the marginal effects (ME) from MNLM evaluated the expected change in likelihood or probability of a particular adaptive strategies user group with respect to a unit change in the endogenous variable as indicated in Table 3. The chi-square probability reveals that the statistics of likelihood ratio was highly significant at ($P < 0.0000$), this suggests that the model has strong explanatory power. The pseudo R^2 of 0.8314 reveals that 83.14% of the variations in the

endogenous variable was due to the variations in the predictors defined in the model. This confirmed that the tomato producers choice of adaptation strategies could be due to fitted covariates, the R^2 estimate if the goodness of fit and therefore the model has performed well.

All the partial derivatives of the predictors have positive except age for both low and high users of climate change adaptation strategies among tomato producers. This conforms with a priori expectations. The marginal effects outcomes were considered for explanation:

Years of School Education: Smallholder tomato producers' years of school education increases the likelihood or probability of choosing low and high climate change adaptability users at ($P < 0.01$), respectively. This denotes that a 1% increase in the years of school education would give rise to 43.09% and 37.94% increase in the probability of tomato producers choosing low and high climate change adaptability users, respectively. These result are in line with outcome of Alabi and Anekwe (2023) and Maddison (2006).

Age of Tomato Producers: Outcomes in Table 3 revealed that the age of tomato producers was negatively and significantly related to the choice of low climate change adaptability users among tomato producers at 1% probability levels, respectively. A one-unit increase in the age of tomato producers will give rise to 28.13% decrease in the probability or likelihood of tomato producers choosing low level climate change adaptability use. This outcome agrees with the result of Ajak et al. (2018) who obtained an approximate 70.8% decrease in the probability of using water and soil conservation during the dry spell from a one-unit increase in the age of the household head.

Experience in Tomato Farming: As expected, experience in tomato farming has an increased probability or likelihood of low and high users of climate change adaptability strategies. The partial estimates of smallholder experience in tomato farming was positive and significant with the choice of low users to climate change adaptability strategies at a 5% probability level. Highly experienced tomato producers will have more skills in farming practices, and more information, be in position to develop and use adaptability strategies to climate variability threats. The outcome of this study shows that as smallholder tomato producers advanced in years of farming experience they increased the choice of climate change adaptability strategies by 43.12% among low users. This outcome conforms with the findings of Bazezew et al. (2013).

Income Earned from Tomato Farming: As shown in Table 3, the partial derivatives of income earned from tomato farming are positive and have a significant influence on the choice of climate change adaptability among low and high users at a 10% level of probability each, respectively. This implies that a marginal increase in income earned from tomato farming would give rise to a 33.18%, and 44.4% increase in the probability of choosing low and high users of climate change adaptability strategies.

Table 3: Factors Influencing Adaptability Strategies of Tomato Producers to Climate Change

Predictors	Par	Low Users		High Users	
		Coefficient	ME	Coefficient	ME
Years of School Education (X_1)	β_1	0.3316***	0.4309	0.3802***	0.3794
Age (X_2)	β_2	-0.3421*	-0.2813	-0.2815	-0.3267
Experience in Tomato Farming (X_3)	β_3	0.4913**	0.4312	0.2931	0.5893
Income Earned from Tomato Farming (X_4)	β_4	0.1910*	0.3318	0.3819*	0.4443
Household Size (X_5)	β_5	0.3218	0.2912	0.4317	0.6723
Amount of Credit Accessed (X_6)	β_6	0.2918	0.2214	0.3318	0.4319
Constant	β_0	2.1413**		4.4127**	
Log Likelihood = -92.324					
Wald Chi Square = 2439.35					
Pseudo $R^2 = 0.8314$					
Prob $>\chi^2 = 0.0000$					

Source: Field Survey (2024), Par = Parameter, Reference Group = Medium Users

*-Significant at ($P < 0.10$), **-Significant at ($P < 0.05$), ***-Significant at ($P < 0.01$)

Challenges Faced by Tomato Producers

The challenges faced by tomato producers was made to undergo the analysis using PCM (Table 4). The challenges facing tomato producers with Eigen values greater than one were retained by the PCM. Those challenges with Eigen values less than one were discarded. A lack of improved seeds with an Eigen value of approximately 8.6935 was ranked 1st, and this explained 12.13% of all challenges withheld by the PCM. A lack of technology with an Eigen value of approximately 5.9366 was ranked second, and this express 24.08% of all challenges withheld by the PCM. A lack of processing and storage facilities with an Eigen value approximately 3.9274 was ranked 3rd, and this expresses 35.86% of all challenges withheld by the PCM. The PCM handled all challenges facing tomato producers explaining 85.86% of all challenges entered in the PCM. The chi-square value (5781.42) was significant at 1% probability level, this signifies that the PCM is well fitted.

Table 4: The Challenges Faced by Tomato Producers

Constraints	Eigen-Value	Difference	Proportion	Cumulative	Rank
Lack of Improved Seeds	8.6935	2.7569	0.1213	0.1213	1 st
Lack of Technology	5.9366	2.0092	0.1195	0.2408	2 nd
No Processing and Storage Facilities	3.9274	0.4101	0.1178	0.3586	3 rd
Lack of Capacity Building for Farmers	3.5173	0.0810	0.1158	0.4744	4 th
No Production all Year Round	3.4363	0.2510	0.1153	0.5897	5 th
No Irrigation Facilities	3.1853	0.1979	0.0916	0.6813	6 th
Lack of Fertilizers	2.9874	1.0067	0.0901	0.7714	7 th
Lack of Credit	1.9807	1.1053	0.0872	0.8586	8 th
Bartlett Test of Sphericity					
χ^2	5781.42***				
KMO	0.8180				
Rho	1.00000				

Conclusion and Recommendation

The study investigated socio-economic factors influencing the adaptability strategies of tomato producers to climate change in North West, Nigeria. Primary data were used based on a questionnaire administered to 100 tomato producers. The data were analyzed using descriptive and inferential statistics. The outcomes show that the tomato producers were young, strong, agile and energetic with an average age of approximately 44 years. The tomato producers are literate with an average of approximately 12 years of school education. They have considerable experience in tomato farming ($\bar{x} = 11$ years). Approximately 51% of tomato producers have access to credit, while 49% of tomato producers do not have access to credit. The household sizes were large with an average of 7 people per household.

They are smallholder farmers who cultivate less than 5 hectares of farm land. The climate change adaptation strategy used by tomato producers were ranked based on their ASUI out of 18 points, and the outcome shows that the planting of heat and drought tolerant crops with ASUI of approximately 0.9725 was ranked 1st. The use of improved seeds with an ASUI of approximately 0.9682 was ranked 2nd, in addition, mulching with an ASUI of approximately 0.8981 was ranked 3rd, soil and water conservation technique with an ASUI of approximately 0.8321 was ranked 4th, while use of organic manure with an ASUI of approximately 0.7931 was ranked 5th. The factors influencing the adaptability strategy of tomato producers to climate change were evaluated using a multinomial logit model. All the partial derivatives of predictors in the MNLM (except age) had positive coefficients which this is in line with priori expectations. The outcome shows that the years of school education, age, experience in tomato farming, and income earned from tomato farming were predictors influencing the choice of low climate change adaptation strategy users among tomato producers. In addition, the years of school education, and income earned from tomato farming were factors influencing the choice of high climate change adaptation strategy users among tomato producers. The Wald chi-square was statistically significant at a 1% probability level which signifies that the MNLM is well fitted. The major challenges faced by tomato producers were a lack of improved seeds (1st), lack of technology (2nd), lack of processing and storage facilities (4th), and lack of capacity building for farmers (5th). Based on the outcome of the research, the following recommendations were suggested:

- (i) Improved seeds should be made available to tomato producers to combat threats of climate variability and increase productivity.
- (ii) Farm technology should be provided for tomato producers to combat threats of climate variability and increase efficiency and productivity
- (iii) Irrigation facilities should be provided to tomato producers for farming which will boost production.
- (iv) Credit should be made available by the government and private organizations with single-digit interest rates and the credit should be made affordable and accessible to tomato producers.
- (v) The government and private organizations should also provide fertilizers to tomato producers at affordable prices

(vi) The government and private organizations should provide storage and processing facilities for tomato, this will also create employment along the value chain.

(vii) Capacity buildings should be organized for tomato producers using the new farming technique to combat climate variability, this will increase efficiency and production.

Acknowledgements

All authors contributed to the conception and design of the study. All the authors have read and approved the final manuscript. The article was prepared in accordance with research and publication ethics. Ethic committee approval was obtained with the decision letter of University of Abuja, Nigeria, (2024-07-30). This study received no funding, and the authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Adenuga, A.H., Muhammad-Lawal, A., and Rotimi, O.A. 2013. Economics and Technical Efficiency of Dry Season Tomato Production in Selected Areas in Kwara State, Nigeria. *Agris-on-Line Papers in Economics and Informatics*, V, 1: 11 – 19.
- Alabi, O.O. and Anekwe, C.E. 2023. Economics of Climate Smart Agricultural Practices Used by Smallholder Sorghum Producers in Nigeria. *Australian Journal of Science and Technology*, 7, 1: 65 – 71
- Antwi-Agyei, P., Wiafe, E.A., Amanor, K Baffour-Ata, F and Codjoe, S.N. 2021. Determinants of Choice of Climate Change Adaptation Practices by Smallholder Pineapple Farmers in the Semi-Deciduous Forest Zone of Ghana. *Environ Sustain Indic*, 12: 100140
- Ajak, B.J., Kyazze, F.B and Mukwaya, P.I. 2018. Choice of Adaptation Strategies to Climate Variability among Smallholder Farmers in the Maize Based Cropping System in Namutumba District, Uganda. *American Journal of Climate Change*, 7: 431 – 451. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.73026>
- Bazewo, A., Bewket, W, and Nicolau, M. 2013. Rural Households Livelihood Assets, Strategies and Outcomes in Drought –Prone Areas of the Amhara Region, Ethiopia: Case Study in Lay Gaint District. *African Journal of Agricultural Research*, 8: 5716 – 5727.
- Ebi, K.L., Vanos, J., Baldwin, J.W., Bell, J.E., Hondula, D.M., Errett, N.A., Hayes, K., Reid, C.E., Saha, S., Spector, J and Berry, P. 2021. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. *Annual Reviews Public Health*, 42: 293 – 315
- FAO 2024. Food and Agriculture Organization, Data Base, Rome, Italy, 2024
- Gbetibouo, A.G. 2009. Understanding Farmers' Perceptions and Adaptation to Climate Change and Variability. The Case of the Limpopo Basin, South Africa. IFPRI Discussion Paper 00849, February, 2009

- Huq, S., Reid, H and Murray, L.A. 2006. Climate Change and Development Links. Gatekeeper Series 123. International Institute for Environmental Development.
- Maddison, D. 2006. The Perception of and Adaptation to Climate Change in Africa. Policy Research Working Paper No 4308, World Bank, Washington DC, 1 – 47
- Muhammad-Lawal, A., Amolegbe, K.B, and Yunusa, S.O. 2017. Assessment of Climate Change Adaptation Strategies among Sorghum Farmers in Kwara State, Nigeria. *Bulletin Institute of Tropical Agriculture Kyushu University*, 40: 27 – 49
- Mwangi, T.M., Ndirangu, S.N., and Isaboke, H.N. 2020. Technical Efficiency in Tomato Production among Smallholder Farmers in Kirinyaga County, Kenya. *African Journal of Agricultural Research*, 16(5): 667 – 677. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14727>
- Ojoko, E.A., Akinwumi, J.A., Yusuf, S.A., and Oni, O.A. 2017. Factors Influencing the Level of Use of Climate-Smart Agricultural Practices (CSAPs) in Sokoto State, Nigeria. *J Agric Sci*, 62: 315 – 327
- Singh, M.C., Singh, J.P., Pandey, S.K., Mahay, D., and Srivastava, V. 2017. Factors Affecting the Performance of Greenhouse Cucumber Cultivation: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 10: 2304 -2323
- Uddin, M.N., Bokelmann, W., and Entsminger, J.S. 2014. Factors Affecting Farmers' Adaptation Strategies to Environmental Degradation and Climate Change Effects: A Farm Level Study in Bangladesh, *Climate*, 2: 223 – 241. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli2040223>
- Westengen, O.T and Brysting, A.K. 2004. Crop Adaptation to Climate Change in the Semi-Arid Zone in Tanzania: The Role of Genetic Resources and Seed Systems. *Agriculture and Food Security* 3 (3)
Accessed at <http://www.agricultureandfoodsecurity.com/content/3/1/3/2/2/2004>
- Yamane, T. 1967. *Statistics: An Introductory Analysis*, 2nd Edition., New York: Harper and Row. Pp. 33-50



Yapay Zekâ Destekli Peyzaj Tasarımında Müziğin Etkisi^A

Alper SAĞLIK^{1*}, Fatma YETİŞİR²

Öz: Müzik, insanlık tarihi boyunca varlığını sürdüren benzersiz bir olgu olup, dili ve alfabesi bilinmeden de anlaşılabilir ve her din, dil ve ırktan insanı bir araya getiren evrensel bir ifade biçimidir. Müziğin evrensel iletişim gücüne paralel olarak, peyzaj tasarımı da çevresel uyum ve estetik anlayışıyla insanları bir araya getirerek yaşanabilir mekânlar oluşturur. Peyzaj tasarımı, çevreyle uyumlu, estetik ve sürdürülebilir mekânlar oluşturmayı amaçlayan, sanatsal ilkeleri ve peyzaj elemanlarını kullanarak mekânları yenileme veya yeni mekânlar oluşturma sürecidir. Bu önemli iki kavram birbiriyle ilişkilendirilerek yapay zekâ yardımıyla bir ürün ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Yapay zekâ, insanlar tarafından oluşturulan, bilim ve teknolojinin birleşimini temsil eden ve doğal zekâyı simüle etmek için yapılan çalışmaların tümüdür. Bu çalışma, farklı müzik türlerinin hissettirdiği duygular ve oluşturdukları ortamların 'ChatGPT' ve 'LookX AI Cloud' yapay zekâ araçları kullanılarak nasıl görselleştirilebileceğini incelemektedir. Araştırmada, seçilen müzik türleri üç ana kategoriye ayrılarak her biri kendi içinde farklı dallara ayrılmıştır. Bu seçilen müzik türleri ve şarkılar, sözleri, tonlamaları, ritimleri, ses frekansları ve algı değerleri temelinde değerlendirilmiştir. Çalışma, her müzik türünün peyzaj tasarım unsurlarında farklılıklar yarattığını ortaya koymaktadır. Şekil, biçim, form, renk ve doku gibi tasarım öğelerinin her müzik türüne göre değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekan algısı, müzik türleri, müzik ve yorum, müzikal peyzaj, peyzaj tasarım, yapay zeka.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Alper SAĞLIK, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çanakkale, Türkiye, alpersaglik@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1156-1201](https://orcid.org/0000-0003-1156-1201)

² Fatma YETİŞİR, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye, fatmayetisir@hotmail.com, [OrcID 0000-0002-4087-3960](https://orcid.org/0000-0002-4087-3960)

The Effect of Music to Artificial Intelligence-Supported Landscape Design

Abstract: Music, an unparalleled phenomenon that has persisted throughout human history, is a universal form of expression that can be understood without knowledge of language or alphabet, bringing people together from every religion, language, and race. Parallel to the universal communication power of music, landscape design also brings people together by creating livable spaces through environmental harmony and aesthetic understanding. Landscape design aims to create environmentally compatible, aesthetic, and sustainable spaces by using artistic principles and landscape elements to renew or create new spaces. These two significant concepts have been interconnected to attempt to create a product through the assistance of artificial intelligence. Artificial intelligence represents the culmination of efforts by humans, combining science and technology to simulate natural intelligence. This study examines how different music genres' emotions and created environments can be visualized using artificial intelligence tools such as 'ChatGPT' and 'LookX AI Cloud'. The selected music genres are divided into three main categories, each with its own subcategories. These selected music genres and songs have been evaluated based on their lyrics, tonality, rhythms, sound frequencies, and perception values. The study demonstrates that each music genre creates differences in landscape design elements. It has been observed that design elements such as shape, form, color, and texture vary according to each music genre.

Keywords: Spatial perception, music genres, music interpretation, musical landscapes, landscape design, artificial intelligence.

Giriş

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, insanların bilgiye ulaşması da kolaylaşmaktadır. Müzik de teknoloji kadar hızlı bir şekilde yayılmakta ve dinlenmektedir. İnsanlar hayatlarının her evresinde farklı alanlarda ve anlamlarda müzikle iç içe bir yaşam sürmektedirler.

Bu çalışmada, farklı müzik türlerinin insanlarda oluşturduğu duyguların mekân algısını nasıl etkilediği araştırılmaktadır. Ayrıca, müziğin insan üzerindeki etkilerinin mekânlara nasıl yansıtıldığı incelenmiş ve bu yansımaların farklı mekânların oluşumu ve algılanmasındaki rolü ele alınmıştır.

Müzik Nedir?

Müzik, insanoğlunun var olduğu günden bugüne kadar ulaşan eşsiz bir olgudur. Müziğin kendisini anlamak için o müziğin yazıldığı dili ve alfabesini bilmeniz gerekmez. Müziği duymak, konuşma ve yazı dilini ortadan kaldırır ve hepimiz için farklı, bambaşka duygularla ifade etme biçimi oluşturur. Bu kapsamda, müzik her din, dil ve ırk fark etmeksizin insanları ortak bir paydada toplar (İmik ve Haşhaş, 2020).

Müzik kavramının anlamını birçok filozof, bilim insanı, sanatçı ve hükümdar farklı şekillerde ifade etmiştir. Örneğin, Eflatun'a göre müzik, 'tanrının dili' olarak tanımlanırken, Weber'e göre ise 'insan ruhunun dilidir' (İmik ve Haşhaş, 2020). Beethoven'a göre müzik, 'tanrısal bir sanattır', Dede Efendi'ye göre ise 'müzik, insanlığın ahlakını arındıran kutsal bir bilimdir.' Bu tanımlara göre, eski dönemde müzik tanrının hediyesi olarak görülmektedir. Müzik, insanlık tarihinin en başından beri insanların ortak dili olmuştur. Kant'a göre müzik, 'bir sıra hoş duyguları seslerle anlatma sanatıdır.' Koch'a göre ise müzik, 'sesler aracılığıyla duyguların anlatımıdır' (Çubuk, 1999).

Bu tanımlara göre, müziğin farklı ve eşsiz duyguları bir araya getirdiği ifade edilmektedir. Farklı kişilerin müzik hakkındaki tanımları da göstermektedir ki, müzik kavramının net bir başlangıç veya bitiş noktası bulunmamaktadır. Müzik, yüzyıllar boyunca insan hayatının ayrılmaz bir parçası olmuştur (Çubuk, 1999).

Adım attığımız her yerde müzik kulağımıza gelmektedir. Duygusal ve ruhsal yönden ister istemez etkileniriz. Her gün geçtiğimiz, yürüdüğümüz sokak ve caddelerde, iş yerinde, okulda, kafede, hamamlarda, dükkânlarda, ulaşım merkezlerinde, otobüs ve taksilerde, AVM'lerde, eğlence merkezlerinde ve dinlenme alanlarında müzik ile iç içeyiz. Müziğin insan hayatındaki önemi o kadar derindir ki anne karnında başlar; müziğin bizi etkilemesi ana kucağında, beşikte ve hayatımız boyunca devam eder. Bu etki, bizi hem iyi hem de kötü hissettirebilir (Angı, 2013).

Toplumumuzda müzik ile iletişim kurulabilir, açıklanamayan duygular müzik sayesinde gün yüzüne çıkabilir ve bir ifade etme biçimi oluşturur. Müzik, herkesin anlayabileceği basit ama anlamlı bir ifade etme dilidir. Şehirlere özgü inşa edilen müzik kavramları, o şehirde yaşanan siyasi yapıya, dini inançlara, sosyal yaşantıya, gelenek ve göreneklere göre şekillenir. Yüzyıllardan beri müzik, şifa bulmak, hastalıkların iyileştirilmesine yardımcı olmak ve tedaviyi desteklemek amacıyla kullanılmıştır (Angı, 2013).

Tarih boyunca müzik, insanların duygularını ifade etmelerinde, aşkı ve korktukları doğa olayları karşısında bir araç olarak kullanılmıştır. İlk uygarlıklarda, müziğin tanrılar tarafından insanlara armağan edildiğine inanılmıştır. Müzik, dinsel törenlerden eğlenceye kadar çeşitli alanlarda yer almış ve toplumların gelişim süreçlerinde önemli bir rol oynamıştır. Dinlenme, eğlenme, sağaltım, savaş ve kahramanlık gibi konularda müzikten büyük ölçüde yararlanılmıştır. Özellikle devlet yaşamında askeri müziğe yer veren ve müziği savaşta kullanan ilk toplum Türklerdir. İlk örnekleri Tuğ Takımları ve onu izleyen Mehterhane, Türklere ait en eski askeri müzik topluluklarıdır (Çubuk, 1999).

Müzik yalnızca bir eğlence aracı ya da keyifli bir boş zaman aktivitesi olarak tanımlanamaz. Böyle bir bakış açısı, hayatımızın sosyal, kültürel, psikolojik, ekonomik, iletişimsel ve dinsel yönleri başta olmak üzere, birçok alanda vazgeçilmez olan müzik sanatına büyük bir haksızlık olur. Anne karnında tanıştığımız müzik, doğduktan sonra da hayatımızın her anında bizimle birlikte olmaya devam eder. Vücudumuzdaki kalp atışları, adımlarımız ve soluk alışverişimiz gibi ritmik yapılar bile müziğin hayatımızdaki işlevselliğini gösterir. Müzik, insan yaşamında derin bir işleve sahiptir ve duygularımızla arasında güçlü bir bağ vardır. Hüzün, aşk ve mutluluk gibi birçok duyguyu ifade eder ve bizi derinden etkiler (İmik ve Haşhaş, 2020).

Peyzaj Tasarımı ve Yapay Zekanın Peyzaj Tasarımındaki Yeri ve Önemi

Peyzaj tasarımı, doğal ve yapay bileşenlerin sürekli etkileşim içinde olduğu bir çerçevede, ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak çevreyle uyumlu, estetik ve sürdürülebilir yeni mekânlar oluşturma veya mevcut mekânları yenileme faaliyetidir. Bu süreç, sanatsal ilkeler ve peyzaj elemanlarının özelliklerini kullanarak hem görsel hem de işlevsel açıdan dengeli ve çekici alanlar oluşturmayı hedefler. (Çetinkaya ve Uzun, 2014; Özhancı ve Yılmaz, 2018).

1950'lerde bazı bilim insanları yapay beyin yapabileceklerini düşünerek yapay zeka fikrinin ortaya çıkması için ilk adımı atmış oldular. Daha sonrasında, özellikle Allen Newell ve John McCarthy gibi araştırmacılar, bugünkü ölçütlere göre sınırlı olsa da robotlara zeka kazandırmanın bir yolunu bulmuşlardır. 1956 yılında Dartmouth'ta yapılan bir konferans sayesinde 'yapay zeka' ismi verilmiştir. Böylelikle yeni bir bilim dalı doğmuştur (Öztemel, 2020).

Yapay zeka, insanlar tarafından geliştirilen, bilim ve teknolojiyi bir araya getiren ve doğal zekayı geliştiren çalışmaların bütünüdür. İnsani davranışları kendi bünyesinde bulunduran yapay zeka, mantık yürütme, konuşma, ses algılama ve hareket etme gibi pek çok yeteneğe sahiptir. Sonuç olarak, bilgisayarların veya elektronik aletlerin insanlar gibi düşünmesini sağlar (Sucu ve Ataman, 2020).

Yapay zekâ, peyzaj tasarımında tasarım sürecini hızlandırarak ve yaratıcılığı artırarak önemli bir rol oynar. Görsel üretim algoritmaları ile metin tabanlı açıklamalardan ilham verici ve estetik görseller oluşturur. Bu süreç, tasarımcılara daha hızlı ve etkin çözümler sunarak, görsel kaliteyi yükseltir ve tasarımda verimliliği artırır. Aynı zamanda, yapay zekâ ile insan tasarımcılar arasındaki iş birliği sayesinde, tasarımlar daha yaratıcı ve özgün hale gelir, böylece projelerin daha etkili şekilde sonuçlanması sağlanır (Benliay ve Kılıç, 2024).

Müzik ve Mekân Algısı

Mekân, insan davranışları sayesinde şekillenen derinlik, genişlik, aralık, uzaklık ve yükseklik gibi boyutların bir arada bulunmasıyla oluşan üç boyutlu bir çevredir (Sağlık ve Yetişir, 2023). Bu çevrede insanın algıladığı, iletişime geçtiği ve hissettikleri, o mekânın algısını oluşturmaktadır (Aslan ve ark., 2015). Farklı insanların aynı ortamda hissettikleri ve algıladıkları, çeşitli etkenler nedeniyle değişiklik gösterebilir. Örneğin, dinledikleri müzik, buldukları mekânı algılayış biçimlerini ve kendilerini nasıl hissettiklerini etkileyebilir. Müzik, insanın duyu durumunu etkileyerek mekân algısını değiştirme potansiyeline sahiptir. Duygusal hafızayı tetikleyen ve ruh halini yönlendiren müzikal unsurlar, bireylerin mekânla olan psikolojik etkileşimlerini dönüştürebilir. Farklı müzik türleri, bireyin bulunduğu mekâna dair algısını şekillendirirken, rahatlama, huzur ya da dinamizm gibi hisleri tetikleyebilir. Müzik, mekânın sadece fiziksel değil, aynı zamanda duygusal bir deneyim olarak hissedilmesini sağlar (Akkuş, 2007).

Müzik kendi içerisinde türlere ayrılmaktadır. Bu türler sayesinde farklı ve çeşitli müzik aletleri kullanılarak, sözler, ritimler, tonlamalar, sesin frekansı, algı değeri ve hissettirdiği hissiyat değişiklik gösterir. Peyzaj tasarım

alanlarında, bu türlerin farklılığı ortaya konularak her türe ve şarkıya özgün şekilde biçimlenecek peyzaj tasarım ilkeleri vardır. Peyzaj tasarım ilkeleri, şarkının gidişatına, duygusuna ve düşüncesine göre sesin yükselip alçalmasına etki eden alana, düşüncelerimize göre şekil, biçim, form, renk ve doku oluşturmaktadır. Müzik, dinlenirken, o müziğin bize hissettirdiği alanda olmamızı sağlamaktadır.

Müzik kendi içerisinde çok fazla dala ayrılmaktadır. Bu çalışmada, örnek olarak seçilen müzik türleri üç ana başlığa ve bunların alt kollarına ayrılmaktadır.

Seçilen Dünya Müzikleri

Karşılaşma uzamı, müzik araştırmacısının kaynak kişiyle, farklı 'dünyalardan' müzisyenlerin birbirleriyle veya farklı kültürlerin karşılaştığı anı ifade eder. Bu anlar, kültürel değişim veya alışveriş için uygun ortamlar yaratır. Bu nedenle dünya müziğine ne anlam yüklersek yükleyelim, günlük bir deneyim sürekli olarak varlığını sürdürür. (Özdemir, 2015).

Rock Müzik

Rock müziği, 1960'larda doğmuş ve 1830'ların Avrupa Romantizm akımından etkilenmiştir. Rock müziği günümüze gelene kadar birçok önemli olaydan etkilenmiştir. Örneğin, dünya çapında oluşan politik gelişmeler, nükleer tehdit, Soğuk Savaş ve gençlerin mevcut sisteme karşı çıkması, yeni bir politik söylem geliştirmelerine neden olmuştur. Gençler politik düşüncelerini şarkılar ve şiirler aracılığıyla ifade etmişlerdir (Duman, 2009).

Hard Rock

Hard rock, 1960'ların sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. Tepkisel yönü ağır basan, düşünsel açıdan bağımsızlığı ve kendi kendine yönetme yeteneğini bünyesinde barındıran bir türdür (Karayaka, 2014).

Pop

Pop müzik, diğer türlere kıyasla, sanayileşmiş ülkelerde kültür endüstrisinin gelişmesi sonucunda ticari bir meta haline gelmiştir. Geniş kitlelere hitap eden potansiyeli yüksek bir müzik türüdür (Kuçlu, 2020; Orhaner, 2023).

Latin

Latin müzik, zengin ritimlere sahip olup, uluslararası müzik türleri arasında evrensel bir değer kazanmıştır. Latin müziğin yapısı, senkoplu ritimler ve poliritimlerden oluşmaktadır (Özkeleş, 2019).

Chill Out

Chill out müziği, dinleyicilerin gevşemesine ve stresten uzaklaşmasına olanak tanıyan bir müzik türüdür. Bu tür, sakinleştirici bir atmosfer oluşturmak için yavaş tempolu ve genellikle elektronik enstrümantasyonu tercih eder. Armoni, melodi ve form sadeleştirilerek, eserin genel duygusunu yakalamak için odaklanma kolaylaştırılır (Güleryüz, 2018).

Caz

Caz müziği, özel bir ilişki kurulan 'swing' kavramıyla, doğallık ve canlılıkla ifade edilen doğaçlamanın rol aldığı ve çalan müzisyenin bireyselliğini yansıtan ses dolgunluğu ve cümleme tarzıyla karakterize edilmektedir. Bu üç karakteristik öge, cazın evrimini şekillendirmiştir. Zamanla, bu öğeler arasındaki ilişkiler değişmiş ve cazın gelişiminde önemli bir rol oynamıştır (Angı, 2013).

Balkan

Balkan müziği, doğu ve batı arasındaki göçlerin etkisiyle şekillenmiş, çeşitli toplumların birlikte yaşadığı bir ortamda gelişmiştir. İlk başlarda akordeon ve trompet etrafında şekillenmiş, daha sonra perküsyon, gitar ve klarnet gibi enstrümanların da dahil olmasıyla günümüzdeki formuna ulaşmıştır (Evlivan, 2019).

Yunan

Yunan müziğinin en önemli dönemi Homeros dönemidir; burada kahramanlık şiirleri temel alınarak başlamıştır ve edebiyat ile müzik sanatını içermiştir (Kaygısız, 1999).

Hint

Hint müziği, Sanskrit edebiyatıyla paralel olarak gelişmiş ve ses aralıkları eşit olmayan, standartların dışında bir ritme sahip olan bir müzik türüdür. Bu müzik türünde ritim ölçüsüne 'tala' denir ve şarkılar belirli bir sistemle kaydırılarak notalara bağlanır. Bu bağlama yöntemi, müziğe akıcılık ve bağlılık kazandırır (Kaygısız, 1999).

Metal

Metal müzik, güçlü ritimler, distorsiyonlu gitarlar ve sert vokallerle karakterize edilen bir müzik türüdür. Özellikle 1960'ların sonlarında heavy metal olarak ortaya çıkmış olup, sonraki yıllarda birçok alt türe ayrılmıştır. Bu alt türler arasında, özellikle 1980'lerde yükselen extreme metal müziği önemli bir yer tutar. Metal müzik, genellikle yüksek sesle çalınan ve sert enstrümantasyona dayanan agresif bir tarzı benimsemektedir. Sözler genellikle duygusal veya toplumsal temalara odaklanırken, enstrümantasyon genellikle karmaşık ve teknik olarak beceriklidir. Metal müzik, genellikle gençlik kültürü, isyan ve özgürlük gibi temalarla ilişkilendirilirken, bazı eleştirmenler tarafından gürültülü ve azımsanmış bir müzik türü olarak görülmüştür (Gülmez ve ark., 2023).

Rap

Hızlı ve kafiyeli sözleri ile dikkat çeken rap müziği, Afrika yerel müziklerinden esinlenen ve 'Ritmik Afrika Şiiri' anlamına gelen bir müzik türüdür. İngilizce'de anlamı ise 'ağır eleştiri' olarak kabul edilmektedir (Kahraman, 2014).

Hiphop

Hiphop, gençlerin ilgisini çeken ve günlük yaşantıyı derinden etkileyen bir kültür yapısıdır. Temel felsefesinde isyan ve eşitsizliğe başkaldırıyı barındıran hiphop, eleştiri üzerinden şekillenen bir söylem olarak ortaya çıkmıştır. 1970'li yılların sonunda Amerika Birleşik Devletleri'nde, kötü yaşam koşulları altında ve azınlık konumunda yaşayan siyahiler tarafından gündelik hayatın zorluklarından uzaklaşmak ve eğlenmek amacıyla

oluşturulan bir kültür ve yaşam tarzı olarak gelişmiştir. Bu bağlamda hiphop, yalnızca bir müzik türü değil, aynı zamanda bir toplumsal hareket, yaşam ve ifade biçimi olarak değerlendirilmektedir (Kahraman,2014).

Valse

Valse müziği, on dokuzuncu yüzyılda özellikle Avrupa'da popüler hale gelmiş ve saray ortamlarında yaygın olarak icra edilmiştir. Bu müzik türü, zarif ve akıcı bir ritme sahip olup, vals dansıyla eşlik edilir. Vals, çiftlerin birlikte zarifçe dönerek dans ettiği romantik bir dans olarak bilinir. Sarayların sosyal etkinliklerinde ve balolarında sıkça çalınan vals müziği, romantizm ve zarafetin sembolü haline gelmiştir (Çelikbaş Aykut, 2007).

Klasik

Klasik müziğin kökenleri çok eski yüzyıllara dayanmaktadır ve zamanla çeşitli dönemler boyunca evrilerek gelişmiştir. Klasik müzik, Barok döneminde önemli bir yükseliş yaşamıştır. Aydınlanma düşüncesinin en yüksek noktalarında klasik müzik ustaları yaşamıştır. Bu dönemin ustaları, evrenselliği, orantıyı, yalınlığı ve tarihsel müzik akımlarının birleşimini eserlerine yansıtarak klasik müziği tanımlayan temel özellikleri ortaya koymuşlardır. Klasik müzik, ezgi, ritim, armoni ve biçim gibi müzikal unsurları en uyumlu şekilde bir araya getirebilen bir türdür (Kaygısız, 1999).

Seçilen Türk Müzikleri

Türk Sanat Müziği

Türk sanat müziği, Osmanlı İmparatorluğu döneminde gelişmiş ve zamanla şekillenmiştir. Kökenleri Orta Asya'ya dayanan Türk müziği geleneğinin yanı sıra, Osmanlı İmparatorluğu'nun çeşitli kültürel etkileriyle de beslenmiştir. Ancak modern anlamda Türk sanat müziği, 19. yüzyılın sonları ve 20. yüzyılın başlarında, Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde ve Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Türk sanat müziği, yazıldığı notadan okunamayan, çalınamayan, çalgısı ve notası standart olmayan, kendine özgü çalgıların yanında batı çalgılarını da benimseyen bir müzik türüdür. Geleneksel Türk müziği ile Batı müziği etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Angı,2013).

Türk Halk Müziği

Türk halk müziği, halkın yaşamında bulunan her türlü konuyu konu edinir. Ezgisi ile ritmi kolay anlaşılır, yaşanan zamana, olaya ve güne uygun bir yapıya sahiptir. Genellikle ortaya çıkan eserlerin yaratıcıları belirsizdir. Notalaştırılmadığı için nesilden nesile kulaktan kulağa aktarılmaktadır (Angı,2013).

Türk Kültürü ile Oluşmuş Seçilen Müzikler

Arabesk

Arabesk, Arap stili süsleme anlamına gelmektedir. Yalnızlık, karamsarlık, umutsuz aşklar, dertler, sıkıntılar, ölüm ve başarısızlık gibi konuları ele alan Türkiye'ye özgü duygusal bir halk müziği türüdür. İngilizce ve Fransızca'da 'arabesque' olarak adlandırılırken, Almanca'da 'arabeske' olarak adlandırılmaktadır (Angı, 2013).

Karadeniz

Karadeniz müziği, Türkiye'nin Karadeniz bölgesine özgü, bölgede varlık gösteren toplulukların etkisiyle şekillenen, genellikle kemençe ve tulum gibi müzik aletleri kullanılarak hareketli ritimleri ve doğa, deniz, aşk gibi temaları işleyen halk müziğidir (Akat, 2017).

Alaturka

Batı müziğinin Türk müziği üzerindeki etkisiyle alaturka tarzı doğmuştur. Bu etkinin sonucu olarak, alaturka müziğin icrasında teknik değişiklikler (nüans, çabukluk vb.) gerçekleşmiş ve besteleme tarzlarında çok sesli ve tonal unsurlar benimsenmiştir. Tamburi Cemil Bey'in katkılarıyla viyolonsel, alaturka müzik icrasına dahil olmuş; klarnet ise 1825 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. İki telli klasik kemençeye üçüncü bir tel eklenerek çalgının ses kapasitesi artırılmıştır. Ayrıca, armonize edilmiş alaturka müzikler piyano için düzenlenmiştir. Şarkı sözleri, daha çok dünyevi konuları içermektedir (Dağlı ve ark., 2019).

Materyal ve Yöntem

Mevcut bilimsel çalışmalar ve makaleler incelenmiş, konu ile ilgili bilgiler ve bulgular elde edilmiştir. Müzik öğretmenlerinin desteğiyle özellikle müzik konusunda kapsamlı bilgi aktarımı sağlanmıştır. Çalışmaya katkı sağlamak amacıyla 'ChatGPT' ve 'LookX AI Cloud' yapay zeka araçları kullanılmıştır. Bu çalışmada ChatGPT yapay zeka modelinin GPT-4 versiyonu kullanılmıştır. ChatGPT dil modeline, şarkı ismi ve sanatçısı belirtilerek peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda yorum yapması istenmiştir. Elde edilen yorum, LookX AI Cloud yapay zeka aracına sözel olarak aktarılmış ve görselleştirme yapılmıştır. Bu yapay zeka teknolojileri, verilerin oluşmasına önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışmada, şarkıların peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda yorumlanması ChatGPT'nin kendi isteği doğrultusunda gerçekleştirilmiştir; herhangi bir müdahalede bulunulmamıştır. ChatGPT'nin kelime ve cümlelerine dokunulmamıştır. Tüm ifadeler tamamen ChatGPT'ye aittir.

Müzik türleri ve şarkılar, müzik öğretmenlerinin desteğiyle seçilerek, 'ChatGPT' dil modelinden her müzik türü için seçilen şarkılara ayrı ayrı sözel yorum yapması istenmiştir. Örneğin, "Stairway to Heaven" şarkısı için Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapılması istenmiştir. ChatGPT dil modelinin verdiği yorum şu şekildedir:

Harika bir seçim! "Stairway to Heaven" gibi ikonik bir şarkıyı peyzaj tasarımı için yorumlamak gerçekten ilginç olacak. Şarkının atmosferini ve ruhunu peyzaj tasarımına nasıl yansıtabiliriz, buna bakalım.

Peyzaj Tasarımına "Stairway to Heaven" Yorumu

Giriş ve yükseliş:

Yol ve merdivenler: Şarkının başındaki sakin ve yavaş ilerleyen kısmını temsil etmek için, peyzajın girişine uzun, kıvrımlı bir yol veya hafif eğimli merdivenler eklenebilir. Bu, ziyaretçileri yavaşça içeri çeker ve bir keşif hissi yaratır.

Doğal malzemeler: Yol ve merdivenler doğal taşlarla kaplanabilir, bu da doğallık ve sadelik hissini pekiştirir.

Orta kısım ve geçişler:

Bitki düzenlemeleri: Yolun kenarlarına yerleştirilecek çeşitli yüksekliklerdeki bitkiler ve çiçekler, şarkının ortasındaki dinamik ve zengin ses yapısını yansıtabilir. Bu bitkiler, ziyaretçilerin dikkatini çekecek ve onları keşfetmeye teşvik edecek şekilde düzenlenmelidir.

Geçiş alanları: Küçük oturma alanları veya doğal taş banklar, ziyaretçilerin durup etrafı izlemesi için fırsatlar sunar. Bu alanlar, şarkının orta kısmındaki tempo değişikliklerini temsil eder.

Doruk ve zirve:

Şelale veya su özellikleri: Şarkının doruk noktası, peyzajda bir şelale veya su ögesi ile temsil edilebilir. Su, akışkanlığı ve sürekli hareketi ile şarkının ruhani ve epik doruk noktasını sembolize eder.

Zirve noktası: Yükseltilmiş bir alan veya tepe, ziyaretçilerin tüm bahçeyi görebileceği ve manzaranın tadını çıkarabileceği bir nokta olarak tasarlanabilir. Bu alan, şarkının finalindeki epik hissi yakalar.

Bitki ve renk seçimi:

Yeşilin tonları: Çeşitli yeşil tonlarında bitkiler, doğanın zenginliğini ve derinliğini vurgular. Çam ağaçları veya serviler gibi yüksek ve ince ağaçlar, göğe uzanan bir his yaratır.

Çiçekler: Beyaz ve mor tonlarında çiçekler, şarkının manevi ve mistik atmosferini yansıtır.

Aydınlatma:

Doğal ışıklandırma: Yumuşak ve sıcak ışıklar, peyzajın farklı alanlarını hafifçe aydınlatarak büyümlü bir atmosfer yaratır. Geceleri kullanılan düşük ışıklandırma, şarkının mistik ve huzurlu hissini pekiştirir.

Verilen yorum, araştırmanın seyrini zorlaştıracığı için yorumlar kısa ve akıcı şekilde ifade edilecek şekilde baştan yazılmıştır. 'ChatGPT' yapay zeka modelinin yazmış olduğu metinlerin kısa halleri görselleştirilmesi için 'LookX AI Cloud' platformundan yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu platform İngilizce dil seçeneği ile daha iyi performans gösterdiği için metinler İngilizceye çevrilmiştir.

Bu çalışmada, müzikal kompozisyonların peyzaj tasarımına nasıl yansıtılacağını araştırmak için çok duyulu bir yaklaşım benimsenmiştir. Müzik ve içindeki geçişler, peyzaj tasarımı unsurlarına dönüştürülerek duygusal ve mekânsal karakteristikler yansıtılmaya çalışılmıştır. Aşağıdaki yöntem kullanılmıştır:

Müzikal Analiz: Her müzik parçası, temposu, ritmi, geçişleri ve duygusal tonları üzerinden analiz edilmiştir. Bu müzikal öğeler, peyzaj tasarımındaki biçim, akış, renk ve malzeme gibi unsurlara doğrudan yansıtılmıştır.

Farklı enstrümanların kullanımı, sesin yoğunluğu ve temponun değişimleri, sert ve yumuşak peyzaj elemanları arasındaki kontrast ile mobilya ve mekân akışının seçiminde yansıtılmıştır.

Tempo: Hızlı tempolar, dinamik ve yapılandırılmış tasarım unsurlarına, örneğin lineer yollar ve cesur renk paletlerine karşılık gelmiştir. Yavaş tempolar ise daha organik, dolambaçlı yollar ve daha yumuşak, sakin renklerle ifade edilmiştir.

Ritim ve Akış: Müzikteki ritmik desenler, peyzaj unsurlarının (örneğin, fiskiyeler, oturma alanları ve bitki kümelenmeleri) düzenlenmesine yön vermiştir. Tekrarlayan ritimler, bitki türlerinin veya döşeme desenlerinin tekrarına yansıtılmıştır.

Geçişler: Müzikteki majör ve minör anahtarlar arasındaki geçişler veya yoğunluktaki değişiklikler, yükseklik farkları (örneğin, eğimler, teraslı bitkiler), aydınlatma koşulları (örneğin, açık ve güneşli alanlardan gölgeli alanlara) ve malzemeler (örneğin, yumuşak, doğal malzemelerden sert ve yansıtıcı malzemelere) ile yansıtılmıştır.

Tasarım Unsurları:

Malzemeler: Ahşap, taş veya metal gibi malzemelerin seçimi, müziğin tonu ve atmosferine göre belirlenmiştir. Daha yumuşak ve lirik pasajlar doğal, organik malzemeler kullanılarak yansıtılırken, daha yoğun ve dramatik bölümler ağır, endüstriyel malzemelerin kullanımını teşvik etmiştir.

Bitki Seçimi: Müziğin duygusal tonu, bitki seçimlerinde yansıtılmıştır. Örneğin, parlak ve hızlı tempolu müzikler, lavanta veya ayçiçeği gibi canlı çiçekler ile ilişkilendirilmiş, melankolik veya içe dönük müzikler daha koyu yapraklı bitkilerin kullanımını öne çıkarmıştır.

Renkler ve Aydınlatma: Renk paleti ve aydınlatma doğrudan müziğin yansıttığı atmosfere bağlı olarak seçilmiştir. Hafif, pastel renkler sakin ve huzurlu parçalar için tercih edilirken, enerjik ve canlı kompozisyonlar için cesur, canlı renkler kullanılmıştır. Aynı şekilde, aydınlatma tasarımı da atmosferi güçlendirmek için kullanılmış; yumuşak, ortam aydınlatması yavaş müzikal geçişleri yansıtırken, yoğun bölümlerde güçlü ve dramatik aydınlatma kullanılmıştır.

Mekânsal Düzenleme: Mekânsal organizasyon, müziğin akışından etkilenmiştir. Örneğin, müzikteki yavaş ve kademeli yükselişler, yükselen patikalar veya teraslı peyzajlarla ifade edilmiştir. Müzikteki ani değişiklikler, mekân düzenlemesinde de yansıma bulmuş, açık alanlar ile kapalı, daha özel alanlar arasındaki geçişler olarak tasarıma eklenmiştir.

Bu müzikal öğelerin peyzaj tasarımıyla uyumlu hale getirilmesi, müziğin uyandırdığı duygusal tepkilerin benzer şekilde mekânda da hissedilmesine olanak tanımaktadır. Her müzikal eser, form, işlev ve estetiğin peyzaj içinde nasıl harmanlandığına dair bir kavramsal çerçeve sunmaktadır.

Bulgular ve Tartışma

Seçilen Dünya Müzikleri

Rock

Rock müzik türüne ait 'Led Zeppelin - Stairway to Heaven' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 1).

Peyzaj alanının girişinde uzun, kıvrımlı bir yol ve hafif eğimli merdivenler yer almalı. Yol ve merdivenler doğal taşla kaplanmalı. Yolun kenarında çeşitli yüksekliklerde bitkiler ve çiçekler bulunmalı. Küçük oturma alanları veya doğal taş banklar yerleştirilebilir. Bu peyzaj alanı, bir şelale etrafında olmalı ve yüksek bir tepe üzerine kurulmalı. Çam ağaçları ve serviler gibi yüksek ve ince ağaçlar olmalı. Beyaz ve mor tonlarında çiçekler kullanılmalı.

'I would like you to create a landscape design. The entrance of the landscape area should have a long, winding path and gently sloping steps. The path and steps should be paved with natural stone. Along the sides of the path, there should be plants and flowers of various heights. Small seating areas or natural stone benches can be placed. This landscape area should be centered around a waterfall and situated on a high hill. There should be tall and slender trees like pines and cypresses. Flowers in white and purple tones should be used.'



Şekil 1: 'Led Zeppelin - Stairway to Heaven' peyzaj tasarımı

Seçilen Dünya Müzikleri

Hard Rock

Hard Rock müzik türüne ait 'AC/DC- Highway to Hell' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 2).

Yüksek ağaçlar ve kayaların bulunduğu, kırmızı, turuncu ve sarı tonlarında bitkilerin yer alması gerekmektedir. Düzgün ve hızlı yürüyüş yolları tasarlanmalıdır. Metal heykeller, kasırga tarzı su çeşmeleri ile birlikte bulunmalıdır.

'There should be rocks and tall trees, with plants in shades of red, orange, and yellow. Smooth and fast walking paths should be designed. Metal sculptures should be present, along with tornado-style water fountains.'



Şekil 2: 'AC/DC- Highway to Hell' peyzaj tasarımı

Pop

Pop müzik türüne ait 'Michael Jackson – Thriller' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 3).

Girişte, uzun ve kıvrımlı bir yol ile hafif eğimli merdivenler yer almalıdır. Bu yol ve merdivenler doğal taşlarla kaplanmalıdır. Ayrıca, yol boyunca sis efekti yaratmak için küçük sis makineleri kullanılmalıdır. Girişte büyük, gotik tarzı demir kapılar yer almalıdır. Yolun kenarlarında çeşitli yüksekliklerde bitkiler ve çiçekler bulunmalıdır; özellikle koyu yapraklı bitkiler ve kırmızı, mor gibi canlı renkte çiçekler seçilmelidir. Büyük ağaçlar ve çalılar da olmalıdır. Yol boyunca doğal ve gotik tarzda oturma bankları yer almalıdır. Peyzaj alanında bir şelale ve şelalenin birleştiği yerde bir gölet bulunmalıdır. Göletin içinde yüzen nilüferler ve su bitkileri olmalıdır. Alan genelinde loş ve karanlık ışıklar kullanılmalı, kırmızı ve mor tonlarda aydınlatmalar olmalıdır. Ayrıca, gotik tarzında heykeller de bulunmalıdır.

'I would like you to create a landscape design. At the entrance, there should be a long and winding path with gently sloping stairs. This path and stairs should be covered with natural stones. Additionally, small fog machines should be used along the path to create a mist effect. Large Gothic-style iron gates should be placed at the entrance. Various plants and flowers of different heights should line the sides of the path, especially dark-leaved plants and vibrant flowers in shades of red and purple should be selected. There should be large trees and shrubs as well. Natural and Gothic-style benches should be placed along the path. There should be a waterfall in the landscape area, with a pond where the waterfall meets. The pond should have floating water lilies and aquatic plants. Dim and dark lights should be installed throughout the area, with lighting in shades of red and purple. Additionally, Gothic-style sculptures should be present.'



Şekil 3: 'Michael Jackson – Thriller' peyzaj tasarımı

Latin

Latin müzik türüne ait 'Me La Llevo' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 4).

Bahçenin tasarımı için şu unsurlar dikkate alınmalıdır: Gizli ve sessiz köşeler oluşturulmalı, su yüzeyleri veya ayna gibi yansıtıcı unsurlar eklenmeli, rüzgar çanları ve açık hava sahnesi bulunmalıdır. Doğal yollar ve banklar kullanılmalı, organik şekiller ve bitkiler tercih edilmelidir. Yerel ve kültürel bitkiler seçilmeli, farklı bitki renkleri ve dokuları kullanılmalıdır. Ayrıca, konforlu oturma alanları sağlanmalıdır. Bu unsurlar, hem estetik açıdan zengin hem de huzur ve rahatlık sağlayan bir bahçe tasarımı için önemlidir.

'The garden design should include the following elements: Create hidden and quiet corners, add reflective surfaces like water features or mirrors, and include wind chimes and an open-air stage. Use natural pathways and benches, and prefer organic shapes and plants. Select local and cultural plants, and use a variety of plant colors and textures. Additionally, provide comfortable seating areas. These elements are essential for a garden design that is both aesthetically pleasing and provides peace and comfort.'



Şekil 4: 'Me La Llevo' peyzaj tasarımı

Chill Out

Chill out müzik türüne ait 'Zero 7 - In The Waiting Line' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 5).

Zarif şekilde kıvrılan yürüyüş yolu, doğal ve organik malzemelerle kaplanmalıdır; taşlar, ahşap veya çakıl gibi malzemeler tercih edilebilir. Yol boyunca yerleştirilecek bitkiler, yumuşak yapraklı ve yeşil bitkiler arasından seçilmelidir. Bitki renkleri, sakin bir atmosfer oluşturmak için beyaz, mavi ve yeşil gibi sakin tonlarda çiçekler tercih edilmelidir. Yol boyunca yerleştirilecek ahşap oturma alanları, ziyaretçilere rahat bir dinlenme ve doğayı gözlemleme fırsatı sunar. Ayrıca, huzur verici bir atmosfer sağlamak için yumuşak bir akışa sahip bir çeşme de eklenmelidir. Yol boyunca loş ışıklar yerleştirilmeli, bu da geceleyin huzurlu bir ortam sağlar.

‘The gracefully winding walking path should be covered with natural and organic materials; materials such as stones, wood, or gravel can be preferred. Plants to be placed along the path should be selected from soft-leaved and green plants. Plant colors should be chosen in calm tones such as white, blue, and green to create a tranquil atmosphere. Wooden seating areas placed along the path offer visitors a comfortable resting and nature observation opportunity. Additionally, a fountain with a gentle flow should be added to create a serene atmosphere. Dim lights should be placed along the path, providing a peaceful ambiance at night.’



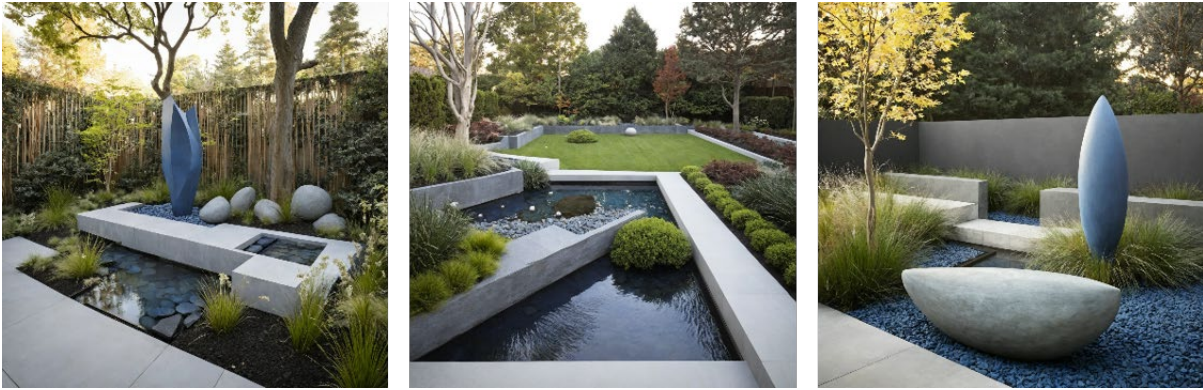
Şekil 5: ‘Zero 7 – ‘In The Waiting Line’ peyzaj tasarımı

Caz

Jazz müzik türüne ait ‘Shattered Dreams - Johnny Hates Jazz’s song’ şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarımı unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 6).

Durgun su özellikleri tasarıma dahil edilmeli ve yumuşak hatlar ile açık renkler tercih edilmelidir. Yaprak dökken bitkiler, değişimin sembolü olarak kullanılmalıdır. Gri ve mavi tonlar, peyzajın ana renkleri olmalı ve heykeller veya sanat eserleri ile duygusal derinlik katılmalıdır. Örneğin, kırılmış bir heykel veya soyut bir tasarım gibi. Aydınlatma, loş ve yumuşak olmalı, ziyaretçilere huzur ve dinginlik hissiyatı sağlamalıdır.

‘Stagnant water features should be present, and soft lines and light colors should be preferred. Deciduous plants should be included as a symbol of change. Gray and blue tones should be prominent in the landscape, and sculptures or artworks should be present to add emotional depth. For example, a broken sculpture or an abstract design. Lighting should be dim and soft, providing visitors with a sense of peace and tranquility.’



Şekil 6: 'Shattered Dreams - Johnny Hates Jazz's song' peyzaj tasarımı

Balkan

Balkan müzik türüne ait 'Goran Bregovic - Ederlezi' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir.

Parlak çiçekler, renkli yapraklar ve dokulu bitki örtüsü, tasarıma hareketlilik katar. Doğal taşlar ve ahşap unsurlar, peyzajda kullanılmalıdır. Yapraklar ve bitkilerin nazik şekilde sallanabileceği bir ortam oluşturulmalıdır. Balkan kültürünü yansıtan geleneksel dekorasyonlar ve heykeller, peyzaj tasarımına otantik bir hava katar. Gölgeler ve ışık oyunları ile birleşmiş loş ve sıcak aydınlatmalar, tasarıma romantik bir atmosfer sağlar.

'Bright flowers, colorful leaves, and textured vegetation add movement to the design. Natural stones and wooden elements should be present. An environment where leaves and plants can sway gently should be created. Traditional decorations and sculptures reflecting Balkan culture should add an authentic atmosphere to the landscape design. Dim and warm lighting, combined with shadows and light play, should provide a romantic ambiance.'



Şekil 7: 'Goran Bregovic - Ederlezi' peyzaj tasarımı

Greek

Greek müzik türüne ait 'I Margarita I Margaro' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 8).

Pastel tonlarda çiçekler (pembe, beyaz, lavanta gibi) kullanılmalıdır. Zeytin ağaçları gibi Akdeniz bitkileriyle gölgelik alanlar oluşturulmalıdır. Yavaşça akan küçük bir dere veya su havuzu bulunmalıdır. Yunan kültürünü yansıtan mermer heykeller ve sütunlar yer almalıdır. Ahşap ve taş oturma alanları olmalıdır.

‘Pastel-colored flowers (such as pink, white, and lavender) should be used. Shaded areas should be created with Mediterranean plants like olive trees. There should be a gently flowing small stream or water feature. Marble statues and columns reflecting Greek culture should be included. Wooden and stone seating areas should be provided.’



Şekil 8: 'I Margarita I Margaro' peyzaj tasarımı

Hint

Hint müzik türüne ait 'AR Rahman - Jai Ho' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 9).

Parlak renkli çiçekler ve bitkiler kullanılmalıdır. Modern tasarım unsurları eklenmelidir. Metal ve cam gibi modern malzemeler kullanılmalıdır. Yumuşakça dalgalanan otlar, ağaçlar ve yürüme yolları olmalıdır. Dans eden su fiskiyeleri veya su perdeleri eklenmelidir. Heykeller ve modern sanat eserleri peyzajı süslemelidir.

‘Bright-colored flowers and plants should be used. Modern design elements should be incorporated. Materials such as metal and glass should be utilized for a contemporary look. Softly swaying grasses, trees, and pathways should be present. Dancing water fountains or water curtains should be included. Sculptures and modern art pieces should adorn the landscape.’



Şekil 9: 'I Margarita I Margaro' peyzaj tasarımı

Metal Müzik

Metal müzik türüne ait 'I Master of Puppets – Metallica' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 10).

Kayaçlar ve metal heykellerin bulunduğu, koyu renkte bitkilerin ve gölgeli alanların yer alması gerekmektedir. Dalgalı yürüyüş yolları ve akıcı su özelliklerinin olması önemlidir. Metal ve endüstriyel tarzda dekorasyonlar ile birlikte farklı dokulara sahip bitkilerin kullanılması, peyzajın karmaşık ve detaylı bir görünüm kazanmasını sağlar.

'Rocks and metal sculptures should be present, with dark-colored plants and shaded areas. There should be winding walkways and flowing water features. Industrial-style decorations and the use of different textures in plants should be employed to achieve a complex and detailed appearance in the landscape.'



Şekil 10: 'I Master of Puppets – Metallica' peyzaj tasarımı

Rap

Rap müzik türüne ait 'Lose Yourself – Eminem' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 11).

Yüksek kayaçlar ve dalgalı yürüyüş yolları tasarlanmalı. Ormanlık alanlara ve gölgeli noktalara yer verilmeli, farklı bitki türleri kullanılmalı. Doğal ve yumuşak aydınlatmalar tercih edilmeli, ayrıca gözlem noktaları da oluşturulmalıdır.

‘High rocks and undulating walking paths should be designed. Forested areas and shaded spots should be included, utilizing different plant species. Natural and soft lighting should be employed, and observation points should be created.’



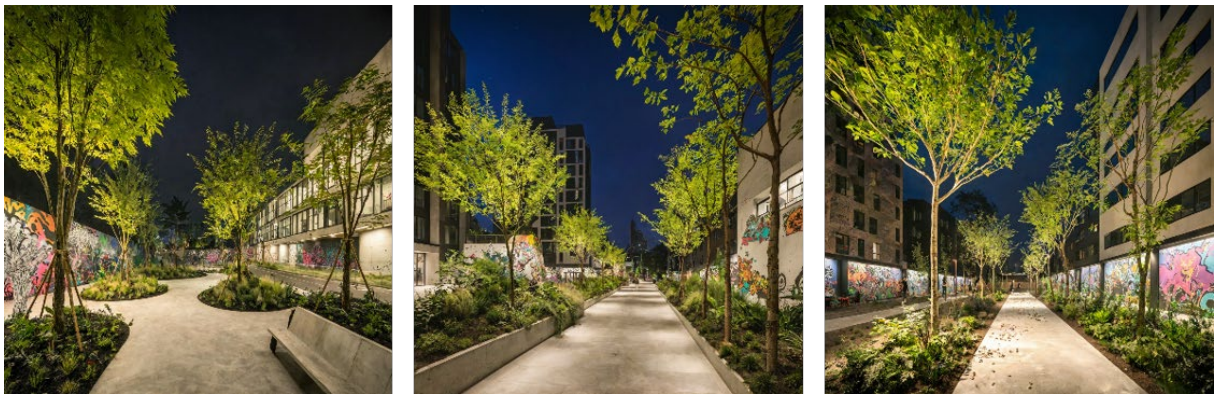
Şekil 11: ‘Lose Yourself – Eminem’ peyzaj tasarımı

Hiphop

Hiphop müzik türüne ait ‘N.Y. State of Mind – Nas’ şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 12).

Yüksek binalar ve beton yollar içeren bu ortamın içinde doğal unsurların var olması önemlidir. Ağaçlar ve yeşil alanlar, sokak sanatı ve grafiti ile birlikte kullanılabilir. Yüksek ağaçlar ve çeşitli bitki türleri, peyzajın karmaşıklığını ve doğallığını artırır. Loş ve gece manzaralı aydınlatma, atmosferi tamamlar.

‘In the environment containing high buildings and concrete roads, natural elements should also exist. Trees and green areas can be incorporated along with street art and graffiti. High trees and various plant species enhance the complexity and natural feel of the landscape. Dim and night-view lighting complements the atmosphere.’



Şekil 12: ‘N.Y. State of Mind – Nas’ peyzaj tasarımı

Valse

Valse müzik türüne ait 'Strauss - The Blue Danube / Mavi Tuna' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 13).

"Mavi, beyaz ve yeşil tonları kullanılmalıdır. Mavi çiçekler (mavi ortancalar, lavantalar), beyaz çiçekler (beyaz güller ve zambaklar) ve yeşil bitkiler (çiçeksiz yapraklı bitkiler, çimenler) kullanılmalıdır. Küçük bir gölet olmalı ve etrafında sazlıklar ile u bitkileri bulunmalıdır. Yollar kıvrımlı ve organik olmalıdır, küçük köprüler ahşap veya taştan olmalıdır. Gölet üzerinde yüksek ağaçlar (selvi, söğüt) olmalıdır. Alçak çalılar ve yer örtücüler (lavanta, adaçayı) kullanılmalıdır. Renkli ve düzenli, simetrik çiçek tarhları olmalıdır. Dans eden çiftler veya müzikal figür heykelleri bulunmalıdır. Banklar, çardaklar ve huzurlu oturma köşeleri göletin etrafında yer almalıdır."

'Shades of blue, white, and green should be used. Blue flowers (such as blue pansies, lavenders), white flowers (white roses and lilies), and green plants (leafy plants, grass) should be incorporated. There should be a small pond with reeds and marsh plants around it. The paths should be winding and organic, with small bridges made of wood or stone. There should be tall trees (such as cypress, willow) around the pond. Low shrubs and ground cover plants (lavender, rosemary) should be used. There should be colorful and neatly arranged, symmetric flower beds. There could be sculptures of dancing couples or musical figures. Benches, pergolas, and peaceful seating corners should be placed around the pond.'



Şekil 13: 'Strauss - The Blue Danube / Mavi Tuna' peyzaj tasarımı

Klasik

Klasik müzik türüne ait 'Beethoven: Beşinci Senfoni (5th Symphony)' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 14).

Büyük ölçekli heykeller, fiskiyeler ve hareketli su özellikleri, peyzajın dinamizmini artırabilir. Açık ve geniş alanlar ile karanlık ve yoğun ağaçlık alanlar arasında geçişler, zenginlik ve çeşitlilik hissi yaratabilir. Klasik ve çağdaş tarzların uyumlu bir şekilde bir araya getirilmesi hem zamansız hem de yenilikçi bir atmosfer sağlayabilir. Yavaş akan çeşmeler ve manzara odaklı bakış noktaları, dinginlik ve odaklanma hissi yaratabilir. Farklı yüksekliklerdeki bitki düzenlemeleri ise peyzaja derinlik ve perspektif kazandırabilir.

‘Large-scale sculptures, fountains, and dynamic water features should be incorporated. Transitions between open and expansive areas and dark, dense wooded areas can create richness and diversity. Harmoniously blending classical and contemporary styles can evoke a timeless yet innovative atmosphere. Slow-flowing fountains and landscape-focused viewpoints can instill a sense of tranquility and focus. Different heights of plant arrangements can add depth and perspective to the landscape.’



Şekil 14: ‘Beethoven: Beşinci Senfoni (5th Symphony)’ peyzaj tasarımı

Seçilen Türk Müzikleri

Türk Sanat Müziği

Türk Sanat müzik türüne ait ‘Sevmekten kim usanır – Sibel Can’ şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 15).

Peyzaj alanında tasarlanacak bölge, farklı noktalarda yüksek çalılar ve bitkilerle çevrili, küçük ve samimi oturma alanları içermelidir. Kıvrımlı ve doğal taş döşeli patikalar, gizli köşelere ve diğer alanlara bağlanarak keşif hissi uyandırmalıdır. Peyzaj alanının stratejik noktalarında küçük göletler ve etrafında bitkiler olmalı, alanın belirli bölgelerine derinlik oluşturmak için aynalar eklenmelidir. Ağaçlara asılı rüzgâr çanları ve ağacın gövdesini saran küçük LED ışıklar bulunmalıdır. Çiçek seçimi ise gül, lavanta ve yaseminden oluşmalıdır.

‘The area to be designed in the landscape should be surrounded by tall shrubs and plants at different points, containing small and intimate seating areas. Curved and natural stone-paved pathways should connect to hidden corners and other areas to evoke a sense of discovery. Small ponds should be placed at strategic points in the landscape, surrounded by plants, and mirrors should be added to create depth in certain areas. Wind chimes hanging from trees and small LED lights wrapping around the trunk should be present. As for flower selection, it should consist of roses, lavender, and jasmine.’



Şekil 15: 'Sevmekten kim usanır – Sibel Can' peyzaj tasarımı

Türk Halk Müziği

Türk Halk müzik türüne ait 'Neşet Ertaş - Sen Benimsin, Ben Seninim' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 16).

Ahşap detaylar ve sakin su özellikleri, peyzajın doğal ve huzurlu bir atmosferini vurgulamak için idealdir. Yumuşak ve akıcı çizgiler, duygusal bir bağlantı ve iç huzur hissiyatı oluşturabilir. Geleneksel ve modern peyzaj tasarımı unsurlarının birleştirilmesi, geçmişin mirasını ve geleceğin yeniliklerini yansıtır. Yumuşak pastel tonlarda bitkiler, zarif ve huzur verici bir görünüm sunar ve Anadolu'nun renklerinin karakteristiğini yansıtabilir.

'Wooden details and tranquil water features should be incorporated, along with soft and flowing lines. Traditional and modern landscape designs should be merged, utilizing soft pastel tones for plants to reflect the characteristic colors of Anatolia.'



Şekil 16: 'Neşet Ertaş - Sen Benimsin, Ben Seninim' peyzaj tasarımı

Türk Kültürü İle Oluşmuş Seçilen Müzikler

Arabesk

Arabesk müzik türüne ait 'Ferdî Tayfur - Hatıran Yeter' şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir.(Şekil 17).

Gölet etrafında bir dinlenme alanı oluşturmak için doğal ve huzurlu bir atmosfer yaratılabilir. Bu alanda ahşap mobilyalar ve rahat minderler yerleştirilerek ziyaretçilerin göletin huzur veren manzarasının tadını çıkarması sağlanabilir. Doğal bitki örtüsü olarak göletin çevresine yerleştirilecek yerel bitkiler seçilebilir. Ahşap detaylar ve taşlar, peyzajın doğal ve rustik bir görünüm kazanmasına yardımcı olabilir. Antik görünümlü heykeller ve eski taş yapılar, mekâna zamansız bir hava ve karakter katarak duygusal derinlik yaratabilir. Rustik tarzda mobilyalar ise göletin etrafında bir geçmişin izlerini hatırlatırken dinlenme alanına sıcaklık ve samimiyet katabilir. Pastel renklerdeki çiçekler ve bitkiler, göletin etrafına hoş bir renk dokusu ve dingin bir atmosfer getirebilir. Rüzgâr çanları ve dalgalı bitki örtüsü, hareket ve canlılık hissiyatı yaratarak mekâna dinamizm katabilir. Hareketli su özellikleri ise görsel ve işitsel bir şölen sunarak mekânın cazibesini artırabilir.

‘A resting area can be created around the pond, providing a natural and tranquil atmosphere. Wooden furniture and comfortable cushions can be placed to allow visitors to enjoy the serene view of the pond. Local plant species can be chosen for the natural vegetation surrounding the pond. Wooden details and stones can help the landscape achieve a rustic and natural appearance. Antique-looking sculptures and old stone structures can add a timeless charm and emotional depth to the area. Rustic-style furniture can evoke a sense of warmth and intimacy while reminding visitors of the past. Flowers and plants in pastel colors can bring a pleasant color palette and a serene atmosphere to the surroundings of the pond. Wind chimes and waving vegetation can create movement and liveliness, adding dynamism to the space. Moving water features can provide a visual and auditory spectacle, enhancing the allure of the area.’



Şekil 17: ‘Ferdî Tayfur - Hatıran Yeter’ peyzaj tasarımı

Karadeniz

Karadeniz müzik türüne ait ‘Kazım Koyuncu- ella ella’ şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarımı unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 18).

Geniş çim alanlar, dağ silüetleri, ormanlık bölgeler, ahşap ve taş detaylar, ahşap banklar, pergolalar, taş duvarlar olmalı; rustik bir hava olmalı. Kaskatlı şelaleler, su fiskiyeleri, yavaş akan dere; pembe, mor, sarı ve beyaz gibi canlı renklerde çiçekler kullanılmalı. Karadeniz’e özgü motiflerin bulunduğu seramik ve heykeller olmalı.

‘Wide grassy areas, mountain silhouettes, wooded areas, wooden and stone details, wooden benches, pergolas, stone walls should be present; there should be a rustic atmosphere. Cascading waterfalls, water fountains, a slow-flowing stream; colorful flowers in shades of pink, purple, yellow, and white should be used. Ceramic and sculptures featuring motifs specific to the Black Sea region should be incorporated.’



Şekil 18: ‘Kazım Koyuncu - ella ella’ peyzaj tasarımı

Alaturka

Alaturka müzik türüne ait ‘Hüzzam Saz Semaisi- Tanburi Cemil Bey’ şarkısı seçilmiştir. Yapay zekaya, peyzaj tasarım unsurları doğrultusunda bu şarkı hakkında yorum yapması istenmiştir. (Şekil 19).

Yüksek duvarlarla çevrili bir avlu, klasik Türk bahçesi öğeleriyle dolu olmalıdır. Bu avluda taş döşeli patikalar, gül bahçeleri, minyatür şelaleler ve süs havuzları bulunmalıdır. Ayrıca, Türk süslemeleri ve çinilerle süslenmiş banklar ve çeşmeler yer almalıdır. Avlunun ortasında bir anıt bulunmalı ve bu anıt, çevresinde birçok tropik bitki ve çiçeklerle çevrili olmalıdır. Ayrıca, Türk motifleriyle süslenmiş lambalar, günbatımında ve geceleyin avluyu aydınlatmalıdır.

‘The courtyard should be surrounded by high walls, featuring classic Turkish garden elements like stone-paved pathways, rose gardens, miniature waterfalls, and ornamental ponds. Traditional Turkish decorations and tiles should adorn benches and fountains. In the center of the courtyard, there should be a monument surrounded by numerous tropical plants and flowers. Turkish motif-adorned lamps should illuminate the courtyard, creating a magical atmosphere, especially during sunset.’



Şekil 19: ‘Hüzzam Saz Semaisi- Tanburi Cemil Bey’ peyzaj tasarımı

Sonuç

Bu çalışmada, farklı müzik türlerinin hissettirdiği duygular ve oluşturdukları ortamlar yapay zeka kullanılarak ortaya konmuştur. Yapay zeka, bu süreçte her şarkının hissettirdiği atmosferi, kültürel ve duygusal bağlamını peyzaj tasarımına entegre etmiştir. Şarkılar, peyzajın tematik yönünün belirlenmesinde ilham kaynağı olmuştur. Seçilen müzik türleri ve şarkılar, sözleri, tonlamaları, ritimleri, ses frekansları ve algı değerleri temelinde incelenmiş, her müzik türünün peyzaj tasarım alanlarında farklılıklar yarattığı gözlemlenmiştir. Şekil, biçim, form, renk ve doku gibi tasarım unsurları her müzik türüne göre değişiklik göstermiştir. Farklı müzik türlerinin, farklı ortamlar oluşturabileceği sonucuna varılmıştır. Örneğin, duygusal bir şarkı yorumlandığında, sakin ve huzurlu ortamlar yaratmak için durgun su öğeleri ve saklanma alanları öne çıkarken; eğlenceli bir şarkının görselleştirilmesinde canlı renkler, hareketli su öğeleri ve kıvrımlı yollar kullanılmıştır. Şarkının temposuna bağlı olarak peyzaj tasarım öğeleri eklenip çıkarılmış ve şarkının verdiği hissiyata göre görselleştirmeler yapılmıştır. Bir şarkı daha neşeli, canlı ve hareketliyse tasarımda parlak renkler, canlı bitkiler ve enerjik unsurlar vurgulanabilirken; daha melankolik ve sakin bir şarkı, loş ışıklar, daha minimal ve dingin öğelerle ifade edilebilir. Bu nedenle, iki farklı şarkı aynı kültüre ait olsa bile peyzaj tasarımı için farklı sonuçlar doğurabilir.

Bu çalışma, müzikal kompozisyonların peyzaj tasarımına yansıtılabileceğini ve müzik ile mekânsal düzenlemeler arasında güçlü bir bağ kurulabileceğini göstermiştir. Müzikteki geçişler, ritim, tempo ve duygusal tonlar; peyzajda kullanılan malzemeler, bitkiler, renkler ve mekânsal düzenlemeler gibi unsurlarla etkili bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Bu yaklaşım, peyzaj tasarımına çok yönlü bir bakış açısı kazandırarak, mekânın sadece görsel değil, duysal bir deneyim de sunmasını sağlamıştır. Müzikal tasarım unsurlarının peyzajla harmanlanması, gelecekte mekân tasarımlarında yeni bir yaklaşım geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Bu çalışma, farklı müzik türlerinin, peyzaj tasarım unsurlarını destekleyerek birbirinden farklı manzaralar oluşturabileceğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, müziğin peyzaj tasarımında kullanılabilir bir araç olduğu ve farklı müzik türlerinin farklı duygusal ve görsel ortamlar yaratma potansiyeli taşıdığı görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmada müzik türlerinin belirlenmesi ve kategorize edilmesi hususunda destek olan müzik öğretmenleri Deniz Demirtaş ve Fatih Demirtaş'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Bu makalede araştırma ve yayın etiği kurallarına uyulmaktadır. Bu çalışmada etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır.

Yazar Katkıları: Alper Sağlık: Çalışma konusunun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi, veri elde etme yöntemlerinin belirlenmesi. Fatma Yetişir: Çalışmanın yürütülmesi, verilerin toplanması, verilerin işlenmesi ve dijital ortama aktarılması. Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almamıştır.

Kaynakça

- Akat, A. 2017. Doğu Karadeniz Bölgesi Müziklerinin Popülerleşme Süreci ve Etkileşimleri, Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi, Bildiriler: Müzik Kültürü ve Eğitimi, C1, Ankara: Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, (pp. 1-14). Retrieved from <https://www.ayk.gov.tr/wpcontent/uploads/2015/01/AKAT-Abdullah-DOĞU-KARADENİZ-BÖLGESİMÜZİKLERİNİN-POPÜLERLEŞME-SÜRECİ-VE-ETKİLENİMLERİ.pdf>.
- Akkuş, Ü. 2007. Müziğin İnsan Sağlığı Üzerindeki Yeri ve Önemi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*. 1; 98-103.
- Angı, E. 2013. Müzik Kavramı ve Türkiye’de Dinlenen Bazı Müzik Türleri. *İdil Dergisi*. 2(10); 60-81.
- Aslan, E., Aslan, F. ve Atık, A. 2015. İç mekânda algı. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(11); 139-151.
- Benliay, A. ve Kılıç, A. 2024. Peyzaj Tasarımı Sunum Tekniklerinde Yapay Zekâ Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *PEYZAJ- Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*. 6(1); 1-14. ISSN 2687-2358
- Çelikbaş Aykut, A., 2007, Popüler Kültür – Müzik İlişkisi ve Cemal Reşit Rey Konser Salonu Örneği, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyoloji.
- Çetinkaya, G. ve Uzun, O. 2014. Peyzaj Planlama (1). İstanbul: Birsan Yayınevi.
- Çubuk, Z. 1999. Müzik Neden Sevilir?. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 12(1); 99-103.
- Dağlı, H.U., Dağlı, K.K. ve Kiremitçi, M. 2019. Türk Müziği Tarihi. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları. <https://ogmmateryal.eba.gov.tr/kitap/guzel-sanatlar-lisesi/muzik/12/turk-muzigi-tarihi/index.html#p=82>
- Duman, S. 2009, Eylül. Rock Müziğin Doğuşu Ve Türk Rock Müziği. Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi.
- Evlivan, İ., 2019, Bireyleri Bisiklet Festivallerine Katılmaya Motive Eden Faktörler Ölçeğinin Geliştirilmesi ve Bu Faktörlerin Çeşitli Değişkenlere Göre İncelenmesi, Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Rekreasyon.
- Güteryüz, R. 2018. Minimalist Müziğin Elektronik Müzik Üzerine Etkisi, *Kent Akademisi*, 11 (33); 153-161. ISSN: 2146-9229
- Gülmez, S., De Thorpe Millard, E. ve Çerezcioglu, A.B. 2023. Popüler Müziğin Azimsanmış Müzik Türü Black Metal: Medya Ve Farklı Müzik Türleri Seslendiricilerinin Stereotipleri. *Yegah Müzikolojisi Dergisi*. 6(3); 529- 549.
- İmik, Ü. ve Haşhaş, S. 2020. Müzik Nedir Ve Hayatimizin Neresindedir, *İnönü Üniversitesi Kültür ve Sanat Dergisi*. 6(2); 196-202.
- Kahraman, M.E. 2014. Resim-Müzik İlişkisinde Yeni Yöntemler, Grafiti Ve Rap Müziği Örnekleme. *Yıldız Journal Of Art and Design*. 1(1); 24-35.
- Karayaka, K., 2014, Anadolu Rock Müziğinin Oluşum ve Gelişim Sürecinin Değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Müzik Eğitimi.

- Kaygısız, M. 1999. Müzik Tarihi Başlangıcından Günümüze Müziğin Evrimi (1). Beyoğlu- İstanbul: Kaynak Yayınları.
- Kuçlu, E., 2020, Kültürel Bir Meta Olarak Müzik: 90'lar Sonrası Pop Müzik Örneği, Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyoloji.
- Orhaner, B. 2023. Ankara'dan Söz Eden Şarkılarda Yer Bağlılığı: Türkçe Pop Müziğin Yaygın Bir Klişesi. *Ankara Araştırmaları Dergisi*. 11(2); 279-292. DOI: 10.5505/jas.2023.80774
- Özdemir, U., 2015. Philip V. Bohlman'ın Dünya Müziği Üzerine Bir İnceleme. 4(1); 53-56.
- Özhancı, E. Ve Yılmaz, H. 2018. Sensitivity Analysis in Landscape Ecological Planning; the Sample of Bayburt, *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(2); 77-98.
- Özkeleş, S. 2019, Kasım. Okul Şarkılarının Latin Müziği Stillerinin Ritmik Yapıları İle Eşliklenmesine İlişkin Öğrenci Görüşleri. Sözlü sunum, 4 th International Symposium on Innovative Approaches in Architecture, Planning and Design, Samsun.
- Öztemel, E. 2020. Yapay Zekâ ve İnsanlığın Geleceği. M. Şeker, Y. Buduklu, C. Korkut ve M. Doğrul (Ed.), *Bilişim Teknolojileri ve İletişim: Birey ve Toplum Güvenliği (1) içinde (95-112)*. Ankara: Berk Grup Matbaacılık. DOI:10.53478/TUBA.2020.011
- Sağlık, E. ve Yetişir, F. 2023. Discovery of interior spaces in urban open spaces: The case of Canakkale, *ArtGRID*, 5(2); 159-171.
- Sucu, İ. ve Ataman, E. 2020. Dijital Evrenin Yeni Dünyası Olarak Yapay Zeka Ve Her Filmi Üzerine Bir Çalışma. *Yeni Medya Dergisi*. 4(1); 40-52.



Kantaron Yağı Üretim Parametrelerinin Optimizasyonu^A

Muharrem GÖLÜKCÜ^{1*}, Fatma UYSAL BAYAR¹, Emine BAYRAM², Orçun ÇINAR¹,
Haluk TOKGÖZ¹, Arzu BAYIR YEĞİN¹, Fulya YÜCEOL³

Öz: Tıbbi ve aromatik bitkiler, bunlardan üretilen ürünler ile bu ürünlerin kullanım alanları ve etkileri konusuna olan ilgi sürekli olarak artma eğilimindedir. Bu ürünlerden birisi de kantaron yağı olup birçok amaçla kullanımı oldukça yaygındır. Kantaron yağı üretiminde kaliteyi etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında kantaron yağı üretiminde yer alan bitki/zeytinyağı oranı, maserasyon ortam ve süresi parametrelerinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Optimizasyon ürün kalitesinde belirleyici olan hiperisin, hiperforin, pseudohiperisin etken maddeleri ile birlikte serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı verileri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma bulguları hiperforin, hiperisin ve pseudohiperisin etken madde miktarları açısından gölgede, %25 bitki oranı ve 30 günlük maserasyon süresinin en başarılı sonucu verdiğini göstermiştir.

^A Yayın TAGEM/TBAD/16/A04/P06/01 nolu Tarımsal Araştırma ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen projesinin bir kısmını oluşturmaktadır. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ^{1*} Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Antalya, Türkiye, muharrem.golukcu@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0003-1646-5876](https://orcid.org/0000-0003-1646-5876)

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Antalya, Türkiye, uysalfatma@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0002-7130-5704](https://orcid.org/0000-0002-7130-5704)

² Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü İzmir, Türkiye, emine.bayram@ege.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5856-2637](https://orcid.org/0000-0001-5856-2637)

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Antalya, Türkiye, orcun.cinar@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0002-8356-384X](https://orcid.org/0000-0002-8356-384X)

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Antalya, Türkiye, haluk.tokgoz@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0002-9956-0045](https://orcid.org/0000-0002-9956-0045)

¹ Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Antalya, Türkiye, arzu.bayir@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0002-2194-6730](https://orcid.org/0000-0002-2194-6730)

³ Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Antalya, Türkiye, fulya.yuceol@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0003-4018-9103](https://orcid.org/0000-0003-4018-9103)

Ortalama değerlere göre gölgede üretilen örneklerde hiperforin, hiperisin ve pseudohiperisin miktarlarının sırasıyla 44.70 mg L⁻¹, 0.104 mg L⁻¹, 0.075 mg L⁻¹, güneş altında üretime örneklerde ise yine aynı sıra ile 31.51 mg L⁻¹, 0.079 mg L⁻¹ ve 0.108 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Hiperforin (48.57 mg L⁻¹), hiperisin (0.155 mg L⁻¹) ve pseudohiperisin (0.162 mg/L) etken madde miktarları en yüksek %25 bitki oranında belirlenmiştir. Maserasyon sürelerine göre yapılan değerlendirmede de en yüksek hiperforin (69.30 mg/L), hiperisin (0.235 mg/L) ve pseudohiperisin (0.121 mg/L) etken maddeleri 30. gün örneklerinde tespit edilmiştir. Bu süreden sonra etken madde miktarlarında azalış olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kantaron, hiperforin, hiperisin, *Hypericum perforatum*, kantaron yağı.

Optimization of Some St. John's Wort Oil Production Parameters

Abstract: The relevance to the medicinal and aromatic plants, the products generated from them, usage areas of these products and effect of these products is increasing invariably. *Hyperici oleum* (St. John's Wort oil) is one of them and multi-purpose usage of it is quite prevalent. There are many parameters affecting St. John's Wort oil quality. Within the scope of this study, it was aimed to optimize the plant/olive oil ratio, maceration environment and time parameters in the production of St. John's Wort oil. Optimization was carried out by taking into account the active ingredients hypericin, hyperforin, pseudohypericin, which are determinants of product quality, as well as free fatty acidity and peroxide number data. Study findings showed that in terms of the active ingredient amounts of hyperforin, hypericin and pseudohypericin, shade environment (at room temperature), 25% plant ratio and 30-day maceration period gave the most successful results. The amounts of hyperforin, hypericin and pseudohypericin in the samples produced in the shade were 44.70 mg L⁻¹, 0.104 mg L⁻¹, 0.075 mg L⁻¹, respectively, and in the samples produced under the sun, the amounts were 31.51 mg L⁻¹, 0.079 mg L⁻¹, 0.108 mg L⁻¹ in same order. The active ingredient amounts of hyperforin, hypericin and pseudohypericin were determined as 48.57 mg L⁻¹, 0.155 mg L⁻¹ and 0.162 mg L⁻¹, respectively, for 25% plant ratio. In the evaluation made according to the maceration times, the highest active ingredients of hyperforin (69.30 mg L⁻¹), hypericin (0.235 mg L⁻¹) and pseudohypericin (0.121 mg L⁻¹) were detected in the 30th day samples. After this period, it was observed that the amount of active ingredients decreased.

Keywords: St. John's wort, hyperforin, hypericin, *Hypericum perforatum*, *Hyperici oleum*.

Giriş

Kantaron Hypericaceae (Guttiferae) familyasından çok yıllık bir bitkidir. *Hypericum* cinsinin yaklaşık 500 türden oluştuğu belirtilmiştir. Bu türler içerisinde en fazla çalışılan tür olan *Hypericum perforatum* Avrupa, Asya, Kuzey Afrika ve Kuzey Amerika'da yaygın bir şekilde yetişmektedir (Kwiecien ve ark., 2021).

Ülkemizde yaygın olarak değerlendirilen türün *Hypericum perforatum* olduğu bilinmektedir. Bu tür Akdeniz Bölgesi de dahil olmak üzere ülkemizin farklı bölgelerinde yetişmektedir (Mutlubaş ve Özdemir, 2020).

Kantaron, yaygın olarak hafif ve orta şiddetli depresyon tedavisinde takviye edici gıda (herbal supplement) veya bazı ülkelerde doğrudan ruhsatlı ilaç olarak da St. John's wort tablet üretiminde kullanılmaktadır (Erdelmeier ve ark., 2000). Bunun yanında tıbbi kullanım alanları arasında idrar yolları rahatsızlıkları, ishal, dizanteri, sarılık, histeri, sinir sistemi rahatsızlıkları, hemoptizi, hemoroid, solunum yolu enfeksiyonları gibi rahatsızlıklar sayılmaktadır (Barnes ve ark., 2001, Varel, 2007, Wölfler ve ark., 2014, Seyis ve ark., 2020, Şengül ve ark., 2021, Nobakht ve ark., 2022, Ng, 2023). Kantaron bitkisi, bitkiden elde edilen ürünler ve bunların insan sağlığı ile ilişkileri üzerine ulusal ve uluslararası birçok çalışma yapılmıştır. Bu bitki üzerine çalışmalar her ne kadar son yıllarda artmış olsa da bu bitkiye olan ilginin Hipokrat dönemine kadar uzandığı bildirilmektedir (Klemow ve ark., 2011, Jaric ve ark., 2018, Monteiro ve ark., 2022). Ülkemizde ise bitkisel çay olarak kullanılmasının yanında geleneksel olarak kantaron yağı başta olmak üzere farklı çözücüler kullanılarak üretilen ekstraktlar, krem vb ürünlerin üretiminde değerlendirilmektedir (Varel, 2007, Altan ve ark., 2015). Maserasyon yoluyla elde edilmiş kantaron yağından geleneksel tıpta yara ve yanık iyileştirici olarak yararlanıldığı bildirilmiştir (Sezik ve ark., 2001, Süntar ve ark., 2010, Erdogan Orhan ve ark., 2014, Ozkan ve ark., 2016, Güneş ve Tihminlioğlu, 2017). Bir diğer çalışmada da kantaron yağından enflamasyon ve hemoroid tedavisinde de yararlanıldığı ifade edilmiştir (Klemow ve ark., 2011). Kantaron yağı üzerine de diğer ürünlere (ekstrakt) göre az da olsa bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan birisi Isacchi ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında İtalya'da farklı metotlarla elde edilmiş kantaron yağında bulunan bileşenlerin stabilitesi araştırılmıştır. Wölfler ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışma kapsamında aktif bileşenler ile topikal kullanım alanları üzerinde durulmuştur. Arsic ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada da ayçiçek yağı, zeytinyağı ve palm yağı kullanılarak 40 günlük maserasyon uygulaması ile elde edilen kantaron yağları içerisinde en yüksek mide koruyucu (gastrit) etkiye zeytinyağı ile üretilen ürünün sahip olduğu tespit edilmiştir. Erdogan Orhan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise Türkiye'de piyasadan temin edilen 21 farklı kantaron yağının antimikrobiyal ve antiprotozoal aktiviteleri ve bu yağların etken madde analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular ürünlerin antimikrobiyal aktivitelerinin oldukça farklı olduğunu göstermiştir. Bu durumun örneklerin kimyasal bileşimindeki farklılıklardan ileri gelebileceği belirtilmiş, nitekim örneklerin etken madde bileşiminde de farklılıklar olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Yapılan literatür çalışması, kantaron yağı üretiminde yer alan proses parametrelerinin ürün kalitesi üzerine etkisinin detaylı bir şekilde incelenmediğini göstermiştir.

Bu doğrultuda, çalışma kapsamında öncelikle bitki/yağ oranı, maserasyon ortamı, maserasyon süresi gibi kantaron yağı üretim parametrelerinin optimize edilmesi hedeflenmiştir. Optimizasyon çalışmaları kapsamında üretimde kullanılan bitki/zeytinyağı oranı, maserasyon ortamı (gölge, güneş), maserasyon süresi parametrelerinin etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada materyal olarak *Hypericum perforatum* türüne ait Topas çeşidi kullanılmıştır. Topas, Polonya'da bir araştırma enstitüsünde yapılan ıslah çalışmaları sonucu geliştirilmiş, bodur (ortalama 40 cm boyunda), ince gövdeli, bol çiçekli ticari olarak yaygın kullanılan bir çeşittir (Kwiecien ve ark., 2021). Proje materyalinin kültürel üretimi tohumlardan torf ortamında, viyollerde çimlendirilerek fide elde edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen fideler 04.04.2016 tarihinde BATEM (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü) Aksu birimi üretim parsellerinde araziye aktarılmıştır. Dikim sıklığı 40x20 cm olacak şekilde ve parsel büyüklüğü 240 m² olacak şekilde planlanmıştır. Gübreleme, dekara toplam 8 kg saf azot gelecek şekilde amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) ve amonyum nitrat (NH₄NO₃) gübrelere uygulanmıştır. Deneme yıllarında azotlu gübrenin yarısı (4 kg da⁻¹) erken ilkbaharda amonyum sülfat gübresi olarak, diğer yarısı (4 kg da⁻¹) ise birinci biçimlerden sonra amonyum nitrat gübresi olarak verilmiştir. Bitkiler tam çiçeklenme döneminde hasat edilmiştir. Çalışmalar çok yıllık olan bitkide ikinci yıl (Temmuz 2017) yapılan hasat örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen bitkisel materyalin bir kısmı projenin metod bölümünde yer aldığı şekilde ürünlere işlenirken, diğer bir kısmı ise yine hammadde analizlerini gerçekleştirmek üzere aynı gün içerisinde kalite kontrol analizlerinin yapılacağı laboratuvara ulaştırılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılacak zeytinyağı (sızma) ticari bir firmadan satın alma yoluyla temin edilmiştir. Üretimde kullanılan zeytinyağının yağ asitleri bileşimi, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yöntem

Hammadde analizleri yapılan örnekler daha sonra kantaron yağı üretiminde kullanılmıştır. Üretim çalışmalarında hasattan sonra oda şartlarında gölgede bir gece bekletilen bitkilerden faydalanılmıştır. Bu amaçla bitkinin çiçekli kısmı (yaklaşık 10-15 cm) kullanılmış, hammaddeler taze olarak ticari firmalarda da uygulanan geleneksel yöntemlere göre maserasyon işlemine tabi tutulmuştur (ortam sıcaklığında) (Arsic, 2016). Araştırma kapsamında kantaron yağı üretim parametrelerinin optimizasyonu amacıyla etkisi araştırılan faktörler Çizelge 1'de verilmiştir.

Farklı bitki yağ oranlarında hazırlanan kantaron yağ örnekleri optimizasyon parametrelerinin tespiti amacıyla gölge ve güneş olmak üzere iki farklı ortama 120 gün süreyle bırakılmıştır. Bu sürenin belirlenmesinde geleneksel uygulamaların yanında literatür verilerinden faydalanılmıştır (Arsic, 2016). Bu aşamada örnekler belirli aralıklarla bir kaşık yardımı ile zaman zaman karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Bu süreç içerisinde ilki 15. gün olmak üzere farklı aralıklarla başta etken madde olmak üzere bazı kalite analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma kapsamında uygulanan üretim parametreleri

Bitki (g) 100 mL yağ ⁻¹	Maserasyon ortamı	Maserasyon süresi (gün)
10	Gölge	15
15		30
20	Güneş	60
25		120

Örneklerde kurumadde tayini volumetrik yöntemle Türk Standartları (TS 2134)'e göre yapılmıştır (TSE, 2008). Kül miktarı ise örneğin 500±5°C'de tamamen yakılmasıyla saptanmıştır (Anonim, 1983). Uçucu yağ miktarları klevenger cihazında hidrodistilasyon yöntemi ile belirlenmiştir (TSE, 2011). Bu amaçla kantaron yağı üretiminde kullanılan kısım (bitkinin çiçekli kısmından 15 cm) değerlendirilmiştir. Üretimde kullanılan zeytinyağının yağ asitleri bileşim analizi Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı analiz Metotları tebliğine göre yapılmıştır (Anonim, 2014). Yağ asitleri bileşim analizi GC/MS-FID (Gaz kromatografisi (Agilent 7890A)-kütle dedektör (Agilent 5975C)) cihazı ile kapiler kolon (HP Innowax Capillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde uygulanan kolon sıcaklık programı, 150°C'den 230°C'ye 2°C dakika⁻¹ ile yükselme ve 230°C'de 10 dakika tutma (toplam analiz süresi 50 dakika) şeklinde olmuştur. Bileşim tanımlamasında MS dedektörünün WILEY7N, NIST05, OIL ADAMS kütüphane verilerinden faydalanılmıştır. Yağ asitlerinin oranlarının belirlenmesinde ise FID dedektöründen elde edilen veriler kullanılmıştır.

Örneklerin serbest yağ asitliği (TSE, 2020) ve peroksit sayısı analizleri titrimetrik yöntemle belirlenmiştir (TSE, 2017). Serbest yağ asitliği değerleri oleik asit cinsinden oransal olarak hesaplanmıştır. Örneklerin kırılma indisi dijital refraktometre yardımıyla belirlenmiştir. Ölçümler 20°C'de gerçekleştirilmiştir (TSE, 2017).

Örneklerde toplam fenolik madde miktarı metanol ile elde edilen ekstraktın soğutmalı ultrasantrifüj ile 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilerek berraklaştırılmasıyla elde edilen ekstraktlarda yapılmıştır. Örneklerin toplam fenolik madde içeriğini belirlemek amacıyla elde edilen ekstraktan 100 µL alınıp üzerine 900 µL saf su, 5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi ve 4 ml Na₂CO₄ çözeltisi (75 g L⁻¹) ilave edilerek iyice karıştırılıp 2 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Bu süre sonunda karışımın absorbans değerlerinin UV-Vis spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda okunmasıyla toplam fenolik madde miktarı hesaplama yoluyla tespit edilmiştir. Ölçümlere geçmeden önce gallik asitten 0, 50, 100 ve 200 mg 100 mL⁻¹'lik çözeltiler hazırlanarak standart kurve oluşturulmuştur (Spanos ve Wrolstad, 1990).

Pseudohiperisin, Hiperisin ve Hiperforin Analizi

Örneklerin etken madde analizleri Isacchi ve ark. (2007)'ye göre yapılmıştır. Hammadde ve hazırlanan yağ örneklerinden ekstraksiyon işlemi farklı şekillerde gerçekleştirilmiştir. Hammadde olarak kullanılacak bitkilerden ekstraksiyon işlemi 40°C'de yapılan kurutma işlemi takiben gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1 g örnek metanol ile ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra soğutmalı ultrasantrifüjde 5000 rpm'de 5 dakika süreyle berraklaştırılan ekstrakt 0.45 µm filtreden geçirilerek LC-MS/MS cihazına enjekte edilmiştir.

Yağ örneklerinden ise ekstraksiyon işlemi kloroform:metanol (4:6) ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0.5 g yağ örneği 4.5 mL çözügenle ekstrakte edildikten sonra filtrasyon işlemi takiben LC-MS/MS cihazına enjekte edilmiştir. Örneklerin etken madde bileşimi analizinde C18 kolonda (Zorbax SB-C18, HT 2.1x50 mm, 1.8 µm), kolon sıcaklığı 35 °C, mobil faz olarak ise su:methanol (A, 95:5, 5 mM amonyum format, %0.01 formik asit) ve metanol (B, 5 mM amonyum format, %0.01 formik asit) kullanılmış olup akış hızı 0.3 mL dakika⁻¹'dir. Etken madde analiz şartları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Pseudohiperisin, hiperisin ve hiperforin analiz şartları

Süre (dakika)	A (%)	B (%)
0.00	95	5
0.50	95	5
2.00	20	80
5.00	10	90
11.00	5	95
12.00	5	95
12.10	95	5
13.00	95	5

Deneme üretim parametrelerinin optimizasyonu aşamasında tesadüf parsellerinde faktöriyel düzende üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Analizler ise iki paralelli olarak yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar SAS paket programı kullanılarak varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuştur (Düzgüneş ve ark., 1987).

Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında öncelikle kantaron yağı üretiminde kullanılan bitkisel materyalin tam çiçeklenme döneminde tanımlayıcı hammadde analizleri ve kantaron yağı üretim çalışmalarında kullanılan zeytinyağının yağ asitleri bileşim analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3). Avrupa Farmakopesi'nde kantaron için maksimum toplam kül düzeyi %7 olarak belirtilmiştir (Anonymous, 2008). Araştırmada kullanılan materyal %2.05 kül içeriği ile bu anlamda farmakope değerleri ile uyumludur. Araştırmada kullanılan bitkisel materyalin uçucu yağ miktarı kurumadde üzerinden %0.114 olmuştur. Avrupa İlaç Ajansı - Bitkisel Tıbbi Ürünler Komitesi tarafından hazırlanan sarı kantaron değerlendirme raporunda uçucu yağ miktarının %0.1-0.25 aralığında olduğu belirtilmiştir (Anonymous, 2009). FFD Monograflarında da kantaron için uçucu yağ miktarı %0.05-0.3 aralığı olarak bildirilmiştir (Varel, 2007). Bitki için elde edilen bulgular verilen limit değerler ile uyum göstermektedir. Araştırma kapsamında analiz edilen örneklerin toplam fenolik madde içeriği 131.68 mg g⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kantaronun özellikle fenolik bileşiklerden hiperozit, kuersetin, rutin, kamferol, luteolin, biapigenin, klorogenik asit, kafeik asit gibi bileşenlerce de zengin olduğu belirtilmektedir (Klemow ve ark., 2011, Seyis ve ark., 2020). Çalışma kapsamında öncelikle kantaron bitkisinin ve bu bitkilerden elde edilen ürünlerin etken maddelerinden olan pseudohiperisin, hiperisin ve hiperforin bileşenlerinin LC-MS/MS cihazı ile analiz amaçlı

optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda bu bileşenlerin analizi için elde edilen optimizasyon parametreleri Çizelge 4'te yer almaktadır.

Çizelge 3. Kantaronun bazı kimyasal özellikleri ve zeytinyağının yağ asitleri bileşimi (ortalama±standart hata).

Kantaron (bitki)		Zeytinyağı	
Özellik	Miktar	Bileşen	%
Toplam kurumadde (%)	50.82±1.75	Palmitik asit	11.72±0.160
Toplam kül (%)	2.05±0.18	Palmitoleik asit	0.60±0.040
Toplam uçucu yağ (%)	0.150±0.008	Stearik asit	2.62±0.030
Toplam fenolik (mg GAE g kuru örnek ⁻¹)	131.68±7.02	Oleik asit	73.91±0.980
Hiperisin (mg 100 g kuru örnek ⁻¹)	48.21±2.13	Linoleik asit	10.09±0.730
Hiperforin (% kuru örnek üzerinden)	2.93±0.15	Linolenik asit	0.65±0.040
Pseudohiperisin (mg 100 g kuru örnek ⁻¹)	70.66±4.78	Araşidik asit	0.42±0.030

Çizelge 4. Hiperisin, hiperforin, pseudohiperisin bileşenlerinin optimizasyon parametreleri

Bileşen adı	Ana iyon	Parçalanma iyonları	Fragmentor voltajı	Çarpışma enerjisi	Polarite
Pseudohiperisin	519.0	486.9	240	52	Negatif
		421.0		55	
Hiperisin	503.0	404.9	180	59	Negatif
		486.9		50	
Hiperforin	535.3	313.0	140	29	Negatif
		243.0		45	

Uçucu yağ miktarı oldukça düşük düzeyde olan kantaron bitkisi etken maddelerden hiperforin açısından oldukça önemli bir kaynaktır. Örneklerdeki hiperforin miktarı %2.93 olarak tespit edilmiştir. Saddiçe ve ark. (2010) kantaron bitkisinin hiperforin oranını %2-4.5 aralığı olarak bildirmişlerdir. Yine FFD Monograflarında da bu etken maddenin %2-4.5 aralığında olması gerektiği belirtilmiştir. Bu etken maddeyi miktar bakımından pseudohiperisin ve hiperisin bileşenleri takip etmiştir. Avrupa İlaç Ajansı Bitkisel Tıbbi Ürünler Komitesi tarafından hazırlanan sarı kantaron değerlendirme raporunda naftodiantronlar grubunda yer alan pseudohiperisin, hiperisin, protohiperisin, protopseudohiperisin, siklopseudohiperisin gibi bileşenlerin toplam miktarının %0.06-0.4 aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Anonymous, 2009). Çakmak ve Bayram (2003) tarafından Muğla'da yedi farklı lokasyonda doğal populasyonlarda gerçekleştirilen çalışmada *Hypericum perforatum* türünün spektrofotometrik yöntemle belirlenen toplam hiperisin içeriğinin %0.132-0.307 aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bayram ve ark. (2004) Ege Bölgesi'nin farklı yörelerinden toplanan *Hypericum perforatum* türlerinin Bornova-İzmir koşullarında kültürel üretimin yıllara göre hiperisin içerikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada da örneklerin toplandığı lokasyon ve yıllara göre hiperisin içeriklerinin %0.170-0.274 aralığında değişim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Amir Nia ve Bayram (2005) tarafından yapılan çalışmada da klonal olarak çoğaltılmış iki yıllık veriler üzerinden 18 farklı *Hypericum perforatum* örneğinin toplam hiperisin içeriğinin %0.135-0.291 olduğu kaydedilmiştir. Kaçar ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise bitkinin gün içerisinde hasat zamanı ve bitkinin kullanılan kısmına (çiçek, tomurcuk, kapsül) göre toplam

hiperisin içeriğinin %0.198-0.310 aralığında dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Dresler ve ark. (2018) da bitkinin orijini, hasat zamanı ve kullanılan kısma göre etken madde miktarlarında farklılıklar olabileceğini belirtmişlerdir. Isacchi ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada da tam çiçeklenme döneminde kantaronun pseudohiperisin, hiperisin ve hiperforin içerikleri sırasıyla %0.069, %0.039 ve %3.15 olarak tespit edilmiştir. Araştırma bulgularımız bazı değerlerle benzerlik gösterirken, bazılarında kısmi farklılıklar göstermiştir. Bu farklılığın başta iklim ve toprak yapısı olmak üzere, hasat zamanı, analiz yöntemi gibi birçok faktörden ileri gelebileceği düşünülmektedir.

Bitkisel materyalde yapılan bu analizlerle birlikte kantaron yağı üretiminde kullanılacak zeytinyağının temel kalite parametrelerini ortaya koymak amacıyla da zeytinyağının yağ asidi bileşim analizi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3). Çalışma kapsamında kantaron yağı üretiminde kullanılan zeytinyağının serbest yağ asitliği değeri %1.41, peroksit sayısı da 5.91 mEq O₂ kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, üretimde kullanılan zeytinyağının Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Tebliği kriterlerine göre natürel birinci zeytinyağı sınıfına girdiğini göstermektedir (Anonim, 2017). Araştırmada kullanılan zeytinyağının yağ asitleri bileşimleri de GC-MS/FID cihazı ile belirlenmiştir. Araştırma bulguları zeytinyağının yağ asitleri bileşiminde tekli doymamış yağ asidi olan oleik asidin (%73.91) baskın olduğunu göstermiştir. Doymamış yağ asitlerinden linoleik asit de zeytinyağının önemli bileşenlerinden birisi olup örneklerde %10.09 olarak tespit edilmiştir. Zeytinyağının yapısında oransal olarak en yüksek bulunan doymuş yağ asidi palmitik asit olup oransal miktarı %10'un üzerindedir. Örneklerde önemli oranda bulunan bir diğer doymuş yağ asidi olan stearik asit ise %2.62 olarak tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Tebliği kriterlerine göre tüm sınıf zeytinyağları için oleik, linoleik, palmitik, stearik asit oranları sırasıyla %55-83, %2.5-21, %7.5-20 ve %0.5-5 olarak belirtilmiştir. Belirtilen kriterlere göre üretimde kullanılan zeytinyağı Türk Gıda Kodeksi limit değerleri ile uyumludur (Anonim, 2017).

Hammadde analizleri yapılan örnekler projenin metot kısmında belirtildiği üzere farklı parametreler kullanılarak kantaron yağına işlenmiştir. Farklı yöntemler kullanılarak üretilen kantaron yağı örneklerinin uygulamalara göre etken madde içerik analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

Araştırma sonuçları üretim ortamı, bitki/yağ oranı ve maserasyon süresinin etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermiştir. Hiperisin ve hiperforin içerikleri gölgede üretilen örneklerde daha yüksek iken, pseudohiperisin içeriği güneşte üretilen örnekte daha yüksek tespit edilmiştir. Bitki/yağ oranları değerlendirildiğinde de en yüksek bitki/yağ oranı olan %25 en etkili sonucu vermiştir. Maserasyon süreleri değerlendirildiğinde ise 15. günden 30. güne doğru etken madde miktarlarında artış olduğu, bu süreden sonra ise örneklerde tespit edilen etken madde miktarlarında bir azalış olduğu görülmüştür. Etken madde ekstraksiyonu üzerine uygulanan ekstraksiyon yöntemi ve çözücü yanında bitki/çözücü oranı ve ekstraksiyon süresi gibi birçok faktörün etkili olduğu bildirilmektedir (Aktuna, 2014, Heinrich ve ark., 2017, Koturevic ve ark., 2021). Bu durumun etken madde stabilitesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Miraldi ve ark. (2006) ham bitkisel drog ile bu materyalden üretilen kantaron yağının bileşiminin oldukça farklı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bitkinin aktivitesinden sorumlu hiperforin ve türevleri, hiperisin türevleri gibi bileşenlerin kantaron yağında bulunmadığını rapor etmişlerdir. Ancak çalışmada kantaron yağında hiperforin ve türevlerini içeren toplam floroglusinoller grubu bileşenlerin %0.07 olduğu, toplam hiperisin bileşenlerinin ise tespit edilemediği

bildirilmiştir. Maisenbacher ve Kovar (1992) tarafından yapılan çalışmada da bitkisel yağlarla maserasyon yoluyla elde edilen kantaron yağında hiperisin tespit edilemediği, bunun yerine ürüne de kırmızı rengini veren hiperisinin lipofilik parçalanma ürünlerinin bulunduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca kantaron yağında hiperforin ve flavonoid bileşenlerinin bulunduğu bildirilmiştir. Avrupa İlaç Ajansı Bitkisel Tıbbi Ürünler Komitesi tarafından hazırlanan sarı kantaron taslak değerlendirme raporunda farklı yöntemlerle kantaron yağı üretilebileceği belirtilmiş olup bunlardan birisinin de 1:20 oranında kuru bitki kullanılarak 40 saatlik sıcak maserasyon ile elde edilen ürün olduğu bildirilmiş ve bu üründe de spektrofotometrik yöntemle belirlenen toplam hiperisin içeriğinin %0.005 olduğu bildirilmiştir (Anonymous, 2018). Isacchi ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada da bitkinin farklı kısımları ve farklı şekillerde (taze, kuru) kullanılarak elde edilen kantaron yağlarının etken madde miktarlarını analiz etmişler ve en yüksek hiperforin içeriğine 36.90 µg 100 mg⁻¹ ile meyve kapsülü kullanılarak üretilen ürünün sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. İkinci sıraya ise 26.58 µg 100 mg⁻¹ ile %14 oranında çiçeklenme dönemindeki bitki kullanılan örnek sahip olmuştur. Araştırmacılar tarafından analiz edilen kantaron yağlarında ise hiperisin tespit edilememiştir. Meyve kapsül oluşumu döneminde bitkinin hiperforin içeriğinin daha yüksek olması hiperforin açısından bu dönemde üretilen kantaron yağlarının bu anlamda daha zengin olması sonucunu doğurmuştur. Erdogan Orhan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışma kapsamında Türkiye’de piyasadan temin edilen 21 farklı kantaron yağının pseudohiperisin miktarı 0.135-3.280 µg g⁻¹, hiperisin miktarı da 0.277-6.634 µg g⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Heinrich ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada da kantaron yağı üretiminde zeytinyağının da içerisinde yer aldığı 12 farklı bitkisel yağın kullanılabilirliği araştırılmıştır. Denemede %20 bitki oranına,

Çizelge 5. Farklı yöntemlerle üretilen kantaron yağlarının etken madde içeriklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg L⁻¹, ortalama±standart hata)

Faktör		Hiperisin	Hiperforin	Pseudohiperisin
Ortam	Güneş	0.079 ^a ±0.017	31.51 ^b ±4.17	0.108 ^a ±0.018
	Gölge	0.104 ^a ±0.025	44.70 ^a ±3.90	0.075 ^b ±0.016
Bitki/Yağ oranı	10	0.036 ^c ±0.012	26.03 ^c ±4.78	0.040 ^c ±0.010
	15	0.064 ^c ±0.020	36.87 ^b ±5.31	0.059 ^c ±0.013
	20	0.110 ^b ±0.033	43.67 ^a ±5.93	0.102 ^b ±0.021
	25	0.155 ^a ±0.039	45.87 ^a ±6.64	0.162 ^a ±0.034
Süre (Gün)	15	0.118 ^b ±0.021	40.18 ^b ±1.93	0.188 ^a ±0.029
	30	0.235 ^a ±0.030	69.30 ^a ±3.10	0.121 ^b ±0.012
	60	0.005 ^c ±0.003	26.14 ^c ±4.98	0.009 ^d ±0.003
	120	0.008 ^c ±0.004	16.82 ^d ±1.80	0.046 ^c ±0.016

Her bir uygulama için aynı sütundaki farklı harfler ortalamalar arasında p<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermektedir.

50°C’de 7 günlük maserasyon işlemi uygulanmıştır. Çalışmada hiperisin açısından en başarılı sonucu badem yağının, hiperforin açısından ise Avusturalya’da yetişen makademya fındık yağının verdiği tespit edilmiştir. Flavonoidlerin ekstraksiyonunda da orta zincir uzunluğuna sahip yağ asitleri içeren yağlar daha başarılı sonuç vermiştir. Çalışma bulgularımız da uygulamalara göre farklılıklar olmakla birlikte elde edilen ürünün hiperforine oranla hiperisin ve pseudohiperisin içeriğinin oldukça düşük olduğunu göstermiştir. Ayrıca maserasyon süresine

göre bir değerlendirme yapıldığında da, 60. günden itibaren bu etken madde konsantrasyonlarındaki azalmanın bu bileşenlerin stabilitelelerinin düşük olmasından ileri gelebileceği düşünülmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda başta sıcaklık olmak üzere, ışık, süre gibi faktörlerin bu bileşenlerin stabiliteleleri üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu ortaya konulmuştur (Bilia ve ark., 2001, Cossuta ve ark., 2012, Bergonzi ve ark., 2013). Bu durum da maserasyon aşamasından başlayarak bu bileşenlerin stabilitelelerinin artırılmasına yönelik tedbirlerin (antioksidan madde ilavesi vb) alınmasının faydalı olacağını göstermektedir.

Çalışma kapsamında örneklerin etken madde grupları ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkileri araştırılan maserasyon ortamı, bitki/yağ oranı ve maserasyon süresi gibi faktörlerin kırılma indisi, serbest yağ asitliği (SYA) ve peroksit sayısı (PS) gibi yağ kalite özellikleri üzerine olan etkileri de araştırılmış olup elde edilen analiz bulguları Çizelge 6'da yer almaktadır.

Çizelge 6. Farklı yöntemlerle üretilen kantaron yağlarının bazı kimyasal özelliklerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (ortalama±SH)

Faktör		Kırılma İndisi (nD ₂₀)	SYA (%)	PS (mEq O ₂ kg ⁻¹)
Ortam	Güneş	1.4671 ^{ab} ±0.00004	3.05 ^b ±0.11	25.95 ^a ±1.63
	Gölge	1.4667 ^c ±0.00009	3.53 ^a ±0.23	10.69 ^c ±0.84
Bitki/Yağ oranı	10	1.4670 ^a ±0.00009	2.94 ^c ±0.18	17.10 ^a ±2.45
	15	1.4669 ^{ab} ±0.00011	3.19 ^{bc} ±0.24	18.06 ^a ±2.73
	20	1.4668 ^b ±0.00012	3.41 ^{ab} ±0.28	18.86 ^a ±2.78
	25	1.4668 ^b ±0.00013	3.63 ^a ±0.33	19.26 ^a ±2.85
Süre (Gün)	15	1.4672 ^a ±0.00003	2.52 ^d ±0.03	8.23 ^c ±0.94
	30	1.4671 ^{ab} ±0.00006	2.69 ^c ±0.04	16.62 ^b ±2.16
	60	1.4670 ^{ab} ±0.00007	3.15 ^b ±0.08	22.41 ^{ab} ±2.47
	120	1.4663 ^b ±0.00012	4.81 ^a ±0.26	26.02 ^a ±2.40

Her bir uygulama için aynı sütundaki farklı harfler ortalamalar arasında p<0.05 seviyesinde fark olduğunu göstermektedir.

İstatistiksel değerlendirmede örneklerin kırılma indisi üzerine faktörlerin tamamının etkisi önemli olmuştur. Maserasyon sonucu elde edilmiş örneklerin kırılma indisi değeri gölge ortamında elde edilende, kontrole göre daha düşük bulunmuştur. Bitki/yağ oranının etkisi incelendiğinde artan bitki oranı ile birlikte kırılma indisi değerinde düşüş olduğu görülmüştür. Maserasyon süresindeki ilerleme ile birlikte de bu kalite parametresinde bir düşüş meydana gelmiş ve 1.4663 ile en düşük kırılma indisi değeri 120 günlük maserasyon uygulamasında tespit edilmiştir. Örneklerin serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerlerinde de uygulamalara göre önemli farklılıklar meydana gelmiştir. Uygulama ortamlarına göre bir değerlendirme yapıldığında serbest yağ asitliği değerleri gölgede üretilen örneklerde güneşte gerçekleştirilenlere göre daha yüksek olmuştur.

Zeytinyağlarında asit sayısı olarak da ifade edilen serbest yağ asidi miktarı önemli bir kalite kriteri olup farklı sınıf zeytinyağlarını karakterize etmek için kullanılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'nde Natürel sızma zeytinyağı için üst limit %0.8, natürel birinci zeytinyağı için %2 olarak bildirilmiştir (Anonim, 2017). Serbest yağ asitliği zamanla lipaz enzimi, ısı ve ışık gibi etkenlerden etkilenerek artmaktadır. Bu artış ransidite ya da acılaşıma adı verilen kalite kusurunun oluşmasına yol açmaktadır. Maserasyon süresinin serbest yağ asitliği üzerine olan etkisi değerlendirildiğinde de artan süre ile birlikte örneklerin serbest yağ

asitliğinde bir artış olduğu görülecektir. En yüksek serbest yağ asitliği değeri %4.81 ile 120 günlük uygulamada tespit edilmiştir. Yağlarda meydana gelen bozulmanın önemli göstergelerinden birisi de oksidasyon derecesi hakkında fikir veren peroksit sayısıdır. Peroksit sayısı, yağlarda bulunan etkin oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda bulunan peroksit olarak bağlı oksijenin milieşdeğer-gram cinsinden miktarı olarak ifade edilmektedir. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği'nde peroksit sayısı için üst limit natürel sızma ve natürel birinci zeytinyağı için 20 mEq O₂ kg⁻¹ olarak bildirilmiştir (Anonim, 2017). Bu kalite parametresi de uygulamalar arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Güneşte elde edilen örneklerin peroksit sayısı gölgede üretilenlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu beklenen bir durumdur. Nitekim güneş ışığı ve sıcaklık peroksit oluşumunda önemli faktörlerdir. Bitki/yağ oranı ise örneklerin peroksit sayısında rakamsal olarak bazı farklılıklara neden olsa da bu istatistiksel anlamda önemsiz düzeyde kalmıştır. Örneklerin peroksit sayısı maserasyon süresinden de önemli derecede etkilenmiştir. Bu da beklenen bir durumdur. Örneklerin peroksit sayısı değeri maserasyon süresindeki artışa paralel olarak artmıştır. Kracmar ve ark. (2019) zeytinyağının depolandığı ortam sıcaklığı ve ışık, oksijen konsantrasyonu gibi faktörlerin peroksit sayısı ve serbest yağ asitliği değerleri üzerinde arttırıcı etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kantaron yağının üretiminde uygulanan maserasyon işleminin tüm olumsuzlukları içermesi ürün kalitesinde bu anlamda negatif gelişmelere neden olmuştur. Ancak araştırma kapsamında tespit edilen en uygun 30 günlük maserasyon süresi dikkate alındığında serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı için kabul edilebilir limitler içerisinde kaldığı görülecektir.

Sonuç

Araştırma sonucunda; elde edilen analiz bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, kantaron yağı üretiminde etken madde ve fonksiyonel özellikler bakımından gölgede 30 günlük bir maserasyon süresinin en başarılı sonucu verdiği görülmektedir. Çalışmada, bitki/yağ oranı bakımından da en yüksek değer olan %25'lik bitki oranının en başarılı sonucu verdiği belirlenmiştir. Ancak prosesin uygulanabilirliği değerlendirildiğinde (maserasyon süresince yapılan karıştırma işleminde karşılaşılan problemler) %20'lik bir bitki oranının bu anlamda daha yerinde olabileceği düşünülmektedir. Deneme faktörlerinin aynı zamanda üretimde kullanılan zeytinyağının temel kalite parametrelerinden olan serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı gibi özelliklerinde önemli değişimlere neden olduğu da tespit edilmiştir. Kantaron yağında tespit edilen etken madde miktarlarının bitkide tespit edilen etken madde miktarlarına göre oldukça düşük düzeyde kaldığı görülmüştür. Bunun etken maddelerin çözünürlüğü (polar özellikte olan hiperisin) yanında stabilitesi ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Elde edilen araştırma bulguları kantaron yağında etken madde ekstraksiyon verimliliğinin artırılması ve ürün stabilitesine yönelik araştırma çalışmalarının yapılmasının ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Teşekkür ve Bilgi Notu

Bu makalede araştırma ve yayın etiği kurallarına uyulmaktadır. Çalışmada etik kurul onayına gerek duyulmamaktadır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Makale TAGEM/TBAD/16/A04/P06/01 nolu Tarımsal Araştırma ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen projesinin bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışmayı destekleyen TAGEM'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Aktuna, Ö. 2014. Optimization of Hypericin Extraction from *Hypericum perforatum* L. Tissues and Evaluation of Its Applicability in Dye-Sensitized Solar Cells. M.Sc. thesis, Middle East Technical University, Biotechnology Department.
- Altan, A., Damlar, İ., Aras, M.H. ve Alpaslan, C. 2015. Sarı kantaronun (*Hypericum perforatum* L.) yara iyileşmesi üzerine etkisi. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 24(4): 578-591.
- Amir Nia, R. ve Bayram, E. 2005. Geliştirilmiş sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) klonlarının bazı agronomik ve teknolojik özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2): 11-22.
- Anonim 1983. *Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri*. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü, Yayın No: 62, Ankara.794 ss.
- Anonim 2014. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Analiz Metotları Tebliği, Resmi Gazete, Sayı: 29181.
- Anonim, 2017. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği, (Tebliği No: 2017/26), Resmi Gazete, Sayı: 30183.
- Anonymous 2008. St. John's Wort Hyperici Herba. European Pharmacopeia, p: 29858-2959.
- Anonymous 2009. Assesment Report on *Hypericum perforatum* L., Herba. Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC). European Medicines Agency Evaluation of Medicines for Human Use. London, 77 pp.
- Anonymous 2018. Assesment Report on *Hypericum perforatum* L., Herba, Draft. Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC). European Medicines Agency Evaluation of Medicines for Human Use. London, 144 pp.
- Arsic, I. 2016. Preparation and characterization of St. John's wort herb extracts using olive, sunflower and palm oils. *Acta Facultatis Medicae Naissensis*, 33(2): 119-126.
- Arsic, I., Zugic, A., Antic, D.R., Zdunic, G., Dekanski, D., Markovic, G. and Tadic, V. 2010. *Hypericum perforatum* L. Hypericaceae/Guttiferae sunflower, olive and palm oil extracts attenuate cold restraint stress – induced gastric lesions. *Molecules*, 15: 6688-6698.

- Barnes, J., Anderson L.A. and Phillipson, J.D. 2001. St John's Wort (*Hypericum perforatum* L.): A review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 53: 583-600.
- Bayram, E., Geren, H., Avcı, A.B. ve Arabacı, O. 2004. Farklı kökenli bazı sarı kantaron (*Hypericum perforatum* l.) populasyonlarının verim ve kalite özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2): 49-58.
- Bergonzi, M.C., Isacchi, B. and Bilia, A.R. 2013. Octanoyl-6-O-ascorbic acid: An efficient antioxidant with potent solubilising properties the case of active constituents from Saint John's wort. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 23(5): 505-509.
- Bilia, A.R., Bergonzi, M.C., Morgenni, F., Mazzi, G. and Vincieri, F.F. 2001. Evaluation of chemical stability of St. John's wort commercial extract and some preparations. *International Journal of Pharmaceutics*, 213: 199-208.
- Cossuta, D., Vatai, T., Bathori, M., Hohmann, J., Keve, T. and Simandi, B. 2012. Extraction of hyperforin and hypericin from St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) with different solvents. *Journal of Food Process Engineering*, 35: 222-235.
- Çakmak, H.E. ve Bayram, E. 2003. Muğla orijinli sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) populasyonlarının bazı agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1): 57-64.
- Dresler, S., Kovacik, J., Strzemeski, M., Sowa, I. and Wojciak-Kosior, M. 2018. Methodological aspects of biologically active compounds quantification in the genus *Hypericum*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 155: 82-90.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1021, Ankara, 229 ss.
- Erdelmeier, C.A.J, Koch, E. and Hoerr, R. 2000. *Hypericum perforatum*-St. John's wort chemical, pharmacological and clinical aspects: Studies in natural products chemistry, Ed.: Rhaman, A., Elsevier Science, New York, pp: 643-716.
- Erdogan Orhan, İ., Kartal, M., Gülpinar, A.R., Cos, P., Matheussen, A., Maes, L. and Tasdemir, D. 2013. Assessment of antimicrobial and antiprotozoal activity of the olive oil macerate samples of *Hypericum perforatum* and their LC-DAD-MS analyses. *Food Chemistry*, 138: 870-875.
- Erdogan Orhan, I., Kartal, M., Gülpinar, A.R., Yetkin, G., Orlikova, B., Diederich, M. and Tasdemir, D. 2014. Inhibitory effect of St. John's wort oil macerates on TNF α -induced NF- κ B activation and their fatty acid composition. *Journal of Ethnopharmacology*, 155: 1086-1092.
- Güneş, S. and Tihminlioğlu, F. 2017. *Hypericum perforatum* incorporated chitosan films as potential bioactive wound dressing material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102: 933-943.
- Heinrich, M., Vikuk, V., Daniels, R., Stintzing, F.C. and Kammerer, D.R. 2017. Characterization of *Hypericum perforatum* L. (St. John's wort) macerates prepared with different fatty oils upon processing and storage. *Phytochemistry Letters*, 20: 470-480.

- Isacchi, B., Bergonzi, M.C., Carnevali, F. Van Der Esch, S.A., Vincieri, F.F. and Bilia, A.R. 2007. Analysis and stability of the constituents of St. John's wort oils prepared with different methods. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 45: 756–761.
- Jaric, S., Kostic, O., Mataruga, Z., Pavlovic, D., Pavlovic, M., Mitrovic, M. and Pavlovic, P. 2018. Traditional wound-healing plants used in The Balkan Region (Southeast Europe). *Journal of Ethnopharmacology*, 211: 311–328.
- Kaçar, O., Göksu, E. and Azkan, N. 2008. Effects of morphogenetic and diurnal variability on the hypericin content in St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7(13): 2163-2168.
- Klemow, K.M., Bartlow, A., Crawford, J., Kochev, N., Shah, J. and Ritsick, M. 2011. Medical attributes of St. John's Wort (*Hypericum perforatum*): Herbal medicine biomolecular and clinical aspects, Ed.: Benzie, I.F.F., Wahtel-Galor, S., CRC Press. New York, pp: 211-237.
- Koturevic, B., Adnadjevic, B. and Jovanovic, J. 2021. Comparative kinetic analysis of total hypericin extraction from *Hypericum perforatum* flowers carried out under simultaneous external physical field and cooling reaction system operational conditions. *Chemical Engineering Research and Design*, 165: 106-117.
- Kracmar, S., Fiserova, M., Prikrylova, V., Fiserova, L., Malek, Z. and Tvrznic, P. 2019. Storage of extra virgin olive oil and its impact on fatty acid levels. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(5): 1228-1230.
- Kwiecien, I., Nicosia, N. and Ekiert, H. 2021. Cultivation of *Hypericum perforatum* (St. John's Wort) and biotechnological approaches for improvement of plant raw material quality: Medicinal Plants. Sustainable Development and Biodiversity, Ed.: Ekiert, H.M., Ramawat, K.G., Arora, J., Springer, Switzerland. pp: 253-291.
- Maisenbacher, P. and Kovar, K.A. 1992. Analysis and stability of *Hyperici oleum*. *Planta Medica*, 58(4): 351-354.
- Miraldi, E., Biagi, M. and Giachetti, D. 2006. Chemical constituents and effect of topical application of *Oleum hyperici* on skin sensitivity to simulated sun exposure. *Natural Product Communications*, 1(3): 2009-2013.
- Monteiro, M.C., Dias, A.C.P., Costa, D., Almeida-Dias, A. and Criado, M.B. 2022. *Hypericum perforatum* and its potential antiplatelet effect. *Healthcare*, 10: 1774.
- Mutlubaş, H. ve Özdemir, Z.Ö. 2020. *Hypericum perforatum*'un geleneksel tıp alanındaki uygulamaları. *Journal of Integrative and Anatolian Medicine*, 1(3): 10-22.
- Ng, J.Y. 2023. Trends in the St. John's wort (*Hypericum perforatum*) research literature: a bibliometric analysis. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 20(1): 172-180.
- Nobakht, S.Z., Akaberi, M., Mohammadpour, A.H., Moghadam, A.T. and Emami, S.A. 2022. *Hypericum perforatum*: Traditional uses, clinical trials, and drug interactions. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 25: 1045-1058.

- Ozkan, G., Kamiloglu, S., Ozdal, T., Boyacioglu D. and Capanoglu, E. 2016. Potential use of Turkish medicinal plants in the treatment of various diseases. *Molecules*, 21(3): 257-288.
- Saddiqa, Z., Naeem, I. and Maimoona, A. 2010. A review of the antibacterial activity of *Hypericum perforatum* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 131: 511–521.
- Seyis, F., Yurteri, E., Özcan, A. and Cirak, C. 2020. Altitudinal impacts on chemical content and composition of *Hypericum perforatum*, a prominent medicinal herb. *South African Journal of Botany*, 135: 391-403.
- Sezik, E., Yeşilada, E., Honda, G., Takaishi, Y., Takeda, Y. and Tanaka, T. 2001. Traditional medicine in Turkey X. Folk medicine in Central Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 75: 95–115.
- Spanos, G.A. and Wrolstad, R.E. 1990. Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(3): 817-824.
- Süntar, I.P., Akkol, E.K., Yılmaz, D., Baykal, T., Kırmızıbekmez, H., Alper, M. and Yeşilada, E. 2010. Investigations on the in vivo wound healing potential of *Hypericum perforatum* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 127(2): 468–477.
- Şengül, F., Çakır, M., Öztürk, B., Çakmak, A.N. ve Vatansev, H. 2021. Sarı kantaron'a dair (*Hypericum perforatum* L.): Morfoloji, etki mekanizmaları, aktivite, yan etkileri ve ilaç etkileşimlerinin incelenmesi. *Journal of Natural Life Medicine*: 3(1): 1-37
- TSE 2008. TS 2134-Baharat - Rutubet Miktarı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 2011. TSE EN ISO 6571-Baharatlar, Çeşniler ve Tıbbi Bitkiler - Uçucu Yağ Muhtevasının Tayini (hidrodistilasyon yöntemi). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 2020. TS EN ISO 660-Hayvansal ve Bitkisel Katı ve Sıvı Yağlar-Asit Sayısı ve Asitlik Tayini (titrimetrik metot). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 2017. TS EN ISO 3960-Hayvansal ve Bitkisel Katı ve Sıvı yağlar-Peroksit Değeri Analizi (iyodometrik (görsel) son nokta tayini). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Varel, M. 2007. *Hypericum perforatum* binbirdelikotu, sarı kantaron: Tedavide kullanılan bitkiler Ed.: Demirezer, L.Ö., Ersöz, T., Saracoğlu, İ., Şener, B., Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, s: 129-138.
- Wölflle, U., Seelinger, G. and Schempp, C.M. 2014. Topical application of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.). *Planta Medica*, 80: 109–120.



Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants from the *Apiaceae* Family^A

Ozum OZOGLU^{1*}, Sema DEMİR², Seyma KOKTEN CEKİRDEK³,
Mihriban KORUKLUOĞLU⁴

Abstract: In this study, the antimicrobial activity of some medicinal plant seeds from the *Apiaceae* family which are anise, cumin, and fennel was investigated. Moreover, ethanol (80%) and methanol (80%) extracts of anise, cumin, and fennel seeds and essential oils of them were performed for this aim. *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Streptococcus mutans* ATCC 25175 and *Listeria monocytogenes* ATCC7644 were utilized as test microorganisms. Then, essential oils and ethanol extracts of cumin seeds showed the highest antimicrobial effects on almost all of the test microorganisms. While methanol extracts of fennel seeds had the highest antimicrobial effects against *St. mutans* and *B. subtilis* when compared to other methanol extracts. Additionally, methanol extracts of anise seeds indicated the highest effect on *E. coli*. However, all types of medicinal plant seeds had antimicrobial effects on test microorganisms in various severities (7.00-20.00 mm zone diameter) except *L. monocytogenes*. Thus, the results support existing scientific evidence for the evaluation of these plants as natural antimicrobial agents in several industries including food and drugs.

Keywords: Anise, antimicrobial activity, cumin, fennel.

^A This study does not require ethics committee approval. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Bursa Uludag University, 16059 Bursa, Türkiye, ozoglu@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3600-142X](https://orcid.org/0000-0003-3600-142X)

² Central Research Institute of Food and Feed Control, Osmangazi 16036, Bursa, Türkiye, sema.demir@tarimorman.gov.tr, [OrcID 0000-0003-2610-7466](https://orcid.org/0000-0003-2610-7466)

³ Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Bursa Uludag University, 16059 Bursa, Türkiye, seymakokten@hotmail.com, [OrcID 0009-0009-7721-9696](https://orcid.org/0009-0009-7721-9696)

⁴ Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Bursa Uludag University, 16059 Bursa, Türkiye, mihriban@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3043-1904](https://orcid.org/0000-0003-3043-1904)

Atıf/Citation: Ozoglu, O., Demir, S., Kokten Cekirdek, S. and Korukluoglu, M. 2024. Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants from the *Apiaceae* Family. *Bursa Uludag Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 38(2), 437-447.. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1531490>

Apiaceae Ailesine Ait Bazı Tıbbi Bitkilerin Antimikrobiyel Aktiviteleri

Öz: Bu çalışmada, *Apiaceae* familyasından olan anason, kimyon ve rezene gibi bazı tıbbi bitki tohumlarının antimikrobiyel aktivitesi araştırılmıştır. Ayrıca, bu amaçla tohumların etanol (%80) ve metanol (%80) ekstraktları ile uçucu yağları incelenmiştir. *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Streptococcus mutans* ATCC 25175 ve *Listeria monocytogenes* ATCC7644 test mikroorganizmaları olarak kullanılmıştır. Kimyon tohumlarının uçucu yağları ve etanol ekstraktları, test mikroorganizmalarının hemen hemen hepsi üzerinde en yüksek etkiyi göstermiştir. Rezene tohumlarının metanol ekstraktları, diğer metanol ekstraktlarıyla karşılaştırıldığında *St. mutans* ve *B. subtilis*'e karşı en yüksek etkiye sahiptir. Ayrıca, anason tohumlarının metanol ekstraktları *E. coli* üzerinde en yüksek etkiyi göstermiştir. Yine de tüm tıbbi bitki tohumları, *L. monocytogenes* hariç test mikroorganizmaları üzerinde çeşitli düzeylerde (7,00-20,00 mm zon çapı) antimikrobiyel etki göstermiştir. Sonuç olarak; çalışmanın bulguları, bu bitkilerin gıda ve ilaç da dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde doğal antimikrobiyel ajanlar olarak değerlendirilmesi için mevcut bilimsel kanıtları desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Anason, antimikrobiyel aktivite, kimyon, rezene.

Introduction

Homemade medicines from medicinal plants have been used since the first times of human civilization. Essential oils and extracts of medicinal and aromatic plants are reported to show various biological activities like antimicrobial, anti-inflammatory, and antioxidant activities and some are classified as safe substances, and utilized to inhibit the growth of pathogenic microorganisms and contaminants for food safety and meet public health. A chemical compound of the plant extract or essential oils contains various significant antimicrobial ingredients that are secondary metabolites like terpenoids, phenols, alkaloids, and flavonoids. These components have a hydrophobicity that divides in the lipids of the cell membrane and mitochondria to increase the permeability of them. As a consequence of the rising occurrence of antibiotic-resistant pathogens, identifying and isolating new bioactive compounds from medicinal plants applying standardized modern analytical procedures has become vital. Then, compounds of medicinal plants could provide new approaches to struggle with pathogenic bacteria (Khorsandi et al., 2018; Özoğlu and Altuntaş, 2019; Tao et al., 2021; Vaou et al., 2021; Özoğlu et al., 2022; Kukhtenko et al., 2024).

Apiaceae (*Umbelliferae*) is a large and well-known medicinal plant family originating from the Mediterranean region, India and Iran, widely used their broad spectrum of therapeutic effects. Antimicrobial, antioxidant, therapeutic, and insecticidal effects of the family were known. Cumin (*C. cyminum* L.), fennel (*Foeniculum vulgare* L.), and anise (*Pimpinella anisum* L.) are some of them that have been used as flavor enhancer, and preservatives in food products for centuries (Pecarski et al., 2017; Akbar, 2020; Demir and

Korukluoglu, 2020; Hajlaoui et al., 2021; Das et al., 2022; Thiviya et al., 2022; Hamada Saoud et al., 2023; Önder et al., 2024). Cumin (*C. cyminum* L.) is a high antioxidant capacity traditional medicinal plant. Commonly used as a spicy flavor for food due to desirable taste and also have strong carminative, painkiller, antitumor, anti-angiogenic and antibacterial characteristics (Alizadeh et al., 2019; Demir and Korukluoglu, 2020; Asgari et al., 2021; Ghasemi et al., 2022; Önder et al., 2024). Similarly, fennel (*Foeniculum vulgare* L.) has high antioxidant with intense radical quenching activity and antimicrobial properties. Essential oil of fennel is also rich in volatile compounds that provides utilization in food products or packing as safety (Ribeiro-Santos et al., 2018; Barrahi et al., 2020; Alsalman et al., 2021; Ben Abdesslem et al., 2021; Abd-Elhafeez et al., 2023; Önder et al., 2024). Also, anise (*Pimpinella anisum* L.) is other member of the *Apiaceae* (*Umbelliferae*) family known for antioxidant and antimicrobial activities. Besides, it is applied in the treatment of osteoarthritis, gastritis, skin irritation and flu. Essential oil content is similar to fennel and abundant with volatile compounds, especially anothole (Mahdavi et al., 2018; Mijiti et al., 2019; AlBalawi et al., 2023; Önder et al., 2024).

In light of the information, antimicrobial activity properties of ethanol and methanol extracts and essential oil of anise, cumin, coriander, and fennel seeds that belong the *Apiaceae* family were investigated in the present study.

Material and Methods

Medicinal Plants

Seeds of anise (*Pimpinella anisum* L.), cumin (*Cuminum cyminum* L.), and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*) were chosen for the evaluation of antimicrobial activity in this study. Then, their seeds were supplied as a commercial product that originated from Burdur, Konya, Isparta and Antalya (Türkiye), respectively. Seeds were ground in a mill (FRITSCH Pulverisette 14) to a particle size of 1 mm for use in analyses, and stored at -18°C. Then, the extracts were prepared to follow by modifying Roby et al.'s methods (Roby et al., 2013). For this purpose, methanol (80%) and ethanol (80%) were purchased from Merck KGaA, Darmstadt, Germany. Then, extractions were performed at room temperature for 24 hours in a shaking water bath (nüve ST30). Subsequently, the extracts were filtered with Whatman paper (No 4) and the solvents were evaporated (Roby et al., 2013; Demir and Korukluoglu, 2020). The essential oils were obtained according to the method of European Pharmacopoeia using a Clevenger-type apparatus (EDQM, 2024; Ali et al., 2015).

Antimicrobial Activity

Gram-negative; *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076, Gram-positive; *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Streptococcus mutans* ATCC 25175 and *Listeria monocytogenes* ATCC7644 were chosen as test microorganisms. All of the test microorganisms were obtained from Bursa Uludağ University Food Engineering Department, Türkiye, and stored in 15% glycerol at -80°C in a freezer. All of the test microorganisms were activated twice in Tryptic Soy Broth (Millipore, Germany) at 37°C.

The antimicrobial activity of the extracts and essential oils of the seeds was performed by following the Kirby Bauer disk diffusion method by the Clinical and Laboratory Standards Institutes (Bauer et al., 1966; CLSI, 2018; Özkan Karabacak et al., 2021). The initial load of the microorganisms was adjusted in a sterile 0.85% NaCl (w/v) solution to obtain approximately 10^8 CFU.mL⁻¹ with the McFarland. Then, the method followed spreading 100 µL of the suspensions on plates containing Tryptic Soy Agar. Then, sterilized 5 mm in diameter paper discs prepared utilizing Whatman filter paper were placed onto each plate. Subsequently, 10 µL each of the extracts was dropped in each paper disk. An equal volume of ethanol and methanol were performed as a negative control, while ampicillin (10 µg) and vancomycin (50 µg) were as a positive control. The plates were incubated at 37 °C for 18-24 hours. After incubation, the plates were evaluated for the formation of a clear inhibition zone around the disk, indicating the presence of the antimicrobial effect. The diameters of inhibition zones were measured. All experiments were performed in triplicate.

Statistical Analysis

Data collected during the study were statistically analyzed using Minitab. Results were verified by statistical one-way analysis of variance (ANOVA). Moreover, the statistically significant differences among the values were determined by Tukey's test ($p < 0.05$).

Results and Discussion

The antimicrobial activity of seed extracts was assessed by Disc Diffusion Assay and the results are presented in Table 1.

Table 1. Diameters of the inhibition zones (mm) against *S. Enteritidis*, *St. mutans*, *E. coli*, *L. monocytogenes* and *B. subtilis* of the essential oils and various extracts of test seeds from *Apiaceae* family.

Sample	Seeds	<i>Salmonella</i> <i>Enteritidis</i>	<i>Streptococcus</i> <i>mutans</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Direct Essential Oil	Cumin	15.00 ^{A,ab}	8.50 ^{AB,b}	20.00 ^{A,A}	13.00 ^{A,ab}	11.00 ^{A,ab}
	Anise	7.50 ^{C,ab}	7.00 ^{C,b}	7.75 ^{CD,a}	nd	7.00 ^{C,b}
	Fennel	7.50 ^{C,b}	7.00 ^{C,c}	7.75 ^{CD,ab}	nd	8.50 ^{B,a}
Methanol Extracts	Cumin	7.75 ^{C,a}	nd	7.00 ^{D,b}	nd	nd
	Anise	nd	7.75 ^{B,b}	9.50 ^{BC,a}	nd	nd
	Fennel	7.00 ^{D,bc}	9.50 ^{B,a}	7.00 ^{D,bc}	nd	7.25 ^{C,b}
Ethanol Extracts	Cumin	11.50 ^{B,a}	11 ^{A,a}	10.25 ^{B,b}	nd	7.25 ^{C,c}
	Anise	10 ^{B,a}	8.00 ^{B,c}	9.25 ^{BC,b}	nd	nd
	Fennel	7.75 ^{C,a}	nd	7.00 ^{D,b}	nd	7.00 ^{C,b}

*Data are presented as mean (n = 3)

**nd: not determined

***Values followed by the different capital superscript letters in columns and small superscript letters in rows indicate significant differences ($p < 0.05$)

Antimicrobial activity of the samples was classified as weak (inhibition zone < 12 mm), moderate (inhibition zone between 12 - 20 mm) and strong (inhibition zone \geq 20 mm) (Rota *et al.*, 2008; Denev *et al.*, 2014; Altuntas and Korukluoglu, 2024). Antibiotic zones are observed as ranking 13-17 mm and 13-19 mm (except *E. coli*) for Ampicilin and Vancomycin respectively. According to the results presented in Table 1, cumin seeds exhibited the highest antimicrobial activity with inhibition zone diameters ranging from 8.50 to 20.00 mm against the test microorganisms. Moreover, the essential oil extracted directly from the cumin seeds is more effective on all test microorganisms. Then, the only strong antimicrobial activity was obtained from cumin essential oil against *E. coli* with 20 mm zone diameter. The effect is higher than the antibiotic discs. So, the studied cumin essential oil has an advantageous as a natural antimicrobial agent instead of drugs against *E. coli*. This is a significant result considering antibiotic resistance among microorganisms that a vital issue for public health in recently (Özoğlu *et al.*, 2022; Thakur *et al.*, 2024; Wirtu *et al.*, 2024). Also, moderate antimicrobial activities observed against *S. Enteritidis* and *L. monocytogenes* by cumin essential oil. Apart from these, all the seed extracts demonstrated antimicrobial activity even weak level against all test microorganisms except *L. monocytogenes*. Then, the effect was altered on the microorganisms and the alteration was statistically significant ($p < 0.05$). For example, essential oils and ethanol extracts from cumin seeds had the highest effect against all test microorganisms while methanol extracts from anise seeds had on *E. coli*. Similarly, methanol extracts of fennel seeds showed the most intense effect on *St. mutans* when, cumin seeds showed on *S. Enteritidis*. Hence, the antimicrobial effects of the seeds were not directly associated with the type of the performed plants and extraction solvents. Then, the reason of this could be that the antimicrobial activity is connected not solely to the overall phenol content but also linked to the varieties, structures, and synergistic effect between the active compounds of the extracts. In other words, the effect of the solvent is related to the type of the plant, the extracted part of the plant, features of the bioactive compounds (Vaou *et al.*, 2021; Önder *et al.*, 2024). Moreover, these issues could be effective in different ways according to test microorganisms in the current study.

Overall, the inhibition effect of the medicinal plant seeds was generally decreased by essential oil, ethanol extract and methanol extract, respectively. It is known that ethanol and methanol are most commonly used extract solvents (Vaou *et al.*, 2021; Archana and Geetha Bose, 2022; Nwozo *et al.*, 2023). Commonly, methanol extract is a more strong solvent for the dissolubility of bioactive compounds when compared to other solvents like ethanol, ethyl acetate, water etc. (Vaou *et al.*, 2021; Archana and Geetha Bose, 2022; Nwozo *et al.*, 2023). However, mostly ethanol extracts of the seeds indicated more considerable antimicrobial effects on test microorganisms compared to methanol ones in the current study. This could be related with the compound of interest that has inhibition effects on test microorganisms (da Silva Martins *et al.*, 2022; Tarfaoui *et al.*, 2022). Also, strong effects of the ethanol extracts ones are a promising result due to more safety of the ethanol in terms of human health and the environment especially considering using in food matrixes (da Silva Martins *et al.*, 2022; Turkmen *et al.*, 2022). Apart from these, essential oils have outstanding antimicrobial effect because of the synergistic effects of some active compounds rather than single compounds (Vaou *et al.*, 2021; Archana and Geetha Bose, 2022; Nwozo *et al.*, 2023). Similar results were obtained in the study that investigated the antibacterial effects of *Zingiber officinale* Roscoe and *Elettaria cardamomum* (L.) Maton essential oils and

ethanol, methanol extracts on *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus Mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Candida tropicalis* and *Candida albicans*. Essential oils, ethanol extracts and methanol extracts of the plants showed antimicrobial effects with decreased 24-7 mm zone diameters on test microorganisms, respectively. Also, some of the plants did not show any inhibition effects on some test microorganisms contrary to findings from many studies in the literature (Tarfaoui et al., 2022; Mihai et al., 2023; Önder et al., 2024). Additionally, the extraction method is a significant parameter to determine the antimicrobial and antioxidant characteristics of medicinal aromatic plants (da Silva Martins et al., 2022). As an example the study about the effect of solvents on aniseed aerial plant extraction using soxhlet and ultrasound methods indicated that organic solvent extracts showed higher antimicrobial activity compared to aqueous extracts. Besides, the highest antimicrobial activity of the ethanolic extract obtained from ultrasound extraction when compared soxhlet (Bontzolis et al., 2024). Therefore, this may explain the variability in antimicrobial effectiveness observed with different extraction solvents, which often lacks consistency.

In a study evaluating the antimicrobial activity of thymus and cumin extracts (ethanol and water) and their nanoparticle against *S. Enteritidis*, the cumin ethanol extract showed a higher effect than thyme oil, thyme and cumin mixture and water extract ones, similar to the findings in the current study (Sh.AL.siraj et al., 2022). Another study performed antimicrobial activity of cumin essential oil against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *Listeria innocua* and *Candida albicans*. Then, essential oil of the cumin in different concentrations has various ranged antimicrobial effects up to type of the test microorganisms like the present study (Alizadeh et al., 2019). Similarly, a study carried out with zein electrospun fibers including different concentrations of cumin essential oil indicated antimicrobial activity with different ratios of cumin on *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Bacillus cereus*, and *Salmonella enterica* (Ghasemi et al., 2022).

In a study investigating chromatographic profile, acute toxicity, antioxidant, and antimicrobial characteristics of Algerian wild fennel essential oils, antimicrobial and strong antifungal activity was observed on *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *B. subtilis*, *Candida albicans* and *Saccaromyces cerevisiae*. Moreover, the essential oil was more effective on *B. subtilis* than *E.coli*, consistent with the findings of the current study (Dahmani et al., 2022). Likely, antimicrobial activity of fennel essential oils was supported by the study performed for identification of chemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities of wild fennel essential oils from southeast Algeria. The study indicated that test bacteria which were *Pseudomonas aeruginosa*, *B. subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Staphylococcus aureus* more sensitive to seeds and flowers of the fennel than leaves (Hamada Saoud et al., 2023).

The antimicrobial effects of anise on multidrug-resistant bacteria were evaluated in a study aimed at determining the chemical constituents, antioxidant potential, and antimicrobial efficacy of *Pimpinella anisum*. *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis* and *Staphylococcus aureus* were chosen as test microorganisms and methanol extracts were used in the study. Then, antimicrobial activity observed was between 17.56-22.86 mm zone diameter (AlBalawi et al., 2023). The higher values observed in the study could be related origin and part of the plant and extraction methods (Vaou et al.,

2021; da Silva Martins et al., 2022; Mihai et al., 2023). Antimicrobial activity of anise and fennel essential oils were determined against *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *S. Typhimurium*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Mucor racemosus*, *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus arrhizus*, *Candida albicans*, *Debaryomyces hansenii* and *Pichia membranifaciens*. Afterward, antimicrobial activities were observed with 8-26 mm and 9-33 mm zone diameters for anise and fennel, respectively (Abd-Elhafeez et al., 2023). Thus, the results of the study supported the findings of the present study.

The study investigating antimicrobial activity of *Ficifolius A. Rich* root which is an Ethiopian indigenous wart curing medicinal plant, *S. aureus* and *E. coli* were chosen as test microorganisms. To the results, the crude extracts (oil) of the medicinal plant showed antimicrobial activity with zone diameters at 6.67 and 10.67 mm while, they are 28.67 and 30 mm for positive control antibiotics against *S. aureus* and *E. coli*, respectively (Adem et al., 2024). Therefore, the results are pretty similar to the current study. Then, the current study has higher antimicrobial activity results. While both of the studies have lower antimicrobial activity results compared to antibiotic discs, the results proved that the medicinal plants exhibit remarkable inhibition effects on the pathogen microorganisms. Besides, more detailed antimicrobial studies like MIC (minimum inhibitory concentration) /MBC (minimum bactericidal concentration) are required suitable comparison for antibiotic drugs (Rota et al., 2008; Adem et al., 2024; Altuntas and Korukluoglu, 2024; Wirtu et al., 2024).

Conclusion

Medicinal aromatic plants and their essential oils and extracts have been extensively studied due to their antimicrobial, antioxidant, and antiinflammatory properties. However, there is lack of adequate literature information on the antimicrobial effects of these plants due to the effects could be changed based on type, origin, and part of the plant and also test microorganisms or obtaining/performing methods. Hence, three seeds of medicinal plants from the *Apiaceae* family that are anise, cumin, fennel and their essential oils, methanol, and ethanol extracts were evaluated for antimicrobial activity characteristics against *S. Enteritidis*, *St. mutans*, *E. coli*, *L. monocytogenes* and *B. subtilis*. Then, all of the samples exhibited antimicrobial effects at varying levels depending on test microorganisms. With this, the study promoted the antimicrobial effects of some *Apiaceae* family members to be considered utilizing as natural antimicrobial agents. Therefore, much more studies are required in this area.

Acknowledgments

This study does not require ethics committee approval. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics. Material preparation, data collection, and analyses were performed by Ozum Ozoglu, Sema Demir and Seyma Kokten Cekirdek. The original draft was written by Ozum Ozoglu. The conception of

the study was planned by Mihriban Korukluoglu. Ozum Ozoglu and Mihriban Korukluoglu contributed to the design of the study. All the authors have read and approved the final manuscript. There was no conflict of interest between the authors.

References

- Abd-Elhafeez, E., Ramadan, B., Abou-El-Hawa, S. and Rashwan, M. 2023. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Anise and Fennel Essential Oils. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*, 54(2): 127–140.
- Adem, Y., Yesuf, K., Getachew, S. and Derbie, K. 2024. Phytochemical property and antimicrobial activity of *Ficifolius A. Rich* root extract: Advancing Ethiopian indigenous wart curing medicinal plant. *Heliyon*, 10(11): e31921.
- Akbar, S. 2020. *Trachyspermum ammi* L. Sprague Apiaceae/Umbelliferae: *Handbook of 200 Medicinal Plants*, Ed: Akbar, S., Springer, Switzerland, pp: 1825–1834.
- AlBalawi, A.N., Elmetwalli, A., Baraka, D.M., Alnagar, H.A., Alamri, E.S. and Hassan, M.G. 2023. Chemical Constituents, Antioxidant Potential, and Antimicrobial Efficacy of *Pimpinella anisum* Extracts against Multidrug-Resistant Bacteria. *Microorganisms*, 11(4):1024.
- Ali, A., Tabanca, N., Ozek, G., Ozek, T., Aytac, Z., Bernier, U.R., Agramonte, N.M., Baser, K.H.B. and Khan, I.A. 2015. Essential oils of *Echinophora lamondiana* Apiales: *Umbelliferae*: A relationship between chemical profile and biting deterrence and larvicidal activity against mosquitoes Diptera: Culicidae. *Journal of Medical Entomology*, Entomological Society of America, 52(1): 93–100.
- Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. and Falah, F. 2019. Cumin essential oil: Phytochemical analysis, antimicrobial activity and investigation of its mechanism of action through scanning electron microscopy. *Microbial Pathogenesis*, 136(19): 103716.
- Als Salman, A.H., Aboalhaja, N., Talib, W., Abaza, I. and Afifi, F. 2021. Evaluation of the Single and Combined Antibacterial Efficiency of the Leaf Essential Oils of Four Common Culinary herbs: Dill, Celery, Coriander and Fennel Grown in Jordan. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 24(2): 317–328.
- Archana, H. and Geetha Bose, V. 2022. Evaluation of phytoconstituents from selected medicinal plants and its synergistic antimicrobial activity. *Chemosphere*, 287: 132276.
- Altuntas, S. and Korukluoglu, M. 2024. Biological activity of optimized phenolic extracts of quince (*Cydonia oblonga* Miller) parts before and after simulated in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 437: 137846.
- Asgari, H.T., Es-haghi, A. and Karimi, E. 2021. Anti-angiogenic, antibacterial, and antioxidant activities of nanoemulsions synthesized by *Cuminum cyminum* L. tinctures. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4): 3649–3659.

- Barrahi, M., Esmail, A., Elhartiti, H., Chahboun, N., Benali, A., Amiyare, R., Lakhrissi, B., Rhaïem, N., Zarrouk, A. and Ouhssine, M. 2020. Chemical composition and evaluation of antibacterial activity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) seed essential oil against some pathogenic bacterial strains. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 18(4): 295–307.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C. and Turck, M. 1966. Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4): 493–496.
- Ben Abdesslem, S., Boulares, M., Elbaz, M., Ben Moussa, O., St-Gelais, A., Hassouna, M. and Aider, M. 2021. Chemical composition and biological activities of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) essential oils and ethanolic extracts of conventional and organic seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1): 1–13.
- Bontzolis, C. D., Dimitrellou, D., Plioni, I., Kandylis, P., Soupioni, M., Koutinas, A. A. and Kanellaki, M. 2024. Effect of solvents on aniseed aerial plant extraction using soxhlet and ultrasound methods, regarding antimicrobial activity and total phenolic content. *Food Chemistry Advances*, 4: 100609.
- CLSI. 2018, *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically* (11 Th Ed.) CLSI Standard M07, Clinical Laboratory Standards Institute, 188p.
- da Silva Martins, L.H., Komesu, A., de Oliveira, J.A.R., Bichara, C.M.G., Gomes, P.W.P. and Rai, M. 2022. Antimicrobial activity of extracts and essential oils of medicinal plants occurring in Amazonia: Nanotechnology as a boon to enhance bioactivity. *Promising Antimicrobials from Natural Products*, Springer International Publishing, pp: 31–52.
- Dahmani, K., Moghrani, H., Deghbar, N., Ouarek, S., Allaf, K. and Arab, K. 2022. Algerian wild fennel essential oils: chromatographic profile, acute toxicity, antioxidant, and antimicrobial activities. *Chemical Papers*, Versita, 76(3): 1639–1652.
- Das, G., Das, S., Talukdar, A.D., Venil, C.K., Bose, S., Banerjee, S., Shin, H.-S., Gutiérrez-Grijalva, E.P., Heredia, J.B. and Patra, J.K. 2022. Pharmacology and Ethnomedicinal Potential of Selected Plants Species from Apiaceae Umbelliferae. *Combinatorial Chemistry and High Throughput Screening*, 26(2): 256–288.
- Demir, S. and Korukluoglu, M. 2020. A comparative study about antioxidant activity and phenolic composition of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 19(2): 383–393.
- European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare 2024. European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare. <https://www.edqm.eu/en/home> (Date of access: 9.07.2024).
- Ghasemi, M., Miri, M.A., Najafi, M.A., Tavakoli, M. and Hadadi, T. 2022. Encapsulation of cumin essential oil in zein electrospun fibers: characterization and antibacterial effect. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(2): 1613–1624.
- Hajlaoui, H., Arraouadi, S., Noumi, E., Aouadi, K., Adnan, M., Khan, M.A., Kadri, A. and Snoussi, M. 2021. Antimicrobial, Antioxidant, Anti-Acetylcholinesterase, Antidiabetic, and Pharmacokinetic Properties of

- Carum carvi* L. and *Coriandrum sativum* L. Essential Oils Alone and in Combination. *Molecules*, 26(3625): 1-18.
- Hamada Saoud, D., Hadjadj, S., Bencheikh, S.E., Goudjil, M.B., Bouafia, A., Ladjel, S. and Mena, F. 2023. Phytochemical screening of aerial organs of wild fennel essential oils from southeast Algeria: identification of chemical composition, antioxidant, and antimicrobial activities. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2024(14): 16257–16271.
- Khorsandi, A., Ziaee, E., Shad, E., Razmjooei, M., Eskandari, M.H. and Aminlari, M. 2018. Antibacterial effect of essential oils against spoilage bacteria from vacuum-packed cooked cured sausages. *Journal of Food Protection*, 81(8): 1386–1393.
- Kukhtenko, H., Bevz, N., Konechnyi, Y., Kukhtenko, O. and Jasicka-Misiak, I. 2024. Spectrophotometric and Chromatographic Assessment of Total Polyphenol and Flavonoid Content in *Rhododendron tomentosum* Extracts and Their Antioxidant and Antimicrobial Activity. *Molecules*, 29(5): 1095.
- Mahdavi, V., Hosseini, S.E. and Sharifan, A. 2018. Effect of edible chitosan film enriched with anise (*Pimpinella anisum* L.) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger. *Food Science and Nutrition*, 6(2): 269–279.
- Mihai, E., Gaspar-pintiliescu, A., Ciucan, T., Prelipcean, A., Tomescu, J., Neagu, M. and Ciunescu, O.C.R.Ă. 2023. COMPARATIVE STUDY ON THE COMPOSITION, ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF FENNEL HYDROLATES. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, XXVII(1): 67–74.
- Mijiti, Y., Abulimiti, A., Obulkasim, A., Mirzaakhmedov, S.Y., Ziyavitdinov, D.F., Yili, A., Salikhov, S.I. and Aisa, H.A. 2019. Isolation and Characterization of a New Antimicrobial Peptide from *Pimpinella anisum* Seeds. *Chemistry of Natural Compounds*, 55(5): 914–917.
- Nwozo, O.S., Effiong, E.M., Aja, P.M. and Awuchi, C.G. 2023. Antioxidant, phytochemical, and therapeutic properties of medicinal plants: a review. *International Journal of Food Properties*, 26(1): 359–388.
- Önder, S., Periz, Ç.D., Ulusoy, S., Erbaş, S., Önder, D. and Tonguç, M. 2024. Chemical composition and biological activities of essential oils of seven Cultivated *Apiaceae* species. *Scientific Reports*, 14(1): 1–12.
- Özkan Karabacak, A., Özoğlu, Ö., Durgut, S., Bağatırlar, S.R., Kaçar, O., Tamer, C.E. and Korukluoğlu, M. 2021. Development of purple basil *Ocimum basilicum* L. sherbet fortified with propolis extract using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6): 4972–4991.
- Özoğlu, Ö. and Altuntaş, E.G. 2019. Efficiency of a Herbal Liquid Extract Mixture for the Prevention of *Salmonella* Growth in Whipped Cream. *Natural and Engineering Sciences*, 4(1): 65–75.
- Özoğlu, Ö., Gumustas, M., Özkan, S.A. ve Altuntaş, E.G. 2022. Doğal Fermente Gıdalardan İzole Edilen Muhtemel Laktik Asit Bakterilerinin Antimikrobiyal Aktiviteleri ve Laktik Asit Üretim Düzeylerinin İncelenmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36(1): 25–40.
- Pecarski, D., Dragičević-čurić, N. and Jugović, Z. 2017. Chemical composition, antifungal and antibacterial potential of fennel (*Foeniculum vulgare*) and cumin (*Carum carvi*) essential oils (*Apiaceae*). *Bulgarian*

Journal of Crop Science, 54(1): 66–72.

- Ribeiro-Santos, R., Ventura, L.A.F., Santos, D.C., Melo, N.R. and Costa, B.S. 2018. Effects of oregano, cinnamon, and sweet fennel essential oils and their blends on foodborne microorganisms. *International Food Research Journal*, 25(2): 540–544.
- Roby, M.H.H., Sarhan, M.A., Selim, K.A.H. and Khalel, K.I. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products*, 44: 437–445.
- Rota, M. C., Herrera, A., Martínez, R. M., Sotomayor, J. A. and Jordán, M. J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control*, 19(7): 681–687.
- Sh.AL.siraj, S., El-Tawab, A.A.A., EL-Hofy, F.L. and Elmasry, D.M.A. 2022. Comparison between antimicrobial activity of thymus and cumin extracts and their nanoparticle on *Salmonella enteritidis*. *Benha Veterinary Medical Journal*, 43(1): 51–59.
- Tao, R., Sedman, J. and Ismail, A. 2021. Antimicrobial activity of various essential oils and their application in active packaging of frozen vegetable products. *Food Chemistry*, 360(April): 29956.
- Tarfaoui, K., Brhadda, N., Ziri, R., Oubihi, A., Imtara, H., Haida, S., Al Kamaly, O.M., Saleh, A., Parvez, M.K., Fettach, S. and Ouhssine, M.. 2022. Chemical Profile, Antibacterial and Antioxidant Potential of *Zingiber officinale* Roscoe and *Elettaria cardamomum* (L.) Maton Essential Oils and Extracts. *Plants*, 11(11): 1487.
- Thiviya, P., Gunawardena, N., Gamage, A., Madhujith, T. and Merah, O. 2022. Apiaceae Family as a Valuable Source of Biocidal Components and their Potential Uses in Agriculture. *Horticulturae*, 8(7): 614.
- Turkmen, B., Altuntas, E.G., Demirel, G., Ozoglu, O. and Ayhan, K. 2022. Does Daily Consumed Herbal Tea Have an Inhibitory Effect on Dental Plaque Formation ?. *Journal of Biological and Environmental Sciences JBES*, 16(47): 33–42.
- Vaou, N., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsigalou, C. and Bezirtzoglou, E. 2021. Towards Advances in Medicinal Plant Antimicrobial Activity: A Review Study on Challenges and Future Perspectives. *Microorganisms*, 9(10): 2041.
- Wirtu, S. F., Ramaswamy, K., Maitra, R., Chopra, S., Mishra, A. K. and Jule, L. T. 2024. Isolation, characterization and antimicrobial activity study of *Thymus vulgaris*. *Scientific Reports*, 14(1): 1–10.



Recent Advances on the Potential Control of *Rhyzopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae)^A

Osman Nuri YARAŞIR¹, Alperen Kaan BÜTÜNER^{2*}, Hilal SUSURLUK³

Abstract: In agricultural production areas, various factors contribute to yield losses under pre-harvest and post-harvest storage conditions. Among these factors, agricultural pests stand out as a primary concern. For many years, pesticides have been utilized as part of chemical control measures to control pest populations. However, the identification of the toxic effects of pesticides on non-target organisms and particularly, the residue problems affecting humans directly under storage conditions have led to restrictions on pesticide use. This has prompted the emergence of alternative pest control methods. This review focuses on recent studies related to potential control methods that have shown promising results as alternatives to pesticides in the management of *Rhyzopertha dominica*, a significant stored-product pest.

Keywords: Amorphous silica, diatomaceous earth, entomopathogenic nematodes, lesser grain borer.

^A This study does not require ethics committee approval. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Alperen Kaan Bütüner, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye. e- mail: alperenbutuner@uludag.edu.tr [OrcID 0000-0002-2121-3529](https://orcid.org/0000-0002-2121-3529)

¹ Osman Nuri Yaraşır, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye. e- mail: nuri_osman99@hotmail.com [OrcID 0009-0000-5502-2205](https://orcid.org/0009-0000-5502-2205)

³ Hilal Susurluk, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Nilüfer, Bursa, Türkiye. e- mail: hilalsusurluk@uludag.edu.tr [OrcID 0000-0002-8329-8855](https://orcid.org/0000-0002-8329-8855)

***Rhyzopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae)'nın Potansiyel Kontrolüne İlişkin Son Gelişmeler**

Öz: Tarımsal üretim yapılan alanlarda hasat öncesi ve hasat sonrası depolama koşullarında, çeşitli faktörler ürünlerdeki verim kayıplarına neden olmaktadır. Bunlar arasında ise tarımsal zararlılar birincil faktör olarak öne çıkmaktadır. Zararlılarla mücadelede uzun yıllardır kimyasal mücadele kapsamında pestisitler kullanılmaktadır. Ancak, pestisitlerin hedef dışı organizmalar üzerindeki toksik etkileri ve depo koşullarında insan sağlığını doğrudan etkileyen kalıntı problemleri nedeniyle, pestisit kullanımına getirilen kısıtlamalar alternatif mücadele yöntemlerinin önem kazanmasına neden olmuştur. Bu derleme, önemli bir depolanmış ürün zararlısı olan *Rhyzopertha dominica*'nın mücadelesinde kullanılan pestisitlere alternatif olabilecek son yıllarda umut vaat eden sonuçlar elde etmiş olan potansiyel kontrol yöntemleriyle ilgili son çalışmalara odaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Amorf silika, biyolojik mücadele, diatom toprağı, entomopatojen nematodlar, ekin kambur biti.

Introduction

In agricultural production areas, numerous factors cause yield losses both before and after harvest (Oerke, 2006; Bütüner and Susurluk, 2023a; Bütüner et al., 2024a). One of the primary factors contributing to these losses is pests. Agricultural pest can inflict damage on plants in field conditions before harvest and can also lead to significant yield post-harvest losses in storage conditions (Dhaliwal et al., 2010; Culliney, 2014; Sánchez-Bayo, 2021; Bütüner et al., 2023; Bütüner and Susurluk, 2023b). Among agricultural pests that cause substantial yield losses in storage facilities, *Rhyzopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae) is one of the key pest (Emekci et al., 2004; Bütüner et al., 2024a).

Rhyzopertha dominica is indeed a notable pest in the realm of grain storage. This species presents a major risk to stored grains like corn, wheat, rice, and sorghum in numerous regions globally (Yüksel et al., 2019). Both adult and larvae of *R. dominica* contribute to the deterioration of stored grain quality as they feed (Perez-Mendoza et al., 1998; Mahroof et al., 2010; Arthur et al., 2012; Edde, 2012; Bütüner et al., 2024a). The life cycle of *R. dominica* begins with adult females laying eggs shortly after mating. Typically, each female can lay between 300 to 500 eggs during her reproductive period (Chaudhry and Price, 1992; Deshwal et al., 2018; Bütüner et al., 2024a). Once the eggs hatch, the larvae emerge and begin their destructive feeding habits. They penetrate grains or consume flour and small particles that escape from holes created by adults. Adult *R. dominica* also exacerbates the damage by entering grains to feed and continue developing. This continuous cycle of egg laying, larval feeding, and adult feeding allows *R. dominica* to potentially complete 3 to 4 generations per year under favorable conditions (Beckett and Morton, 2003; Majeed et al., 2015; Javanmard et al., 2023).

Pesticides have been employed for many years as a chemical control method to manage pests, and their use persists to this day (Sabzevari and Hofman, 2022; Ore et al., 2023; Bütüner et al., 2024b). However, recent European Union (EU) decisions have led to restrictions on pesticide use in agricultural production areas, particularly in storage facilities for pest management (Marchand and Robin, 2019; Dede et al., 2022). Some of the main reasons for these restrictions are the harmful effects pesticides on non-target organisms and the residues they leave on stored products. (Zhang et al., 2011; Malhotra and Aman, 2024; Sood, 2024). This situation has increased the need to prioritize alternative pest management methods over chemical control.

Recently, many studies have focused on controlling *R. dominica* in storage conditions. These studies seek to develop strategies to minimize yield losses from *R. dominica* in storage facilities and manage pest populations effectively. Researches focusing on biological control methods, the use of different compounds, and substances such as diatomaceous earth and amorphous silica have taken significant steps in identifying effective strategies against this pest (Canhilal, 2016; Yüksel et al., 2019; Bütüner et al., 2024; Cao et al., 2024; Ertürk et al., 2024; Mortazavi et al., 2024). In this context, recent years have seen a review of promising scientific studies aimed at potential control alternatives to chemical control for *R. dominica*.

Potential Control of *R. dominica* by Synthetic Compounds

Rhyzopertha dominica, known as the lesser grain borer, shows varying responses to different compounds (Kerbel et al., 2024; Mostafa et al., 2024; Salman et al., 2024). Cao et al. (2024) found that different volatile substances from grains triggered attractant responses, with wheat proving particularly effective. Salman et al. (2024) demonstrated that combining essential oils from cinnamon, cumin, dill, rosemary, lavender, and garlic with gamma radiation resulted in toxic effects on adults. Additionally, Çılığın et al. (2024) suggested that laurel and mint could potentially be lethal to *R. dominica*. Iqbal et al. (2024) observed that an extract from *Moringa oleifera* (Brassicales: Moringaceae) leaves caused up to 81% mortality in *R. dominica*, indicating its potential as a biological pesticide. Similarly, Ertürk et al. (2024) tested compounds such as disodium octaborate tetrahydrate, ammonium tetrafluoroborate, sodium metaborate tetrahydrate, and calcium metaborate for controlling *R. dominica*, finding that disodium octaborate tetrahydrate achieved 100% mortality. These studies underscore the growing research focus on this topic in recent years (Kerbel et al., 2024; Mahmood et al., 2024; Mostafa et al., 2024; Salman et al., 2024).

Potential Control of *R. dominica* by Entomopathogenic Nematodes

Entomopathogenic nematodes (EPNs) have become increasingly popular for controlling storage pests in recent years (Bütüner and Susurluk, 2023a; Nawab and Javed, 2023; Yüksel et al., 2023; Vargas et al., 2024; Yaraşır et al., 2024). However, most studies have been limited to laboratory conditions. Additional research is required to assess the effectiveness of various EPN species against these pests, particularly under warehouse conditions, to

facilitate their practical application. Recent research has investigated the potential of using EPNs to control *R. dominica*. Bütüner et al. (2024a) applied various doses of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH hybrid strain, *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) TUR-S4 isolate, *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) TUR-S3, and S-Bilecik isolates to adult *R. dominica*, achieving mortality rates of up to 93.33%. These results indicate promising potential for controlling *R. dominica*. However, for effective utilization in warehouses, the integration of EPN traps, which are either mechanized or simply designed, with attractants that can have a attractive effect on pests, could potentially be practical and effective in the control of warehouse pests.

Potential Control of *R. dominica* by Diatomaceous Earth and Amorphous Silica

In recent years, studies have shown the effectiveness of diatomaceous earth mixed with grains in laboratory experiments against storage pests (Milosavljević et al., 2024; Susurluk and Bütüner, 2024; Wakil et al., 2024). Mortazavi et al. (2024) conducted a study where instead of mixing diatomaceous earth with grains, they applied it directly onto concrete surfaces, achieving mortality rates of up to 90% on adult *R. dominica*. These results suggest promising alternatives to pesticides, especially in empty warehouse applications. Similarly, Manivannan et al. (2024) investigated two different samples of amorphous silica applied to wheat grains against *R. dominica*, observing mortality rates exceeding 90% following prolonged exposure. In recent years, researchers have conducted studies to evaluate the efficacy of diatomaceous earth and amorphous silica on *R. dominica* (Baliota et al., 2024; Wakil et al., 2024).

Conclusion

Pesticides have long been used to control pests. However, due to their residues, the direct application of pesticides onto products enters the consumption chain, especially under storage conditions. Consequently, restrictions imposed on pesticide usage highlight the importance of eco-friendly alternative methods for pest management (Sabzevari and Hofman, 2022; Ore et al., 2023; Bütüner et al., 2024b). Within the scope of this study, recent studies that focused on alternative methods in the control of *R. dominica* have been reviewed. Specifically, the design and integration of specific traps in storage facilities for the effective use of organisms such as EPNs and compounds like diatomaceous earth, and amorphous silica are considered highly effective in potential control of storage pests such as *R. dominica*. In this context, the authors are working on the design of a trap intended for potential use in controlling storage pests such as *R. dominica*.

Acknowledgements

All authors contributed to the conception and design of the study. All the authors have read and approved the final manuscript. This study did not require approval from the ethics committee. The article was prepared in accordance with research and publication ethics. This study received no funding, and the authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- Arthur, F. H., Ondier, G. O. and Siebenmorgen, T. J. 2012. Impact of *Rhyzopertha dominica* (F.) on quality parameters of milled rice. *Journal of Stored Products Research*, 48: 137-142.
- Baliota, G. V., Rumbos, C. I. and Athanassiou, C. G. 2024. Residual efficacy of two diatomaceous earths from Greece for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) on wheat and maize. *Insects*, 15(5): 319-331.
- Beckett, S. J. and Morton, R. 2003. Mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) at grain temperatures ranging from 50 °C to 60 °C obtained at different rates of heating in a spouted bed. *Journal of Stored Products Research*, 39(3): 313-332.
- Bütüner, A. K., Şahin, Y. S., Erdinç, A. and Erdoğan, H. 2023. Machine Learning-Based Detection and Severity Assessment of Sunflower Powdery Mildew: A Precision Agriculture Approach. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2): 387-400.
- Bütüner, A. K. and Susurluk, İ. A. 2023a. Pathogenicity of Turkish entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) on the rice weevil: *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3): 541-547.
- Bütüner, A. K. and Susurluk, A. 2023b. Efficiency of temperature and storage duration on some morphological measurements and reproductive capacity of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae)'s Turkish HBH hybrid strain. *Turkish Journal of Entomology*, 47(4): 469-476.
- Bütüner, A. K., Ergene, E., İktan, M., Sepin, S., Susurluk, H. and Susurluk, İ. A. 2024a. Impact of some entomopathogenic nematode isolates on the mortality and penetration rate of *Rhyzopertha dominica* and *Tenebrio molitor*. *Crop Protection*, 179: 106629.
- Bütüner, A. K., Şahin, Y. S., Erdinç, A., Erdoğan, H. and Lewis, E., 2024b. Enhancing pest detection: Assessing *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage intensity in field images through advanced machine learning. *Journal of Agricultural Sciences*, 30(1): 99-107.
- Canhilal, R. 2016. The use of entomopathogens in the controlling of insect pests of stored product. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LIX,

- Cao, Y., Jian, L., Athanassiou, C. G., Yang, Y., Hu, Q., Zhang, X., Dai, F. and Maggi, F., 2024. Behavioral responses of *Rhyzopertha dominica* (F.) to volatiles of different stored grains. *Journal of Stored Products Research*, 105: 102235.
- Chaudhry, M. Q. and Price, N. R. 1992. Comparison of the oxidant damage induced by phosphine and the uptake and tracheal exchange of ³²P-radiolabelled phosphine in the susceptible and resistant strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 42(2): 167-179.
- Çilgım, E. and Keçeci, M. 2024. Insecticidal activity of essential oils derived from lavender, laurel and peppermint against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 26(1): 1-16.
- Culliney, T. W. 2014. Crop losses to arthropods. Integrated Pest Management: *Pesticide Problems*, 3: 201-225.
- Dede, E., Bütüner, A. K. and Susurluk, A. 2022. Biocontrol potential of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 (Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH hybrid strain against the beet webworm, *Loxostege sticticalis* L., 1761 (Lepidoptera: Pyralidae). *Turkish Journal of Entomology*, 46(4): 399-405.
- Deshwal, R., Gupta, P. K., Vaibhav, V., Kumar, N. and Kumar, A. 2018. Biology of lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* Fab.), under different temperature and humidity at laboratory condition. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4): 364-368.
- Dhaliwal, G. S., Jindal, V. and Dhawan, A. K. 2010. Insect pest problems and crop losses: changing trends. *Indian Journal of Ecology*, 37(1): 1-7.
- Edde, P.A. 2012. A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Product Research*, 48: 1–18.
- Emekci, M., Navarro, S., Donahaye, E., Rindner, M. and Azrieli, A. 2004. Respiration of *Rhyzopertha dominica* (F.) at reduced oxygen concentrations. *Journal of Stored Product Research*, 40(1): 27–38.
- Ertürk, S., Atay, T., Alkan, M., Kordalı, Ş., Yılmaz, F., Ghanbari, S., Doğan, C. and Toprak, U. 2024. Boron compounds are effective on *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Stored Products Research*, 107: 102337.
- Iqbal, H., Jahan, N., Ali, S., Shahzad, A. and Iqbal, R. 2024. Formulation of *Moringa oleifera* nanobiopesticides and their evaluation against *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(1): 133-142.
- Javanmard, P., Jafari, S. and Mardani-Talae, M. 2023. The life table parameters of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) reared on nine rainfed barley cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 104: 102195.
- Kerbel, S., Azzi, H., Kadi, H., Fellag, H., Debras, J. F. and Kellouche, A. 2024. Insecticidal activity of crude olive pomace oils from Kabylia (Algeria) against the infestation of *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus oryzae* (L.) in stored wheat grains. *African Entomology*, 32: 1-9.

- Mahmood Mahdi, E., Latef Salman, W. and Q AL-Samarraie, M. 2024. Effects of ginger oil on the life of *Rhyzopertha dominica* (Beetles: Bostrichidae). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 1-6.
- Mahroof, R. M., Edde, P. A., Robertson, B., Puckette, J. A. and Phillips, T. W. 2010. Dispersal of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in different habitats. *Environmental Entomology*, 39(3): 930–938.
- Majeed, M. Z., Mehmood, T., Javed, M., Sellami, F., Riaz, M. A. and Afzal, M. 2015. Biology and management of stored products' insect pest *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae). *International Journal of Biosciences*, 7(5): 78-93.
- Malhotra, K. and Aman, Z. 2024. World agronomy: A study of pesticides usage and its harmful effects. *International Research Journal on Advanced Engineering and Management (IRJAEM)*, 2(06): 1992-2001.
- Manivannan, S., Subramanyam, B. and Siliveru, K. 2024. Efficacy of two amorphous silica powders applied to soft red winter wheat against the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research*, 106: 102264.
- Marchand, P. A. and Robin, D. 2019. Evolution of Directive (EC) No 128/2009 of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Journal of Regulatory Science*, 7: 1-7.
- Milosavljević, M. P., Novljan, M., Košir, I. J., Horvat, A., Šilc, U., Lampiri, E., Athanassiou, C., Bohinc, T., Vidrih, M. and Trdan, S. 2024. Five invasive alien plant powders, Norway spruce (*Picea abies* [L.] H. Karst.) wood ash and diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) adults: are they closer to guns or roses?. *Journal of Stored Products Research*, 105: 102245.
- Mortazavi, H., Toprak, U., Tütüncü, Ş., Ormanoglu, N. and Ferizli, A. G. 2024. Surface application of diatomaceous earth, SilicoSec® is effective on *Sitophilus granarius* and *Rhyzopertha dominica*, but less against *Tribolium confusum*. *Journal of Stored Products Research*, 107: 102334.
- Mostafa, E. M. and Abotaleb, A. O. 2024. Investigating the impact of select oils on mortality and progeny production of *Rhyzopertha dominica* infesting wheat. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Development*, 1(2): 173-187.
- Nawab, B. and Javed, S. 2023. Biocontrol potential of entomopathogenic nematodes against the Khapra beetle *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 56.
- Oerke, E. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1): 31–43.
- Ore, O. T., Adeola, A. O., Bayode, A. A., Adedipe, D. T. and Nomngongo, P. N. 2023. Organophosphate pesticide residues in environmental and biological matrices: occurrence, distribution and potential remedial approaches. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5: 9–23.
- Perez-Mendoza, J., Dover, B. A., Hagstrum, D. W. and Baker, J. E. 1998. Flight activity of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in response to feeding damage and accumulation of waste. *Journal of Economic Entomology*, 91(6): 1445-1448.

- Sabzevari, S. and Hofman, J. 2022. A worldwide review of currently used pesticides' monitoring in agricultural soils. *Science of The Total Environment*, 812: 152344.
- Salman, W. L. and Hamad, S. A. 2024. A study of the effect oil extract of *Moringa oleifera* leaves on the life of *Rhyzopertha dominica*. *International Journal of Pharmaceutical Research* (09752366), 16(1): 36.
- Salman, A., Fouad, H. A., Aziz, A. E., Abd-El Aziz, E. and Abd Allah Abazied, W. A. E. 2024. Efficiency of essential oils and gamma radiation against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Sohag Agriscience (JSAS)*, 9(1): 125-131.
- Sánchez-Bayo, F. 2021. Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. *Toxics*, 9(8): 177.
- Sood, P. 2024. Pesticides usage and its toxic effects—a review. *Indian Journal of Entomology*, 86(1): 339-347.
- Susurluk, H. and Bütüner, A. K. 2024. Effects of a native diatomaceous earth on *Oryzaephilus surinamensis* (L., 1758) (Coleoptera: Silvanidae), and *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 28(1): 49-59.
- Vargas, G., Velazquez-Hernandez, Y., Daniel Greene, A., Yang, X. and Revynthi, A. M. 2024. Entomopathogenic nematodes to control the hibiscus bud weevil *Anthonomus testaceosquamosus* (Coleoptera: Curculionidae), above ground and on soil surface. *Biocontrol*, 69(1): 91-101.
- Wakil, W., Kavallieratos, N. G., Eleftheriadou, N., Haider, S. A., Qayyum, M. A., Tahir, M., Rasool, K. G., Husain, M. and Aldawood, A. S. 2024. A winning formula: sustainable control of three stored-product insects through paired combinations of entomopathogenic fungus, diatomaceous earth, and lambda-cyhalothrin. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(10): 15364-15378.
- Yaraşır, O. N., Ergene, E., Bütüner, A. K., Susurluk, H. and Susurluk, A. 2024. Pathogenicity of the *Steinernema feltiae* TUR-S3 (Rhabditida: Steinernematidae) isolate on *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(2): 409-416.
- Yüksel, E., Canhilal, R. and Imren, M. 2019. Potential of four Turkish isolates of entomopathogenic nematodes against three major stored products insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 83: 317-321.
- Yüksel, E., Ormanoğlu, N., Imren, M. and Canhilal, R. 2023. Assessment of biocontrol potential of different *Steinernema* species and their bacterial symbionts, *Xenorhabdus* species against larvae of almond moth, *Ephesia cautella* (Walker). *Journal of Stored Products Research*, 101: 102082.
- Zhang, W., Jiang, F., Ou, J., 2011. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 1(2): 125.



Üzüksü Meyveler: Sağlıklı Beslenme Üzerine Etkileri^A

Çiğdem KONAK GÖKTEPE^{1*}, Nihat AKIN²

Öz: Beslenme alışkanlıkları ve sağlık arasındaki ilişki, tüketicilerin nutrasötikler açısından zengin diyetler hakkında daha fazla bilimsel kanıt ulaşma talebini artırmıştır. Üzüksü meyveler, antosiyaninler, flavonoidler, fenolikler, fenolik asitler, tanenler ve stilbenler gibi çok çeşitli besleyici olmayan biyoaktif bileşiklerin yanı sıra mineraller, vitaminler, uçucu yağlar, şekerler ve karotenoidler gibi besleyici bileşiklerin zengin bir kaynağıdır. Üzüksü meyvelerde bulunan biyoaktif bileşikler hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak güçlü antimikrobiyal, anti nörodejeneratif, antikanser, antienflamatuvar ve antioksidan özelliklere sahiptir. Bu çalışmada, insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri ile ilgili olarak üzüksü meyvelerin besinsel ve besinsel olmayan biyoaktif bileşikleri hakkında kapsamlı ve eleştirel bir inceleme yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif bileşenler, sağlıklı beslenme, üzüksü meyveler.

Berries: Their Effects on Healthy Nutrition

Abstract: The relationship between dietary habits and health has increased consumer' demand for more scientific evidence on diets rich in nutraceuticals. Berries are a rich source of a wide range of non-nutritive bioactive compounds such as anthocyanins, flavonoids, phenolics, phenolic acids, tannins, and stilbenes as well as nutritional compounds such as minerals, vitamins, volatile oils, sugars, and carotenoids. Bioactive compounds

^A Hazırlanan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale yayın ve araştırma etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar bu çalışmaya ortak katkı sağlamış olup, yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Çiğdem KONAK GÖKTEPE, Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Konya, Türkiye, ckonak@selcuk.edu.tr, [OrcID 0000-0003-4615-1050](https://orcid.org/0000-0003-4615-1050)

² Nihat AKIN, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kampüs/Konya, Türkiye, nakin@selcuk.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0966-1126](https://orcid.org/0000-0002-0966-1126)

in berries have strong antioxidant, anticancer, antimutagenic, antimicrobial, anti-inflammatory, and anti-neurodegenerative properties both *in vitro* and *in vivo*. This study presents a comprehensive and critical review of the nutritional and non-nutritional bioactive compounds of grape berries in relation to their potential effects on human health.

Keywords: Berries, bioactive components, healthy nutrition.

Giriş

Son yıllarda yapılan araştırmalar, meyve biyoaktif bileşiklerinin incelenmesini, bunların karakterizasyonunu ve fonksiyonel gıdalardaki kullanımını ve klinik değerlendirmeye dayalı olarak insan sağlığına faydalı özelliklerinin belirlenmesini hedeflemiştir. Dünya Sağlık Örgütü, özellikle küçük renkli meyvelerden elde edilen fenolik bileşenlerin antioksidan aktivitesinin, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kanser ve obezite gibi en önemli sağlık sorunlarının önlenmesinde önemini vurgulamaktadır (WHO, 2002; Stapleton ve ark., 2008; Yang ve ark., 2019). Diyetle düzenli meyve ve sebze tüketiminin sağlık açısından faydalar sağladığı ve yaşam tarzıyla ilişkili sağlık sorunlarının risklerini azalttığı bilinmektedir (Yahia ve ark., 2019; del Río-Celestino ve Font, 2020). Meyveler, özellikle de üzümü meyveler, sağlıklı beslenmenin temel bileşenleri olan doğal antioksidanları içermektedir (Skrovankova ve ark., 2015). Çok sayıda çalışma, üzümü meyvelerdeki vitaminler, karotenoidler, terpenler ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşenlerin, bu meyvelerin tüketimiyle elde edilen antioksidan özelliklerle güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir (de Souza ve ark., 2014; Zorzi ve ark., 2020). Üzümsü meyvelerdeki antioksidanlar, hücrel makromoleküllerde oksidatif hasara neden olarak tümör oluşumuna ve karsinojeneze yol açabilen reaktif oksijen türlerini temizleyerek etkilerini göstermektedirler (Sosa ve ark., 2013). Üzümsü meyvelerdeki biyoaktif maddeler antioksidan ve antiinflamatuvar etkileri ile metabolik sendrom, enflamasyonlar, nörodejeneratif ve kardiyovasküler hastalıkların oluşma riskini azaltabilir (Bhaswant ve ark., 2017; King ve Bolling, 2020). Frenk üzümünde bulunan flavonoidlerin retinal hücre tiplerini oksidatif strese bağlı ölümden koruduğu rapor edilmiştir (Kalt ve ark., 2010). Bunun yanı sıra, yaban mersini, böğürtlen ve siyah ahududu gibi antosiyanin bakımından zengin meyvelerin antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal aktiviteler gösterdiği ve düzenli tüketildiğinde diyabet, kanser ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Peña-Sanhueza ve ark., 2017). Üzümsü meyveler içerdiği biyoaktif bileşiklere ek olarak sağlık açısından faydaları kanıtlanmış önemli miktarda mineral, şeker ve diyet lifi içermektedir (Castro ve Teodoro, 2015). Sağlık üzerinde olan sayısız faydaları göz önünde bulundurulduğunda üzümü meyveler 'süper gıda' olarak pazarlanmakta ve fonksiyonel gıda uygulamaları için ideal adaylar olarak değerlendirilmektedir (Van den Driessche ve ark., 2018). Taze, dondurulmuş ve işlenmiş formda tüketilen üzümü meyveler arasında çilek, ahududu, yaban mersini, böğürtlen, Hint bekaşıüzümü, kıvılcık, aronya, mürver ve siyah frenküzümü bulunur (Nile ve Park, 2014; Jiang ve ark., 2021;). Meyvelere yönelik tarladan sofraya gıda zinciri boyunca, hasat öncesi üretim faktörleri ve hasat sonrası işleme yöntemleri, üzümü

meyvelerdeki biyoaktif maddelerin bileşimini ve sonuçta bu meyvelerden kazanılan potansiyel sağlık yararlarını etkileyebilir (Di Vittori ve ark., 2018). Oldukça kısa raf ömrüne sahip olan bu meyvelerin yıl boyunca bulunabilirliğini sağlamak ve tüketimini teşvik etmek için meyvede olgunlaşmayı, mikrobiyal gelişmeyi ve çürümeyi azaltmak amacıyla hasat sonrası farklı işleme teknikleri kullanılmaktadır (Sun ve ark., 2019; Arfaoui, 2021). Meyvelerin raf ömrünü etkili bir şekilde uzatmak için kurutma, dondurma, püre haline getirme, soğutma, ışınlama, fumigasyon, klorla sanitizasyon, yenilebilir filmler/kaplamalar, ağartma, kontrollü atmosfer ve modifiye atmosferde paketleme gibi farklı teknolojiler kullanılmaktadır (Nayak ve ark., 2015; Dermesonlouoglou ve ark., 2018; Nilsen-Nygaard ve ark., 2021). Uygulanan bu teknolojilerin işlenmiş meyve ürünlerindeki biyoaktif bileşiklerin stabilitesini değiştirdiği yapılan birçok çalışmada rapor edilmiştir (Weber ve Larsen, 2017; Aaby ve ark., 2018; Dağdelen ve ark., 2019; Martín-Gómez ve ark., 2020). Bu bağlamda meyvelerdeki bozulmaları engellemek ve tüketiminde maksimum biyoyararlılık kazanmak için her meyveye özel depolama stabilitesini artıran en etkili muhafaza yöntemi tespit edilmeli ve uygulanmalıdır.

Bu çalışma, üzüm meyvelerindeki besleyici ve besleyici olmayan biyoaktif maddeler ile ilgili verileri özetlemektedir. Ayrıca üzüm meyvelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin insan sağlığını geliştirmedeki önemi ve biyolojik aktiviteleri anlatılmaktadır. Ayrıca sağlıklı beslenme açısından etkileri üzerine yapılan çalışmalardan toplanan veriler tartışılmaktadır.

Üzüm Meyvelerindeki Besleyici Biyoaktif Maddelerin Sağlığa Faydaları

Karbonhidratlar

Çoğu meyve gibi üzüm meyveler de esas olarak çözünebilir şekerler ve diyet liflerinden oluşan karbonhidratları içermektedir (Baenas ve ark., 2020; Coleman ve Ferreira, 2020). Özellikle üzüm meyvelerin, temelde çözünür şekerler ve küçük elektrolitlerden oluşan yaklaşık %15 oranında çözünür katı madde içerdiği bilinmektedir (Yadav, 2021). Sakaroz, glikoz ve fruktoz üzüm meyvelerde en fazla bulunan şekerlerdir (Zhong ve ark., 2023). Genellikle üzüm meyveler tamamen olgunlaştığında sakarozu nazaran daha yüksek fruktoz ve glikoz içeriğine sahiptir ve üzüm meyvelerdeki şekerlerin oranları olgunlaşma seviyesine göre değişiklik göstermektedir (Ma ve ark., 2023). Üzüm meyvelerde bulunan şekerler kalori kaynağı olmasının yanı sıra tüketicinin duyuşal tercihlerini etkilemektedir (Vilela ve Cosme, 2016; Souza Gonzaga ve ark., 2021). Aynı zamanda çözünür şekerler gibi organik asitler de meyve tadını etkileyen ve tüketici tercihini yönlendiren başlıca bileşenler arasındadır (Basile ve ark., 2020).

Diyabet dünya çapında yüksek mortaliteye sahip multifaktöriyel bir hastalıktır. Tip 1 diyabet vakalarının %15'ini oluştururken, geri kalanını Tip 2 diyabet oluşturmaktadır (Hameed ve ark., 2020a). Tip 2 diyabet öncelikle farmakoterapötik ilaçlar, kanıta dayalı alternatif yaklaşımlar ve fonksiyonel gıdaya dayalı yaklaşımlarla tedavi edilmektedir (Nathan ve ark., 2006). Ayrıca, kanıta dayalı alternatif yaklaşımlar, Tip 2 diyabeti ve komplikasyonlarını ertelemek veya önlemek için son zamanlarda alternatif olarak bireyselleştirilmiş diyet ve beslenme önerilerine dayalı yaklaşımlar nedeniyle güvenlik ve toksisite sorunlarına sahip olabilir

(Hameed ve ark., 2020a). Polifenol açısından zengin üzümü meyveler bireyselleştirilmiş beslenmenin temel bileşenleridir ve bu meyvelerin tüketimi, obez veya aşırı kilolu hastalarda Tip 2 diyabet ile mücadele için bir potansiyel teşkil etmektedir (Novotny ve ark., 2015; Kim ve ark., 2016). Yapılan pek çok çalışma Tip 2 diyabetin meyveler ve/veya meyvelerden türetilen özel diyet alımı, egzersiz ve sağlıklı vücut ağırlığının korunmasıyla önenebileceğini veya yönetilebileceğini göstermektedir (Wang ve Hu, 2018). Ek olarak yüksek polifenol içeriğine atfedilen etkiler sayesinde yaban mersini gibi üzümü meyvelerin tüketiminin artmasının kan basıncını, koroner kalp hastalığı ve Tip 2 diyabeti riskini azalttığı rapor edilmiştir (Jenkins ve ark., 2011).

Meyveler çözümler şeker içeriklerine ek olarak sağlığı teşvik eden diyet lifleri açısından da zengindir. Meyvelerdeki ana diyet lifleri esas olarak karbonhidratlardan (selüloz, hemiselüloz ve pektin) ve ligninden oluşur (Reboredo-Rodriguez, 2018). Bitkisel materyalin sindirilemeyen hücre duvarı bileşeni olan diyet lifinin, insan beslenmesinde ve sağlığında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Prosky, 2000; Cummings ve ark., 2004). Tipik olarak meyvelerdeki diyet lifi içeriği, toplam taze ağırlığa göre %1-7 arasında değişmektedir (Aura ve ark., 2015; Niro ve ark., 2017). Diyet lifleri, iştahın düzenlenmesi, bağırsak peristaltizminin uyarılması, kolonik epitel hücreleri için enerji sağlanması, kolonik pH'nın kontrolü ve mukus üretiminin teşvik edilmesi dahil olmak üzere gastrointestinal kanalda çok sayıda etki gösterir (Musso ve ark., 2011; Koh ve ark., 2016). Meyvelerin günlük tüketiminin düzenli dışkı üretimi ve bağırsak hareketlerini sağlamak için yeterli miktarda çözümler diyet lifi sağladığı bilinmektedir (Căpriță ve ark., 2010). Ayrıca diyet lifleri düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL)-kolesterol seviyesinin düşürülmesi, obezite, kardiyovasküler hastalık, koroner kalp hastalığı, kanser, felç, Tip 2 diyabet ve ölüm risklerinin azaltılması gibi sağlık açısından çeşitli faydalar sağlamaktadır (Slavin ve Lloyd, 2012; Miller ve ark., 2017; Veronese ve ark., 2018). Meyve lifi de dahil olmak üzere lif alım düzeyleri abdominal obezite, insülin direnci, hipertansiyon ve hiperlipidemi ile karakterize patolojik bir durum olan metabolik sendrom ile ters ilişkilidir ve 30-40 g lif gün⁻¹ riski %27 oranında azaltmaktadır (Hosseinpour-Niazi ve ark., 2015).

Lipitler

Üzümü meyvelerin lipit bileşimi ile ilgili olarak, bazı üzümü meyvelerin serbest yağ asitleri içerdiği gösterilmiş olsa da bunların evrensel olarak önemli bir diyetel lipit kaynağı olduğu düşünülmemektedir. Üzümü meyve lipitleri arasında trigliseritler, yağ asitleri, yağ alkoller, alkanlar ve steroller bulunur (Schulz ve Chim, 2019). Üzümü meyvelerde bulunan lipit gruplarının çoğu yüksek biyolojik aktiviteye sahiptir (Klavins ve ark., 2015). Memelilerdeki lipitlerden farklı olduklarından, tüketimleri insan metabolizmasında önemli bir role sahiptir. Örneğin, üzümü meyve sterollerinin (fitosteroller) insanlarda kolesterol seviyelerini düşürdüğü gösterilmiştir (Dulf ve ark., 2012). Literatürde pek çok araştırmacı tarafından üzümü meyvelerin yağ asitlerinin kompozisyonu incelenmiştir (Endes ve ark., 2015; Blasi ve ark., 2017; Bederska-Łojewska ve ark., 2021). Yaban mersini, kekreyemiş ve kızılıçıkta palmitik asit, stearik asit, linoleik asit, elaidik asit ve linoelaidik asit dahil olmak üzere çeşitli yağ asitleri tespit edilmiştir (Klavins ve ark., 2019). Ayrıca kurt üzümünde (Goji berry) en fazla bulunan yağ asitleri linoleik, oleik, palmitik ve stearik asitlerdir ve bu meyvelerdeki toplam yağ asitlerinin yaklaşık %95'ini oluşturmaktadır (Ilić ve ark., 2020). Enerji kaynağı olarak birincil işlevlerinin yanı sıra, *in vivo* çalışmalarda esansiyel ω6 çoklu doymamış yağ asitlerini (ω6-PUFA) içeren meyve lipitlerinin antienflamatuvar

özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Kapoor ve Huang, 2006). Üzümsü meyvelerden alınan ω 6-PUFA kardiovasküler üzerindeki etkilerinden dolayı sağlık açısından özellikle ilgi çekicidir (Yang ve ark., 2011). Randomize kontrol çalışmalarının çeşitli meta analizleri, ω 6-PUFA alımının miyokard enfarktüsünü ve toplam serum kolesterolünü azaltabileceğini göstermiştir (Calder, 2009; Farvid ve ark., 2014; Marklund ve ark., 2019). γ -linolenik asidin sağlığa faydaları da, özellikle enflamatuvar rahatsızlıkların, alerjik hastalıkların ve kardiyovasküler bozuklukların önlenmesine vurgu yapılarak rapor edilmiştir (Kapoor ve Huang, 2006). Ayrıca yabani iğde (*Hippophae rhamnoides*) posa ve tohum yağları kanser tedavisinde önemli rol oynamaktadır (Zeb, 2006). Çeşitli çalışmalar, bu meyve yağlarının önemli immünostimulan, anti ülser ve kolesterol düşürücü etkilere sahip olduğunu ve çeşitli cilt hastalıklarının tedavisinde de kullanılabileceğini göstermiştir (Yang ve ark., 1999; Johansson ve ark., 2000; Xing ve ark., 2002; Geetha ve ark., 2005).

Vitaminler

Meyveler insan beslenmesinde önemli bir vitamin kaynağıdır (Česonienė ve ark., 2021). Bunlar arasında suda çözünen esansiyel bir vitamin olan C vitamini (l-askorbik asit; 2,3-endiol-l-gulonik asit- γ -lakton) taze meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunur (Naidu, 2003). Aynı zamanda C vitamini serbest radikalleri temizlemek ve oksidatif stresi önlemek için mükemmel bir antioksidandır (Liu, 2013). Ayrıca C vitamini LDL'nin oksidasyonunu ve oksitlenmiş LDL'nin emilimini engelleyerek lipid peroksidasyonuna bağlı ateroskleroza önlediği bildirilmiştir (Padayatty ve ark., 2003). Askorbik asit, sulu bir ortamda bir dizi serbest radikali ve atomik oksijeni nötralize etmektedir (Hacısevki, 2009). Ayrıca ozon, azot dioksit ve sigara dumanındaki serbest radikaller gibi hava kirleticilerinin detoksifikasyon sürecinde rol oynadığı bilinmektedir (Iqbal ve ark., 2004). Askorbik asit, kolajen ve diğer bağ dokusu proteinlerindeki prolin ve lizinin post-translasyonel hidroksilasyonu, kolajen gen ekspresyonu, norepinefrin ve adrenal hormonların sentezi, birçok peptid hormonun aktivasyonu ve karnitin sentezi dahil olmak üzere çok sayıda fizyolojik reaksiyonda yer alan bir kofaktördür (Bender, 2003; Johnston ve Steinberg, 2007). Ek olarak, redoks potansiyeli nedeniyle, askorbik asit demirin bağırsaktan emilimini kolaylaştırmaktadır. Tek başına ve E vitamini antioksidan aktivitesiyle birlikte hücrel bir antioksidan olarak işlev görmektedir (Timoshnikov ve ark., 2020). Bu nedenle, gıdalardan ve/veya takviyelerden yeterli miktarda C vitamini alımı insan vücudunun normal işleyişi için hayati önem taşımaktadır. Beslenmede C vitamini açısından eksikliğin, diş eti kanaması, yara iyileşmesinde bozulma, anemi, yorgunluk ve depresyonla karakterize bir hastalık olan ve uygun bakım yapılmadığı takdirde ölümcül olabilen iskorbüt hastalığına neden olduğu uzun zamandır bilinmektedir (Arrigoni ve De Tullio, 2000; Davies ve ark., 2007).

Üzümsü meyvelerdeki C vitamini içeriği tür, çeşit, yetiştirme, iklim, hava koşulları, olgunluk, bölge, depolama süresi ve koşulları gibi çok sayıda faktörden etkilenir (Hakala ve ark., 2003; Pantelidis ve ark., 2007; Sytařová ve ark., 2020). Frenküzümü tüm meyve türleri arasında en zengin C vitamini kaynağıdır. Çileklerde de nispeten yüksek bir C vitamini içeriği rapor edilmiştir (Hägg ve ark., 1995; Hakala ve ark., 2003; Benvenuti ve ark., 2004). Turunçgiller de dahil olmak üzere diğer besin kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, üzüksü meyveler en zengin C vitamini kaynakları arasındadır ve yenilebilir etli kısım ağırlığı bazında portakallara kıyasla çilekler daha yüksek C vitamini içerir (Richardson ve ark., 2018). Üzümsü meyvelerin C vitamini içerikleri 100 g taze meyvede böğürtlen (*Rubus fruticosus*) için 15.5-16.3g, siyah frenküzümü (*Ribes nigrum*) için 125.2-151.1 g,

yaban mersini (*Vaccinium corymbosum*) için 12.4-13.1 g, aronya (*Aronia melanocarpa*) için 13.1 g, ahududu (*Rubus idaeus*) için 22.07-31.09 g, kırmızı frenküzümü (*Ribes rubrum*) için 17-21 g, çilek (*Fragaria x ananassa*) için 29-48 g olarak rapor edilmiştir (Hägg ve ark., 1995; Häkkinen ve ark., 2000; Benvenuti ve ark., 2004). Güçlü bir antioksidan olarak C vitamininin aterosklerozun erken evrelerini hafiflettiği klinik çalışmalarda öne sürülmüş ve hücre içindeki toplam nitrik oksitini korunmasına katkıda bulunarak kardiyovasküler hastalıkların riskini azalttığı belirtilmiştir (Förstermann, 2010; Ashor ve ark., 2019). Yapılan çalışmalarla, çeşitli kanser türleri için yüksek doz C vitamini tedavisinin umut verici olduğu, üst solunum yolu enfeksiyonlarının ve viral enfeksiyonların süresini azalttığı bildirilmiştir (Ngo ve ark., 2019; Vorilhon ve ark., 2019; Colunga Biancatelli ve ark., 2020).

Meyveler, C vitaminine ek olarak suda çözünen B vitaminlerini de (B1, B2, B3, B6, B9 ve B12) içerir, ancak C vitaminine kıyasla miktarları daha düşüktür. Çok sayıda üzümse meyve folatı (B9 vitamini) yüksek konsantrasyonlarda içermektedir (Talcott, 2007). Folat terimi, optimal insan sağlığı ve gelişiminin desteklenmesi için besinsel olarak gerekli olan bir grup suda çözünen bileşiği ifade eder. Folatlar, önemli biyomoleküllerin (lipidler, amino asitler, DNA) metilasyonu da dahil olmak üzere çok sayıda tek karbonlu transfer reaksiyonuna katılır. Folat eksikliği, anemi ve üreme sağlığı ve fetal gelişimde bozukluklar gibi patolojik sonuçlara yol açar (Naderi ve House, 2018). Geleneksel olarak folat eksikliği, rafine tahılların fazla tüketildiği ve yeşil yapraklı sebze ve meyvelerin az tüketildiği toplumlarda daha yaygın olarak görülmektedir (Wakeel ve ark., 2018). Folat eksikliğine ilişkin diğer risk faktörleri arasında, bağırsak pH'ını veya jejunal mukozayı etkileyen hastalıklardan veya genetik kusurlardan kaynaklanabilen folik asit malabsorpsiyonu yer alır (Pfeiffer ve ark., 2005). Yapılan bir meta-analiz çalışmasında folat eksikliğinin depresyon, anksiyete, demans, Alzheimer hastalığı ve kardiyovasküler hastalıkları teşvik ettiği bildirilmiştir (Al Mansoori ve ark., 2021). Folat dahil olmak üzere B vitaminleri hem homosisteini hem de hücrel antioksidan glutasyonu etkileyen esansiyel amino asit metiyoninin metabolizmasında da rol oynar (Goszcz ve ark., 2015). Diğer klinik çalışmalar ve denemeler, folat, B12 vitamini ve B6 vitamini takviyesinin serum homosisteinini ve felç, periferik damar hastalığı, kardiyovasküler hastalıklar ve koroner arter hastalıklarına dair risk faktörlerini azalttığını kanıtlamıştır (Till ve ark., 2005; Antoniadou ve ark., 2007). Böğürtlen vitamin içeriği bakımından diğer üzümse meyvelere kıyasla en yüksek A, E, K ve folat vitamin içeriğine sahiptir (Yousefi ve ark., 2021).

A (retinol), E vitaminleri ve karotenoidler meyvelerde bulunan yağda çözünen vitaminler arasındadır. Bu bileşikler genellikle bitkilerde foto-koruma sağlayan ve tozlaşma için cezbedici olan parlak renklere sahiptir. Endojen olarak, A vitamini bağırsak mikroorganizmaları tarafından β -karotenden sentezlenebilir (Norum ve Blomhoff, 1992). Daha da önemlisi, likopen, lutein, α -karoten ve β -karoten gibi karotenoidler üzümse meyvelerde bol miktarda bulunan karotenoidleri temsil etmektedir (Li ve ark., 2024). β -karoten ve likopenin Cu^{+2} iyonlarının neden olduğu LDL oksidasyonunu inhibe ettiği, aynı zamanda kardiyovasküler hastalıklar için risk faktörlerini toplu olarak azalttığı bilinen plazma kolesterol düzeylerini ve dolaşımdaki LDL'yi azaltmada *in vivo* olarak etkili olduğu rapor edilmiştir (Karppi ve ark., 2010).

Öte yandan E vitamini, tokoferoller ve tokotrienoller olarak bilinen sekiz izomerik bileşiği ifade eden bir terimdir (Goszcz ve ark., 2015). Üzümse meyvelerde α -, β -, γ -, ve δ -, izoformları tespit edilmiş olsa da α -

tokoferollerin üzüksü meyvelerde en bol bulunan izomer olduğu görülmektedir (Bastías-Montes ve ark., 2020; Dienaitė ve ark., 2021). Fonksiyonel olarak, *in vitro* çalışmalar α -tokoferolün kardiyoprotektif etkiler gösterebildiğini, ateroskleroz için risk faktörleri olan oksidatif hasara, enflamasyonlara ve endotel disfonksiyonuna karşı koruma sağladığını ortaya koymuştur (Ranard ve Erdman Jr, 2018). Ayrıca, *in vivo* çalışmalar, E vitamini takviyesinin LDL peroksidasyonuna karşı koruma sağlayarak ateroskleroz, damar içi yağ birikintileri ve iskemi reperfüzyonu gelişimini azalttığını göstermiştir (Dröge, 2002; Sagach ve ark., 2002; Otero ve ark., 2005).

Mineraller

Üzüksü meyveler fosfor, selenyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, manganez, bakır, sodyum ve alüminyum dahil olmak üzere iyi bir mineral kaynağıdır (Di Vittori ve ark., 2018). Farklı üzüksü meyveler kıyaslandığında siyah frenküzümünün kalsiyum, demir, magnezyum ve potasyum gibi mineraller bakımından en yüksek içeriğe sahip olduğu belirtilmiştir (Yousefi ve ark., 2021). Benzer sonuçlar böğürtlen ve yaban mersini için de bildirilmiştir (Nile ve Park, 2014). Bunun yanı sıra, diyetle alınan 100 g ahududunun manganez için tavsiye edilen diyet miktarının %50' sinden fazlasını sağlayabileceği rapor edilmiştir (Kowalenko, 2005). Birçok mineral madde, insan vücudundaki çeşitli önemli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde önemli roller oynamakta ve insan sağlığını korumak için beslenme ile düzenli olarak dışarıdan alınmalıdır (Khattak, 2012; Zhang ve ark., 2014). Bazı minerallerin (Cu, Fe, Mn ve Se) antioksidan olarak etkili olduğu ve gıdaların fonksiyonel özelliklerine katkıda bulunduğu da bilinmektedir (Tavares ve ark., 2010). Kemiklerin ve dişlerin gelişimindeki besinsel rollerine ek olarak, minerallerin hipertansiyon yönetiminde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Çalışmalar, mineraller arasında kalsiyum ve magnezyumun kan basıncını kontrol etmede son derece önemli olduğunu doğrulamıştır. Kalsiyum, D vitamini ve parathormon seviyelerinde değişikliklere neden olarak vasküler düz kas hücrelerinin gevşemesine, periferik vasküler direncin düşmesine ve nihayetinde kan basıncının düşmesine yol açmaktadır (Goszcz ve ark., 2015; Cormick ve ark., 2021).

Üzüksü Meyvelerdeki Besleyici Olmayan Biyoaktif Maddelerin Sağlığa Faydaları

Fenolikler

Üzüksü meyvelerdeki besleyici olmayan başlıca biyoaktif maddeler, bitkilerin patojenlere ve ultraviyole radyasyona karşı savunma mekanizmalarında rol oynayan fenolik bileşiklerdir (Rocha ve ark., 2012). Üzüksü meyveler oldukça zengin fenolik kaynaklarıdır ve bu fenolik bileşikler flavonoidler, fenolik asitler, tanenler, lignanlar ve stilbenler olmak üzere alt sınıflara ayrılmaktadır (Di Vittori ve ark., 2018). Üzüksü meyvelerde bulunan birçok fenolik bileşik meyvelerde renk (örn. antosiyaninler) ve lezzetten (örn. tanenler) sorumludurlar (Delgado-Vargas ve ark., 2000). Aynı zamanda fenolik bileşikler, reaktif oksijen türleri ile etkileşimleri göz önüne alındığında güçlü antioksidan etkiye sahiptirler (Galleano ve ark., 2010; Rodrigo ve ark., 2011). Fenolik bileşikler, reaktif oksidan türlerin oluşumunun engellenmesi veya oluşanların temizlenmesi, hücre döngüsünün etkilenmesi, tümörlerin baskılanması, sinyal iletiminin modülasyonu, apoptoz (programlı hücre ölümü),

detoksifikasyon enzimleri ve metabolizması gibi biyolojik olarak önemli birçok etki mekanizmaları sergilemektedirler (Liu, 2004; Han ve ark., 2007). Ek olarak, ksantin oksidaz ve protein kinaz C gibi süperoksit radikallerinin oluşumunda rol oynayan enzimlerin etkisini bloke edebilir ve antioksidan enzimleri aktive edebilirler (Procházková ve ark., 2011; Quideau ve ark., 2011). Beslenme açısından bakıldığında, fenolik bileşikler bakımından zengin meyve ve sebze alımının kalp-damar hastalıkları riskini azaltarak kardiyoprotektif bir etki gösterdiği de kanıtlanmıştır (Nicholson ve ark., 2010). Bunun yanı sıra yapılan *in vivo* çalışmalarda, üzüm meyvelerinde bulunan fenolik bileşiklerin dislipidemi, hipertansiyon, karaciğer rahatsızlıkları, Tip 2 diyabet ve depresyon gibi hastalıkların tedavilerine yardımcı olduğu ortaya konmuştur (Ahrén ve ark., 2015; Hussain ve ark., 2017; Curtis ve ark., 2019; Habanova ve ark., 2019).

Flavonoidler

Flavonoidler üzüm meyvelerinde en fazla bulunan fenolik sınıfı temsil etmektedir (Liu ve ark., 2020). Üzüm meyvelerinin flavonoidleri arasında antosiyaninler (siyanidin glikozitleri ve pelargonidin glikozitleri), flavonoller (kuersetin, kamferol ve mirisetin) ve flavanoller (kateşinler ve epikateşin) bulunur. Flavonoidler birçok üzüm meyve türünde (üzüm, kıvılcık, siyah frenküzümü vb.) kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve antioksidan, antienflamatuvar ve antikanser özellikleri de dahil olmak üzere sağlığı koruyucu potansiyel faydaları olduğu kanıtlanmıştır (Zorzi ve ark., 2020; Bouyahya ve ark., 2022). Hem *in vitro* hemde *in vivo* çalışmalarda bildirildiği üzere üzüm meyve flavonoidleri antimikrobiyal ve nöroprotektif özelliklere de sahiptirler (Debon ve ark., 2016; Silva ve Pogačnik, 2020).

Antosiyaninler

Antosiyaninler üzüm meyvelerinde en fazla bulunan flavonoid bileşiklerdir (Skrovankova ve ark., 2015). Tüm meyveler arasında, üzüm meyveler en zengin antosiyanin kaynaklarından biridir (Lee ve ark., 2015). Üzüm meyvelerden siyah kuş üzümü, siyah mürver, böğürtlen ve yaban mersinindeki antosiyanin konsantrasyonunun 400-500 mg 100 g⁻¹ aralığında değiştiği bildirilmiştir (Zanotti ve ark., 2015). Antosiyaninler asillenmiş antosiyaninler ve antosiyanidin glikozitler şeklinde bulunurken, antosiyanidinler 3-hidroksiantosiyanidinler, 3-deoksiantosiyanidinler ve O-metillenmiş antosiyanidinler olarak sınıflandırılır. Siyanidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin ve malvidin doğada en sık bulunan antosiyanidinlerdir (Khoo ve ark., 2017). Çoğu meyvede bulunan başlıca antosiyanin siyanidin-3-glukozittir (Chen ve ark., 2014). Malvidin glikozidik türevleri kırmızı üzümde dikkat çekici bir şekilde bulunurken, aronya, mürver ve böğürtlende dahil *Rubus* cinsinin birçok üyesi üzüm meyve siyanidin içermektedir (de Pascual-Teresa ve Sanchez-Ballesta, 2008). Üzüm meyveler başta olmak üzere birçok meyve mavi, mor veya kırmızı rengini antosiyaninlerden almaktadır. Antosiyaninler, aronya, yabanmersini, frenk üzümü, üzüm ve böğürtlende yüksek konsantrasyonlarda bulunan, meyvelerdeki önemli bir çözünür pigment grubunu temsil eder. Üzüm meyvelerinde bulunan antosiyaninler gıda endüstrisi için doğal renklendirici olarak da kullanılabilir (Lee ve ark., 2015). Aynı zamanda antosiyaninler doğal antioksidanlar olarak kanser önleyici, kardiyoprotektif, nöroprotektif, antidiyabetik, antienflamatuvar ve yaşlanmayı geciktirici özelliklere de sahiptirler (Krga ve Milenkovic, 2019; Kalt ve ark., 2020; Sandoval-Ramírez ve ark., 2022).

Flavonoller

Flavonoller üzümü meyvelerde yaygın olarak bulunmaktadır ve bunların başlıcaları kuersetin, kamferol ve mirisetindir (Mikulic-Petkovsek ve ark., 2012). İzorhamnetin (kuersetinin metoksi türevi) ve siringetin (mirisetinin dimetoksi türevi) gibi flavonol aglikonlar da üzümü meyvelerde bulunan flavonoller arasında rapor edilmiştir (Su ve ark., 2016). Bunlara eşlik eden en yaygın şekerler glikoz ve galaktozdur, ancak rutinoz, ksiloz, arabinoz ve ramnoz da bulunabilir (Jimenez-Garcia ve ark., 2013). Bu şeker kısımları asetik, glutarik, glukuronik, oksalik ve kafeik gibi farklı asitlerle asillenebilir. Flavonollerin üzümü meyvelerin antioksidan kapasitesindeki rolü antosiyaninlere kıyasla daha az önemlidir ve toplamın %14'ünü geçmez (Borges ve ark., 2010). Kuersetinin sağlıklı beslenmede antioksidan ve kardiyoprotektif etkileri rapor edilmiştir (Kumar ve ark., 2017; Patel ve ark., 2018). Bunun yanı sıra çilek, üzüm, siyah frenk üzümü gibi üzümü meyvelerden edilen flavonoller, özellikle kuersetin ve türevlerinin beta-amiloid proteinin neden olduğu reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engellediği ve böylece sinir hücresi zarlarında oksidatif stres kaynaklı hasarı etkili bir şekilde azalttığı bilinmektedir (Costa ve ark., 2016). Siyah frenk üzümü, nöroprotektif aktivite gösteren yüksek miktarda mirisetin, kuersetin ve isorhamnetin dahil olmak üzere çeşitli flavonoller içermektedir (McDougall ve ark., 2005). Yapılan in vivo çalışmalarda, siyah frenk üzümü tüketiminin bilişsel performansta iyileşme sağladığı, kan akışının ve kan şekerinin düzenlenmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Watson ve ark., 2015; Watson ve ark., 2019). Kuersetinin en yüksek batakılık yabamersini (*Vaccinium uliginosum*) (158 mg kg⁻¹) ve yabamersini (17-30 mg kg⁻¹) çeşitlerinde bulunduğu bildirilmiştir. Buna ek olarak frenküzümü çeşitlerinde, mirisetin en bol bulunan flavonol (89-203 mg kg⁻¹) olarak belirlenmiş, bunu kuersetin (70-122 mg kg⁻¹) ve kamferol (9-23 mg kg⁻¹) izlemiştir. Buna karşılık, kırmızı ahududunun toplam antosiyanin içeriği yaklaşık 600 mg kg⁻¹ olarak rapor edilmiştir (Mullen ve ark., 2002a; Mullen ve ark., 2002b). Üzümsü meyvelerde tanımlanan spesifik flavonol glikozitler arasında kuersetin-3-O-glukozit, kuersetin-3-O-rutinoz, kuersetin-3-O-laktoz ve kuersetin-3-O-ksilozilglukuronit, mirisetin-3-O-glukozit, mirisetin-3-O-galaktoz ve mirisetin-3-O-rutinoz bulunur (Del Rio ve ark., 2010).

Flavanoller

Proantosiyanidinlerin biyosentetik öncüleri olan monomerik flavanoller veya kateşinler (flavan-3-oller), C halkasının üçüncü pozisyonunda bir hidroksil grubuna sahip bir C6-C3-C6 iskeletine sahip olmaları ile karakterize edilir (Pascual-Teresa ve ark., 2010). Kateşin ve epikateşin üzümü meyvelerde bulunan flavanollerdir. Kateşinlerin antikanser, anti obezite, antidiyabetik, hepatoprotektif ve nöroprotektif etkileri olduğu bilinmektedir (Bernatoniene ve Kopustinskiene, 2018; Ide ve ark., 2018; Shirakami ve Shimizu, 2018). Serbest radikal süpürücü aktivitesi ile kateşinler, hücrel lipitlerin oksidasyonunu önleyerek radikal zincir reaksiyonlarını durdurabilir (Youn ve ark., 2006). Üzümsü meyveler flavan-3-ol monomerleri (+)- kateşin ve (-)-epikateşinin yanı sıra dimerler, trimerler ve polimerik proantosiyanidinler içerebilir. Polimerlerin konsantrasyonu genellikle monomerlerden, dimerlerden ve trimerlerden daha yüksektir ve genel olarak kızılçıklar bu bileşikler açısından özellikle zengin bir kaynaktır (Del Bubba ve ark., 2012). Yapılan çalışmalar, üzümü meyveler gibi flavanol içeren gıdaların yaşam boyunca tüketilmesinin, biliş ve hafızada yaşa bağlı kayıpları sınırlama ve hatta tersine çevirme potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir (Shukitt-Hale ve

ark., 2009; Carey ve ark., 2014). Ayrıca flavanollerin Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıklara karşı koruyucu etki gösterdiği tespit edilmiştir (Gardener ve ark., 2021).

Fenolik Asitler

Fenolik asitler sinamik ve benzoik asit türevleri olarak sınıflandırılır. Üzümsü meyvelerde bulunan ana hidroksisinnamatlar; ferulik, kafeik, p-kumarik asitler ve kafeoilkinik esterleri içermektedir. Gallik, salisilik, p-hidroksibenzoik ve elajik asitler üzümsü meyvelerdeki başlıca benzoik asit türevleridir. Aronyada klorojenik asit gibi yüksek düzeyde hidroksisinnamik türevler tespit edilmiştir (Paredes-López ve ark., 2010). Flavonoidlerle karşılaştırıldığında, hidroksibenzoik asitler ve hidroksisinnamik asitleri içeren fenolik asitler meyvelerdeki fenolik bileşik kompozisyonlarının yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır (Di Vittori ve ark., 2018; Kim, 2018). Hidroksisinnamat esterleri kızılçik meyvesinde ortalama 15 mg 100 g⁻¹ taze meyve miktarında bulunur (Pappas ve Schaich, 2009). Ahududu (5-8 mg kg⁻¹), böğürtlen (88 mg kg⁻¹) ve çilek (18 mg kg⁻¹) gibi üzümsü meyvelerde hidroksibenzoatlardan elajik asitin bulunduğu rapor edilmiştir (Amakura ve ark., 2000). Fenolik asitler serbest asitler halinde ortaya çıkabilir veya organik asitler ve şekerlerle esterleşmiş olabilir (Subbiah ve ark., 2020). Bunlar arasında klorojenik asit türevleri (kafeik ve kinik asitlerin esterleri) hidroksisinnamik asitlerin yaygın esterleridir (Paredes-López ve ark., 2010). Ayrıca gallik ve vanilik asitler üzümsü meyvelerde en bol bulunan hidroksibenzoik asitlerdir (Shabani ve ark., 2020; Golovinskaia ve Wang, 2021). Yapılan bazı *in vitro* çalışmalar, fenolik asitlerin sağlık açısından yararlı etkilerinin antioksidan, antiinflamatuvar, immünoregülatör, antialerjik, anti aterosjenik, antimikrobiyal, antitrombotik, kardiyoprotektif, antikanser ve antidiyabetik aktiviteler gösterme yeteneklerinden kaynaklandığını ortaya koymuştur (Anantharaju ve ark., 2016; Kumar ve Goel, 2019). Ayrıca fenolik asitlerin kolon adenokarsinom hücrelerindeki kolon kanserine odaklanarak çeşitli kanser türlerinin tedavisinde etkili olduğu belirtilmiştir (Rosa ve ark., 2016). Bun yanı sıra basit fenolik asitlerin antidiyabetik etkileri ve Alzheimer hastalığının tedavisinde nöroprotektif etkileri de rapor edilmiştir (Vinayagam ve ark., 2016; Shahidi ve Yeo, 2018).

Tanenler

Tanenler; yapısal bakımdan hidrolize olabilen (gallik asit ve elajik asit esterleri) ve hidrolize olmayan kondanse tanenler (proantosiyanidinler) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Üzümsü meyvelerde kondanse tanenler hidrolize edilebilir tanenlere kıyasla daha yaygın olarak bulunmaktadır (Shahidi ve Naczki, 2003). Üzümsü meyveler arasında yüksek polimerizasyon derecesine sahip kondanse tanen miktarı aronyada en yüksek olarak rapor edilirken, bal yemişi (honeynerry) ve böğürtlen az miktarda tanen bulunduğu bildirilmiştir (Seeram ve ark., 2001; Cheynier ve ark., 2006). Hidrolize edilebilir tanenlere (gallik ve elajik asit türevleri) daha az rastlansa da çilek, ahududu ve böğürtlen saptandığı rapor edilmiştir (Shahidi ve Naczki, 2003). Kırmızı ahudududa antosiyaninler ve hidrolize edilebilir tanenler, özellikle de siyanidin glikozitler ve elaji tanenler en bol bulunan fenolik bileşiklerdir. Mullen ve ark. (2002a) kırmızı ahudududa siyanidin-3-sophoroside ve siyanidin-3-(2G-glukozilrutinozit) ve siyanidin-3-glukozitin en bol bulunanlar olduğu 11 farklı antosiyanin rapor etmiştir. Tanenler, meyvelerin duysal özelliklerinin şekillenmesinde önemli bir rol oynar. Üzümsü meyvelerde yüksek miktarda tanen bulunması kuru-büzücü his ile buruk tada neden olmakta ve gıdaların koyu rengi de yüksek tanen

içerikleriyle ilişkilendirilmektedir (Puupponen-Pimiä ve ark., 2005a; Puupponen-Pimiä ve ark., 2005b). Tanenler kopolimerler oluşturmak için antosiyaninlere bağlandıklarında üzümü meyvelerin ve meyve sularının renklerinin stabilize edilmesine yardımcı olmaktadır (Lorenzo ve ark., 2005). Yapılan son araştırmalar, tanenlerin antioksidan, antikanser, antialerjik, antienflamatuvar, antihelmintik, antimikrobiyal, enterik virüs, herpes simpleks virüsü, poliovirüse karşı antiviral etki olmak üzere çok sayıda sağlık yararının olduğunu doğrulamıştır (Ashok ve Upadhyaya, 2012; Sharma ve ark., 2021). Kondanse tanenler astım, aşırı duyarlılık pnömonisi, alerjik rinit, halı tozundan kaynaklanan akar alerjenleri ve daha birçok alerji türüne karşı da etkilidir (Chung ve ark., 1998). Tıbbi olarak, tanenler antihemoroidal, antidiareal ve hemostatik tedavi için de kullanılmaktadır (Dönmez ve ark., 2020). Tanenler koruyucu bir örtü oluşturarak dokunun enfekte olmasını önlemekte ve böylece deri ülserleri, dizanteri, boğaz ağrısı, ishal, kanama ve yorgunluk gibi durumlarda acil rahatlama sağlamak için de kullanılmaktadır (Ashok ve Upadhyaya, 2012). Ayrıca elaji tanenler, sanguin H6 ve lambertianin kullanılarak yapılan çalışmalarda antitümör aktiviteleri de rapor edilmiştir. Ayrıca tanen açısından zengin üzüm çekirdeği takviyesinin kullanıldığı klinik çalışmalar, test grubundaki hastaların plazma triaçilgliserollerini ve kan basıncını düşürerek kardiyovasküler sağlıklarında iyileşme olduğunu ortaya koymuştur (Zern ve ark., 2005; Sivaprakasapillai ve ark., 2009).

Lignanlar

Lignanlar, iki sinamik asit kalıntısının veya bunların biyogenetik eşdeğerlerinin birleşmesiyle oluşan fenolik bileşiklerdir (Ayres ve ark., 1990). Üzümü meyvelerdeki lignan içeriğine ilişkin ayrıntılı bilgi sınırlı olmasına karşın, matairesinol, nortrakelogenin, siringaresinol, larisiresinol, pinoresinol ve sekoizolarisiresinolün bu önemli besin kaynağı grubunda bulunan önemli lignanlar olduğu bildirilmiştir (Smeds ve ark., 2012). Antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antiviral, antitümörjenik, antidiyabetik ve antiobezite etkileri gibi birçok sağlığı geliştirici etkiler gösterdikleri ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruma sağlayabildikleri rapor edilmiştir (Bhathena ve Velasquez, 2002; Willför ve ark., 2003; Saarinen ve ark., 2007; Hu ve ark., 2021). Antimikrobiyal aktivite ile ilgili olarak, çeşitli lignanlar biyofilm oluşumunu, bakteri metabolitlerini, membran reseptörlerini ve iyon kanallarını değiştirerek gram-pozitif bakterilere karşı antiviral ve antibakteriyel aktivite sergilemiştir (Álvarez-Martínez ve ark., 2020). Örneğin pinoresinol bazı virüslere karşı aktivite göstermiştir (Azman ve ark., 2018). Lignanların menopoz semptomlarını ve bunun neden olduğu sonuçları (örneğin klimakterik semptomlar, osteoporoz ve östrojene bağlı kanserler) iyileştiren fitoöstrojenler olması nedeniyle çoğu çalışma menopoz sonrası kadınlara odaklanmıştır. Diyetteki lignanların menopoz sonrası kadınlarda kalp damar hastalıklarıyla ilgili risklerin azaltılmasında da rol oynadığı bildirilmiştir (Sammartino ve ark., 2006). Aynı zamanda, menopoz sonrası kadınlarda ve yaşlı erkeklerde yüksek lignan tüketimi ile hipertansiyon ve kalp damar hastalıklarının gelişimi arasında ters bir ilişki olduğu rapor edilmiştir (Pellegrini ve ark., 2010; Witkowska ve ark., 2018).

Stilbenler

Stilbenler, çift bağ ile bağlanmış iki aromatik halkadan oluşan bileşiklerdir ve üzümü meyvelerde monomer, dimer veya oligomer şeklinde bulunurlar (Szajdek ve Borowska, 2008). Bu bileşikler, resveratrol, pterostilben,

pikeatannol, 30-hidroksipterostilben ve piseit gibi stilbenoid bileşiklerle ilişkili sağlık yararları nedeniyle ilgi çekmektedir (Rimando ve ark., 2004). Üzümsü meyvelerdeki en yaygın monomerik stilbenler *E*-resveratrol ve *E*-piseittir. Yaban mersini, kızılçık ve çilekte düşük resveratrol, pterostilben ve pikeatannol konsantrasyonu bildirilmiştir (Paredes-López ve ark., 2010; Błaszczuk ve ark., 2019). Yapılan bir çalışmada, tuzla indüklenen hipertansif gebe sıçan modelinde resveratrol uygulamasının kan basıncını düşürme üzerindeki etkisi araştırılmış ve sonuçlar kan basıncında düşüş olduğunu göstermiştir (Jia ve ark., 2020). Resveratrolün antihipertansif aktivitesinde rol oynayan olası mekanizmalar arasında; süperoksit dismutaz aktivitesinin artması, nitrik oksit süpürme ve reaktif oksijen türleri üretiminin inhibisyonu ve nükleer faktör- κ B'nin regülasyonu yer almaktadır (Fogacci ve ark., 2019). Stilbenoid bileşikler, anti tümöral, antiviral, antiinflamatuvar, anti aterosjenik, yaşlanmayı geciktirici ve nöroprotektif etkiler dahil olmak üzere çok çeşitli biyolojik ve farmakolojik aktiviteler göstermiştir (Lin ve Yao, 2006; Ramprasath ve Jones, 2010; Zhang ve ark., 2010; Nguyen ve ark., 2011; Kasiotis ve ark., 2013; Tsai ve ark., 2017). Yapılan *in vivo* çalışmalar resveratrolün kolon tümörü insidansını, tümör çeşitliliğini ve tümör hacmini azalttığını göstermiştir (Cui ve ark., 2010; Gündoğdu ve Özyurt, 2023). Stilbenler potansiyel anti obezite ajanları olarak büyük ilgi görmektedir. Obezite dünyadaki en yaygın beslenme bozukluğudur. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre obezite, sağlığı etkileyebilecek anormal veya aşırı yağ birikimi olarak tanımlanmaktadır. DSÖ verilerine göre 2022 yılında 890 milyon yetişkinin obez olduğu ve bunun dünya yetişkin nüfusunun yaklaşık %16'sını temsil ettiği belirtilmektedir (WHO, 2024). Dahası, genç nüfusla ilgili endişe verici rakamlar sunulmaktadır (Benbouguerra ve ark., 2021). Obezite, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve endometriyal, meme, yumurtalık, prostat, karaciğer, safra kesesi, böbrek ve kolon gibi bazı kanser türlerinin gelişmesi için de potansiyel bir risk oluşturabilir (Gallagher ve LeRoith, 2015). Enerji/yağ/şeker alımının azaltılması ve fiziksel aktivitenin artırılması yoluyla yaşam tarzının değiştirilmesi yanında, obezitenin engellenmesi adına stilbenler gibi obezite karşıtı biyoaktif moleküller üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılabilir.

Üzümsü Meyve Bazlı Terapötik Fonksiyonel Gıdalar

Son yıllarda hem sağlığı destekleyici hem de hastalıkları önleyici özelliklere sahip üzümsü meyve bazlı fonksiyonel gıdalara ve üzümsü meyvelerin fonksiyonel bileşenlerine olan talepte inanılmaz bir artış görülmektedir. Daha önceden de bahsedildiği üzere, meyveler zengin bir bitkisel besin, diyet lifi, mineral, vitamin, karotenoid, likopen, terpenoid ve yağ asidi kaynağıdır. Üzümsü meyveleri fonksiyonel gıda olarak kullanmanın birçok yolu vardır ve bunlar genel olarak üçe ayrılabilir:

(a) Taze hasat edilmiş meyvelerin tamamının kullanılması ve/veya çeşitli gıda maddelerine ve geleneksel gıda formülasyonlarına dahil edilmesi. En yaygın olarak kullanılan bu yaklaşımda taze hasat edilen üzümsü meyveler bütün olarak yüksek glisemik içerikli unlu mamullere (ekmek, bisküvi/kurabiye, kek, simit, çörek vb.), süt ürünlerine (yoğurt, dondurma) ve yüksek kalorili içeceklerle (meyve suları, spor içecekleri, alkollü içecekler, enerji içecekleri, gazlı içecekler, kokteyller, nektarlar vb) ilave edilip yüksek glisemik indekse sahip kalorili gıdaların olumsuz etkilerini azaltabilir. Benzer şekilde, taze üzümsü meyveler şurup haline getirilebilir, salamura edilebilir, fermente edilebilir, dondurularak toz haline getirilebilir ve evde çeşitli yiyecek/içecek reçetelerinde

kullanılabilir. Dondurularak kurutulmuş tozlar, taze ürünlere kıyasla 4.3 kata kadar daha yüksek antioksidan etki göstermektedir (Miller ve ark., 2000).

(b) Üzüm sü meyvelerden elde edilen biyoaktif bileşenleri (lif, doğal renklendiriciler, uçucu aromatik yağlar vb.) gıda/içecek işleme ve hazırlama süreçlerinde kullanmak. Üzüm sü meyveler aynı zamanda doğal renklendiriciler (likopen, karotenoidler, lutein), diyet lifi (pektin) antioksidanlar (askorbik asit, inülin), meyve dolgu maddeleri, düşük glisemik indeksli doğal meyve tatlandırıcıları ve çok sayıda yiyecek/içeceğin işlenmesinde/hazırlanmasında kullanılabilen yüksek çözünür katı madde içeriği gibi biyoaktif bileşenlerin kaynağıdır (Wallace ve ark., 2020).

(c) Spesifik fitokimyasaların veya bunların ekstraktların/tozların izolasyonu. Üzüm sü meyvelerden elde edilen antosiyanin ve flavonoidler süperkritik sıvı ekstraksiyonu, hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu ve ardından vakumlu kuru evaporatör konsantrasyonu, ultrafiltrasyon, santrifugal konsantrasyon ve/veya dondurarak kurutma gibi yöntemler kullanılarak ekstrakte edilmektedir (Shi ve ark., 2005; Sun-Waterhouse, 2011).

Üzüm sü meyvelerden elde edilen polifenolik ekstraktlar temel olarak gıdaları veya içecekleri zenginleştirmek veya geliştirmek için kullanılabilir. Ayrıca, önceki çalışmalar bu ekstraktların pH'a duyarlı ve ısıya dayanıklı olduğunu ortaya koymuştur ve bu da bağırsak düzeyinde stabilite ve biyoerişilebilirlik/biyoyararlanım açısından bir sorun teşkil etmektedir (Hameed ve ark., 2020b). Bununla birlikte, bu sorun, ince taneli ve kolayca çözülebilen tozların oluşturulduğu polifenolik ekstraktların (mikro/nano) kapsüllemesiyle aşılabilir (Hameed ve ark., 2020a). Kapsülleme, biyoaktif bileşiklerin hedeflenen uygulaması için iyi bir seçenek olmakla kalmaz, aynı zamanda stabiliteyi ve biyoyararlanımı da iyileştirir (Wattanathorn ve ark., 2019). Bu meyvelerin polifenollerini, tek bir fitokimyasalın veya bir grup polifenolün kapsül şeklinde ticari olarak temin edilebildiği doğal sağlık ürünlerine de dönüştürülebilir (Alvarado ve ark., 2016). İleriye dönük olarak, meyvelerden geliştirilen sağlıklı teşvik edici ürünler ne olursa olsun, tüketici algısı/refahı, gıda güvenliği sorunları, (uluslararası) gıda düzenlemeleri, hedef nüfus, hedef biyoaktif bileşikler, hedef bölge, hedef doz ve sağlık talepleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç

Üzüm sü meyvelerin öğünlere dahil edilmesi, insanlarda yemek sonrası glisemik yanıt, enflamasyon belirteçleri ve antioksidatif kapasite üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Uzun süreli üzüm sü meyve ve ürünlerinin tüketimi plazma lipid profilini iyileştirebilir ve metabolik sendrom ve kardiyovasküler hastalıkların risk faktörlerini azaltabilir. En önemli sağlık faydaları, çoğunlukla antioksidan, antikanser, antimutajenik, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve nöroprotektif özelliklerden kaynaklanan fenolik bileşiklere ve C vitaminine atfedilmektedir. Bu derlemede meyve biyoaktif fenolikleri ve flavonoidleri ile ilgili sunulan tüm bu biyolojik aktivitelerin kullanımı, çeşitli hastalık ve bozuklukların önlenmesi ve kontrolü için alternatif üzüm sü meyve bileşiklerinin geliştirilmesini teşvik edebilir. Bu konu, üzüm sü meyvelerin gıda endüstrisinde ve tıpta kullanılması için çok

sayıda fırsat sunabilecek ve çok çeşitli sağlık yararları sağlayacak gelecekteki araştırma öncelikleri için kritik olacaktır.

Bilgi Notu

Hazırlanan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale yayın ve araştırma etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar bu çalışmaya ortak katkı sağlamış olup, yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aaby, K., Grimsbo, I. H., Hovda, M. B. and Rode, T. M. 2018. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food Chemistry*, 260: 115-123.
- Al Mansoori, A., Shakoor, H., Ali, H. I., Feehan, J., Al Dhaheri, A. S., Cheikh Ismail, L., Bosevski, M., Apostolopoulos, V. and Stojanovska, L. 2021. The effects of bariatric surgery on vitamin B status and mental health. *Nutrients*, 13(4): 1383.
- Alvarado, J. L., Leschot, A., Olivera-Nappa, Á., Salgado, A.-M., Rioseco, H., Lyon, C. and Vigil, P. 2016. Delphinidin-rich maqui berry extract (Delphinol®) lowers fasting and postprandial glycemia and insulinemia in prediabetic individuals during oral glucose tolerance tests. *BioMed Research International*, 2016.
- Álvarez-Martínez, F. J., Barrajón-Catalán, E., Encinar, J. A., Rodríguez-Díaz, J. C. and Micol, V. 2020. Antimicrobial capacity of plant polyphenols against gram-positive bacteria: A comprehensive review. *Current Medicinal Chemistry*, 27(15): 2576-2606.
- Amakura, Y., Okada, M., Tsuji, S. and Tonogai, Y. 2000. High-performance liquid chromatographic determination with photodiode array detection of ellagic acid in fresh and processed fruits. *Journal of Chromatography A*, 896(1-2): 87-93.
- Anantharaju, P. G., Gowda, P. C., Vimalambike, M. G. and Madhunapantula, S. V. 2016. An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. *Nutrition Journal*, 15: 1-16.
- Antoniades, C., Shirodaria, C., Crabtree, M., Ratnatunga, C., Pillai, R., Neubauer, S. and Channon, K. 2007. Low-and high-dose treatment with folic acid, equally improve endothelial function and decrease superoxide production in human vessels via tetrahydrobiopterin-mediated eNOS coupling. *European Heart Journal*, 28.
- Arfaoui, L. 2021. Dietary plant polyphenols: Effects of food processing on their content and bioavailability. *Molecules*, 26(10): 2959.
- Arrigoni, O. and De Tullio, M. C. 2000. The role of ascorbic acid in cell metabolism: between gene-directed functions and unpredictable chemical reactions. *Journal of Plant Physiology*, 157(5): 481-488.

- Ashok, P. K. and Upadhyaya, K. 2012. Tannins are astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(3): 45-50.
- Ashor, A. W., Brown, R., Keenan, P. D., Willis, N. D., Siervo, M. and Mathers, J. C. 2019. Limited evidence for a beneficial effect of vitamin C supplementation on biomarkers of cardiovascular diseases: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Nutrition Research*, 61: 1-12.
- Aura, A.-M., Holopainen-Mantila, U., Sibakov, J., Kössö, T., Morkkila, M. and Kaisa, P. 2015. Bilberry and bilberry press cake as sources of dietary fibre. *Food & Nutrition Research*, 59(1): 28367.
- Ayres, D. C., Loike, J. D. and Loike, J. D. 1990. *Lignans: chemical, biological and clinical properties*. Cambridge university press.
- Azman, N. S. N., Hossan, M. S., Nissapatorn, V., Uthaiipibull, C., Prommana, P., Jin, K. T., Rahmatullah, M., Mahboob, T., Raju, C. S. and Jindal, H. M. 2018. Anti-infective activities of 11 plants species used in traditional medicine in Malaysia. *Experimental Parasitology*, 194: 67-78.
- Baenas, N., Nuñez-Gómez, V., Navarro-González, I., Sánchez-Martínez, L., García-Alonso, J., Periago, M. J. and González-Barrio, R. 2020. Raspberry dietary fibre: Chemical properties, functional evaluation and prebiotic in vitro effect. *LWT - Food Science and Technology*, 134: 110140.
- Basile, T., Marsico, A. D., Cardone, M. F., Antonacci, D. and Perniola, R. 2020. FT-NIR analysis of intact table grape berries to understand consumer preference driving factors. *Foods*, 9(1): 98.
- Bastías-Montes, J. M., Monterrosa, K., Muñoz-Fariña, O., García, O., Acuña-Nelson, S. M., Vidal-San Martín, C., Quevedo-Leon, R., Kubo, I., Avila-Acevedo, J. G. and Domiguez-Lopez, M. 2020. Chemoprotective and antiobesity effects of tocopherols from seed oil of Maqui-berry: Their antioxidative and digestive enzyme inhibition potential. *Food and Chemical Toxicology*, 136: 111036.
- Bederska-Łojewska, D., Pieszka, M., Marzec, A., Rudzińska, M., Grygier, A., Siger, A., Cieślak-Boczula, K., Orczewska-Dudek, S. and Migdał, W. 2021. Physicochemical properties, fatty acid composition, volatile compounds of blueberries, cranberries, raspberries, and cuckooflower seeds obtained using sonication method. *Molecules*, 26(24): 7446.
- Benbouguerra, N., Hornedo-Ortega, R., Garcia, F., El Khawand, T., Saucier, C. and Richard, T. 2021. Stilbenes in grape berries and wine and their potential role as anti-obesity agents: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 112: 362-381.
- Bender, D. 2003. Vitamin C (ascorbic acid). *Nutritional Biochemistry of the Vitamins*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 357-384.
- Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. A. and Bertelli, D. 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of Food Science*, 69(3): FCT164-FCT169.
- Bernatoniene, J. and Kopustinskiene, D. M. 2018. The role of catechins in cellular responses to oxidative stress. *Molecules*, 23(4), 965.

- Bhaswant, M., Shafie, S. R., Mathai, M. L., Mouatt, P. and Brown, L. 2017. Anthocyanins in chokeberry and purple maize attenuate diet-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrition*, 41: 24-31.
- Bhathena, S. J. and Velasquez, M. T. 2002. Beneficial role of dietary phytoestrogens in obesity and diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(6): 1191-1201.
- Blasi, F., Montesano, D., Simonetti, M. S. and Cossignani, L. 2017. A simple and rapid extraction method to evaluate the fatty acid composition and nutritional value of goji berry lipid. *Food Analytical Methods*, 10: 970-979.
- Błaszczuk, A., Sady, S. and Sielicka, M. 2019. The stilbene profile in edible berries. *Phytochemistry Reviews*, 18: 37-67.
- Borges, G., Degeneve, A., Mullen, W. and Crozier, A. 2010. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants, and cranberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7): 3901-3909.
- Bouyahya, A., Omari, N. E., El Hachlafi, N., Jemly, M. E., Hakkour, M., Balahbib, A., El Menyiy, N., Bakrim, S., Naceiri Mrabti, H. and Khouchlaa, A. 2022. Chemical compounds of berry-derived polyphenols and their effects on gut microbiota, inflammation, and cancer. *Molecules*, 27(10): 3286.
- Calder, P. C. 2009. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: New twists in an old tale. *Biochimie*, 91(6): 791-795.
- Căpriță, A., Căpriță, R., Simulescu, V. O. G. and Drehe, R. M. 2010. Dietary fiber: chemical and functional properties. *J. Agroaliment. Processes Technol*, 16: 406-410.
- Carey, A. N., Gomes, S. M. and Shukitt-Hale, B. 2014. Blueberry supplementation improves memory in middle-aged mice fed a high-fat diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(18): 3972-3978.
- Castro, D. D. S. D. and Teodoro, A. J. 2015. Anticancer properties of bioactive compounds of berry fruits-a review, *British Journal of Medicine and Medical Research*, 6(8): 771-794.
- Česonienė, L., Labokas, J., Jasutienė, I., Šarkinas, A., Kaškonienė, V., Kaškonas, P., Kazernavičiūtė, R., Pažereckaitė, A. and Daubaras, R. 2021. Bioactive compounds, antioxidant, and antibacterial properties of *Lonicera caerulea* berries: Evaluation of 11 cultivars. *Plants*, 10(4): 624.
- Chen, L., Xin, X., Lan, R., Yuan, Q., Wang, X. and Li, Y. 2014. Isolation of cyanidin 3-glucoside from blue honeysuckle fruits by high-speed counter-current chromatography. *Food Chemistry*, 152: 386-390.
- Cheyrier, V., Duenas-Paton, M., Salas, E., Maury, C., Souquet, J.-M., Sarni-Manchado, P. and Fulcrand, H. 2006. Structure and properties of wine pigments and tannins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3): 298-305.
- Chung, K.-T., Wong, T. Y., Wei, C.-I., Huang, Y.-W. and Lin, Y. 1998. Tannins and human health: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6): 421-464.
- Coleman, C. M. and Ferreira, D. 2020. Oligosaccharides and complex carbohydrates: A new paradigm for cranberry bioactivity. *Molecules*, 25(4): 881.

- Colunga Biancatelli, R. M. L., Berrill, M. and Marik, P. E. 2020. The antiviral properties of vitamin C. *Expert Review of Anti-infective Therapy*, 18(2): 99-101.
- Cormick, G., Ciapponi, A., Cafferata, M. L., Cormick, M. S. and Belizán, J. M. 2021. Calcium supplementation for prevention of primary hypertension. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (8).
- Costa, S. L., Silva, V. D. A., dos Santos Souza, C., Santos, C. C., Paris, I., Muñoz, P. and Segura-Aguilar, J. 2016. Impact of plant-derived flavonoids on neurodegenerative diseases. *Neurotoxicity Research*, 30: 41-52.
- Cui, X., Jin, Y., Hofseth, A. B., Pena, E., Habiger, J., Chumanevich, A., Poudyal, D., Nagarkatti, M., Nagarkatti, P. S. and Singh, U. P. 2010. Resveratrol suppresses colitis and colon cancer associated with colitis. *Cancer Prevention Research*, 3(4): 549-559.
- Cummings, J. H., Edmond, L. M. and Magee, E. A. 2004. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fibre concept? *Clinical Nutrition Supplements*, 1(2): 5-17.
- Dağdelen, C., Seyhan, B. ve İncedayı, B. 2019. Dondurulmuş bazı meyve ve sebzelerin toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve mikrobiyal yük açısından değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak.Derg.*, 33(2): 273-292.
- Davies, M. B., Partridge, D. A. and Austin, J. 2007. *Vitamin C: its chemistry and biochemistry*. Royal Society of Chemistry.
- de Pascual-Teresa, S. and Sanchez-Ballesta, M. T. 2008. Anthocyanins: from plant to health. *Phytochemistry Reviews*, 7: 281-299.
- Debom, G., Gazal, M., Soares, M. S. P., do Couto, C. A. T., Mattos, B., Lencina, C., Kaster, M. P., Ghisleni, G. C., Tavares, R. and Braganhol, E. 2016. Preventive effects of blueberry extract on behavioral and biochemical dysfunctions in rats submitted to a model of manic behavior induced by ketamine. *Brain Research Bulletin*, 127: 260-269.
- Del Bubba, M., Checchini, L., Chiuminatto, U., Doumet, S., Fibbi, D. and Giordani, E. 2012. Liquid chromatographic/electrospray ionization tandem mass spectrometric study of polyphenolic composition of four cultivars of *Fragaria vesca* L. berries and their comparative evaluation. *Journal of Mass Spectrometry*, 47(9): 1207-1220.
- del Río-Celestino, M. and Font, R. 2020. The health benefits of fruits and vegetables. In (Vol. 9, pp. 369): MDPI.
- Del Rio, D., Borges, G., and Crozier, A. 2010. Berry flavonoids and phenolics: bioavailability and evidence of protective effects. *British Journal of Nutrition*, 104(S3): S67-S90.
- Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. and Paredes-López, O. 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains—characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(3): 173-289.

- Dermesonlouoglou, E., Chalkia, A., Dimopoulos, G. and Taoukis, P. 2018. Combined effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pre-treatments on mass transfer and quality of air dried goji berry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49: 106-115.
- de Souza, V. R., Pereira, P. A. P., da Silva, T. L. T., de Oliveira Lima, L. C., Pio, R. and Queiroz, F. 2014. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156: 362-368.
- Di Vittori, L., Mazzoni, L., Battino, M. and Mezzetti, B. 2018. Pre-harvest factors influencing the quality of berries. *Scientia Horticulturae*, 233: 310-322.
- Dienaitė, L., Baranauskienė, R. and Venskutonis, P. R. 2021. Lipophilic extracts isolated from European cranberry bush (*Viburnum opulus*) and sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berry pomace by supercritical CO₂—Promising bioactive ingredients for foods and nutraceuticals. *Food Chemistry*, 348: 129047.
- Dönmez, C., Yalçın, F. N., Boyacıoğlu, Ö., Korkusuz, P., Akkol, E. K., Nemutlu, E., Balaban, Y. H. and Çalışkan, U. K. 2020. From nutrition to medicine: Assessing hemorrhoid healing activity of *Solanum melongena* L. via *in vivo* experimental models and its major chemicals. *Journal of Ethnopharmacology*, 261: 113143.
- Dröge, W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiological reviews*.
- Dulf, F. V., Andrei, S., Bunea, A. and Socaciu, C. 2012. Fatty acid and phytosterol contents of some Romanian wild and cultivated berry pomaces. *Chemical Papers*, 66: 925-934.
- Endes, Z., Uslu, N., Özcan, M. M. and Er, F. 2015. Physico-chemical properties, fatty acid composition and mineral contents of goji berry (*Lycium barbarum* L.) fruit. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 21(1): 36-40.
- Farvid, M. S., Ding, M., Pan, A., Sun, Q., Chiuve, S. E., Steffen, L. M., Willett, W. C. and Hu, F. B. 2014. Dietary linoleic acid and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Circulation*, 130(18): 1568-1578.
- Fogacci, F., Fogacci, S. and Cicero, A. 2019. Resveratrol for high blood pressure: A total failure or the need to identify the right patient? *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*, 26: 421-423.
- Förstermann, U. 2010. Nitric oxide and oxidative stress in vascular disease. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 459: 923-939.
- Gallagher, E. J. and LeRoith, D. 2015. Obesity and diabetes: the increased risk of cancer and cancer-related mortality. *Physiological Reviews*, 95(3), 727-748.
- Galleano, M., Verstraeten, S. V., Oteiza, P. I. and Fraga, C. G. 2010. Antioxidant actions of flavonoids: thermodynamic and kinetic analysis. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 501(1): 23-30.
- Gardener, S. L., Rainey-Smith, S. R., Weinborn, M., Bondonno, C. P. and Martins, R. N. 2021. Intake of products containing anthocyanins, flavanols, and flavanones, and cognitive function: a narrative review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13: 640381.

- Geetha, S., Singh, V., Ram, M. S., Ilavazhagan, G., Banerjee, P. and Sawhney, R. 2005. Immunomodulatory effects of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) against chromium (VI) induced immunosuppression. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 278: 101-109.
- Golovinskaia, O. and Wang, C. K. 2021. Review of functional and pharmacological activities of berries. *Molecules*, 26(13): 3904.
- Goszcz, K., Deakin, S. J., Duthie, G. G., Stewart, D., Leslie, S. J. and Megson, I. L. 2015. Antioxidants in cardiovascular therapy: panacea or false hope? *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2: 29.
- Gündoğdu, A. Ç. and Özyurt, R. 2023. Resveratrol downregulates ENaCs through the activation of AMPK in human colon cancer cells. *Tissue and Cell*, 82: 102071.
- Hacisevki, A. 2009. An overview of ascorbic acid biochemistry. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 38(3): 233-255.
- Hägg, M., Ylikoski, S. and Kumpulainen, J. 1995. Vitamin C content in fruits and berries consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8(1): 12-20.
- Hakala, M., Lapveteläinen, A., Huopalahti, R., Kallio, H. and Tahvonon, R. 2003. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. *Journal of Food composition and Analysis*, 16(1): 67-80.
- Häkkinen, S. H., Kärenlampi, S. O., Mykkänen, H. M., Heinonen, I. M. and Törrönen, A. R. 2000. Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. *European Food Research and Technology*, 212: 75-80.
- Hameed, A., Galli, M., Adamska-Patruno, E., Krętownski, A. and Ciborowski, M. 2020a. Select polyphenol-rich berry consumption to defer or deter diabetes and diabetes-related complications. *Nutrients*, 12(9): 2538.
- Hameed, A., Hussain, S. A., Ijaz, M. U., Ullah, S., Muhammad, Z., Suleria, H. A. R. and Song, Y. 2020b. Antioxidant activity of polyphenolic extracts of filamentous fungus *Mucor circinelloides* (WJ11): Extraction, characterization and storage stability of food emulsions. *Food Bioscience*, 34: 100525.
- Han, X., Shen, T., and Lou, H. 2007. Dietary polyphenols and their biological significance. *International Journal of Molecular Sciences*, 8(9): 950-988.
- Hosseinpour-Niazi, S., Mirmiran, P., Mirzaei, S. and Azizi, F. 2015. Cereal, fruit and vegetable fibre intake and the risk of the metabolic syndrome: a prospective study in the Tehran Lipid and Glucose Study. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 28(3): 236-245.
- Hu, Y., Li, Y., Sampson, L., Wang, M., Manson, J. E., Rimm, E. and Sun, Q. 2021. Lignan intake and risk of coronary heart disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 78(7): 666-678.
- Hussain, F., Malik, A., Ayyaz, U., Shafique, H., Rana, Z. and Hussain, Z. 2017. Efficient hepatoprotective activity of cranberry extract against CCl₄-induced hepatotoxicity in Wistar albino rat model: Down-regulation of liver enzymes and strong antioxidant activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(11): 1054-1058.

- Ide, K., Matsuoka, N., Yamada, H., Furushima, D. and Kawakami, K. 2018. Effects of tea catechins on Alzheimer's disease: Recent updates and perspectives. *Molecules*, 23(9): 2357.
- Ilić, T., Dodevska, M., Marčetić, M., Božić, D., Kodranov, I. and Vidović, B. 2020. Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial properties of goji berries cultivated in Serbia. *Foods*, 9(11): 1614.
- Iqbal, K., Khan, A. and Khattak, M. 2004. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health-a review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(1): 5-13.
- Jenkins, D., Srichaikul, K., Kendall, C., Sievenpiper, J., Abdunour, S., Mirrahimi, A., Meneses, C., Nishi, S., He, X. and Lee, S. 2011. The relation of low glycaemic index fruit consumption to glycaemic control and risk factors for coronary heart disease in type 2 diabetes. *Diabetologia*, 54: 271-279.
- Jia, X., Zhang, R., Guo, J., Yue, H., Liu, Q., Guo, L. and Zhang, Q. 2020. Resveratrol supplementation prevents hypertension in hypertensive pregnant rats by increasing sodium excretion and serum nitric oxide level. *International Journal of Hypertension*, 2020: 1-7.
- Jiang, H., Zhang, W., Li, X., Xu, Y., Cao, J. and Jiang, W. 2021. The anti-obesogenic effects of dietary berry fruits: A review. *Food Research International*, 147: 110539.
- Jimenez-Garcia, S. N., Guevara-Gonzalez, R. G., Miranda-Lopez, R., Feregrino-Perez, A. A., Torres-Pacheco, I. and Vazquez-Cruz, M. A. 2013. Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: Biochemistry, biotechnology, and genomics. *Food Research International*, 54(1): 1195-1207.
- Johansson, A. K., Korte, H., Yang, B., Stanley, J. C. and Kallio, H. P. 2000. Sea buckthorn berry oil inhibits platelet aggregation. *The Journal of nutritional biochemistry*, 11(10): 491-495.
- Johnston, C. and Steinberg, F. 2007. Ascorbic acid In J. Zempleni, RB Rucker, DB McCormick & JW Suttie (Eds.), Handbook of Vitamins. In: Boca Raton CRC Press.
- Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L. R., Krikorian, R., Stull, A. J., Tremblay, F. and Zamora-Ros, R. 2020. Recent research on the health benefits of blueberries and their anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 11(2): 224-236.
- Kalt, W., Hanneken, A., Milbury, P. and Tremblay, F. 2010. Recent research on polyphenolics in vision and eye health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7): 4001-4007.
- Kapoor, R. and Huang, Y. S. 2006. Gamma linolenic acid: an antiinflammatory omega-6 fatty acid. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 7(6): 531-534.
- Karppi, J., Nurmi, T., Kurl, S., Rissanen, T. H. and Nyssönen, K. 2010. Lycopene, lutein and β -carotene as determinants of LDL conjugated dienes in serum. *Atherosclerosis*, 209(2): 565-572.
- Kasiotis, K. M., Pratsinis, H., Kletsas, D. and Haroutounian, S. A. 2013. Resveratrol and related stilbenes: their anti-aging and anti-angiogenic properties. *Food and Chemical Toxicology*, 61: 112-120.
- Khattak, K. F. 2012. Free radical scavenging activity, phytochemical composition and nutrient analysis of *Elaeagnus umbellata* berry. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(39): 5196-5203.

- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T. and Lim, S. M. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1): 1-21.
- Kim, J. S. 2018. Antioxidant activities of selected berries and their free, esterified, and insoluble-bound phenolic acid contents. *Preventive Nutrition And Food Science*, 23(1): 35.
- Kim, Y., Keogh, J. B. and Clifton, P. M. 2016. Polyphenols and glycemic control. *Nutrients*, 8(1): 17.
- King, E. S. and Bolling, B. W. 2020. Composition, polyphenol bioavailability, and health benefits of aronia berry: A review. *Journal of Food Bioactives*, 11: 13-30.
- Klavins, L., Klavina, L., Huna, A. and Klavins, M. 2015. Polyphenols, carbohydrates and lipids in berries of *Vaccinium* species. *Environmental and Experimental Biology*, 13: 147-158.
- Klavins, L., Viksna, A., Kvišis, J. and Klavins, M. 2019. Lipids of cultivated and wild *Vaccinium* spp. berries from Latvia.
- Koh, A., De Vadder, F., Kovatcheva-Datchary, P. and Bäckhed, F. 2016. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell*, 165(6): 1332-1345.
- Kowalenko, C. G. 2005. Accumulation and distribution of micronutrients in Willamette red raspberry plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 85(1): 179-191.
- Krga, I. and Milenkovic, D. 2019. Anthocyanins: From sources and bioavailability to cardiovascular-health benefits and molecular mechanisms of action. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(7): 1771-1783.
- Kumar, N. and Goel, N. 2019. Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology reports*, 24: e00370.
- Kumar, R., Vijayalakshmi, S., and Nadasabapathi, S. 2017. Health benefits of quercetin. *Def. Life Sci. J*, 2(10).
- Lee, S. G., Vance, T. M., Nam, T.-G., Kim, D.-O., Koo, S. I. and Chun, O. K. 2015. Contribution of anthocyanin composition to total antioxidant capacity of berries. *Plant foods for human nutrition*, 70: 427-432.
- Li, Y., Li, T., Yan, Z., Bariami, W., Wu, C., Yan, S., Fan, G., Li, X., Zhou, D., Cong, K. and Cheng, J. 2024. Carotenoids in berries: Composition, benefits, metabolic processes and influencing factors - A review. *Scientia Horticulturae*, 329: 112956.
- Lin, M. and Yao, C.-S. 2006. Natural oligostilbenes. *Studies in Natural Products Chemistry*, 33: 601-644.
- Liu, R. H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 134(12): 3479S-3485S.
- Liu, J., Hefni, M. E. and Witthöft, C. M. 2020. Characterization of flavonoid compounds in common Swedish berry species. *Foods*, 9(3): 358.
- Liu, R. H. 2013. Health-Promoting Components of Fruits and Vegetables in the Diet. *Advances in Nutrition*, 4(3): 384S-392S.

- Lorenzo, C., Pardo, F., Zalacain, A., Alonso, G. L. and Salinas, M. R. 2005. Effect of red grapes co-winemaking in polyphenols and color of wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19): 7609-7616.
- Ma, W., Lu, S., Li, W., Nai, G., Ma, Z., Li, Y., Chen, B. and Mao, J. 2023. Transcriptome and metabolites analysis of water-stressed grape berries at different growth stages. *Physiologia Plantarum*, 175(3): e13910.
- Marklund, M., Wu, J. H. Y., Imamura, F., Del Gobbo, L. C., Fretts, A., de Goede, J., Shi, P., Tintle, N., Wennberg, M., Aslibekyan, S., Chen, T. A., de Oliveira Otto, M. C., Hirakawa, Y., Eriksen, H. H., Kröger, J., Laguzzi, F., Lankinen, M., Murphy, R. A., Prem, K., Samieri, C., Virtanen, J., Wood, A. C., Wong, K., Yang, W. S., Zhou, X., Baylin, A., Boer, J. M. A., Brouwer, I. A., Campos, H., Chaves, P. H. M., Chien, K. L., de Faire, U., Djoussé, L., Eiriksdottir, G., El-Abbadi, N., Forouhi, N. G., Michael Gaziano, J., Geleijnse, J. M., Gigante, B., Giles, G., Guallar, E., Gudnason, V., Harris, T., Harris, W. S., Helmer, C., Hellenius, M. L., Hodge, A., Hu, F. B., Jacques, P. F., Jansson, J. H., Kalsbeek, A., Khaw, K. T., Koh, W. P., Laakso, M., Leander, K., Lin, H. J., Lind, L., Luben, R., Luo, J., McKnight, B., Mursu, J., Ninomiya, T., Overvad, K., Psaty, B. M., Rimm, E., Schulze, M. B., Siscovick, D., Skjelbo Nielsen, M., Smith, A. V., Steffen, B. T., Steffen, L., Sun, Q., Sundström, J., Tsai, M. Y., Tunstall-Pedoe, H., Uusitupa, M. I. J., van Dam, R. M., Veenstra, J., Monique Verschuren, W. M., Wareham, N., Willett, W., Woodward, M., Yuan, J. M., Micha, R., Lemaitre, R. N., Mozaffarian, D. and Risérus, U. 2019. Biomarkers of Dietary Omega-6 Fatty Acids and Incident Cardiovascular Disease and Mortality. *Circulation*, 139(21): 2422-2436.
- Martín-Gómez, J., Varo, M. Á., Mérida, J. and Serratos, M. P. 2020. Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *LWT - Food Science and Technology*, 120: 108931.
- McDougall, G. J., Gordon, S., Brennan, R. and Stewart, D. 2005. Anthocyanin–flavanol condensation products from black currant (*Ribes nigrum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20): 7878-7885.
- Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Stampar, F. and Veberic, R. 2012. HPLC–MSn identification and quantification of flavonol glycosides in 28 wild and cultivated berry species. *Food Chemistry*, 135(4): 2138-2146.
- Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A. and Kanter, M. 2000. Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American college of Nutrition*, 19(sup3), 312S-319S.
- Miller, V., Mente, A., Dehghan, M., Rangarajan, S., Zhang, X., Swaminathan, S., Dagenais, G., Gupta, R., Mohan, V. and Lear, S. 2017. Fruit, vegetable, and legume intake, and cardiovascular disease and deaths in 18 countries (PURE): a prospective cohort study. *The Lancet*, 390(10107): 2037-2049.
- Mullen, W., McGinn, J., Lean, M. E., MacLean, M. R., Gardner, P., Duthie, G. G., Yokota, T. and Crozier, A. 2002a. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(18): 5191-5196.
- Mullen, W., Stewart, A. J., Lean, M. E., Gardner, P., Duthie, G. G. and Crozier, A. 2002b. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(18): 5197-5201.

- Musso, G., Gambino, R. and Cassader, M. 2011. Interactions between gut microbiota and host metabolism predisposing to obesity and diabetes. *Annual review of medicine*, 62: 361-380.
- Naderi, N. and House, J. D. 2018. Chapter Five - Recent Developments in Folate Nutrition. In N. A. M. Eskin (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research*, 83: 195-213.
- Naidu, K. A. 2003. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, 2: 1-10.
- Nathan, D. M., Buse, J. B., Davidson, M. B., Heine, R. J., Holman, R. R., Sherwin, R. and Zinman, B. 2006. Management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a consensus algorithm for the initiation and adjustment of therapy: a consensus statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care*, 29(8): 1963-1972.
- Nayak, B., Liu, R. H. and Tang, J. 2015. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7): 887-918.
- Ngo, B., Van Riper, J. M., Cantley, L. C. and Yun, J. 2019. Targeting cancer vulnerabilities with high-dose vitamin C. *Nature Reviews Cancer*, 19(5): 271-282.
- Nguyen, T. N. A., Dao, T. T., Tung, B. T., Choi, H., Kim, E., Park, J., Lim, S.-I. and Oh, W. K. 2011. Influenza A (H1N1) neuraminidase inhibitors from *Vitis amurensis*. *Food Chemistry*, 124(2): 437-443.
- Nicholson, S. K., Tucker, G. A. and Brameld, J. M. 2010. Physiological concentrations of dietary polyphenols regulate vascular endothelial cell expression of genes important in cardiovascular health. *British Journal of Nutrition*, 103(10): 1398-1403.
- Nile, S. H. and Park, S. W. 2014. Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30(2): 134-144.
- Nilsen-Nygaard, J., Fernández, E. N., Radusin, T., Rotabakk, B. T., Sarfraz, J., Sharmin, N., Sivertsvik, M., Sone, I. and Pettersen, M. K. 2021. Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2): 1333-1380.
- Niro, S., Fratianni, A., Panfili, G., Falasca, L., Cinquanta, L. and Alam, M. R. 2017. Nutritional evaluation of fresh and dried goji berries cultivated in Italy. *Italian Journal of Food Science*, 29(3): 398-408.
- Norum, K. R. and Blomhoff, R. 1992. McCollum Award Lecture, 1992: vitamin A absorption, transport, cellular uptake, and storage. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56(4): 735-744.
- Novotny, J. A., Baer, D. J., Khoo, C., Gebauer, S. K. and Charron, C. S. 2015. Cranberry Juice Consumption Lowers Markers of Cardiometabolic Risk, Including Blood Pressure and Circulating C-Reactive Protein, Triglyceride, and Glucose Concentrations in Adults^{1, 2, 3, 4}. *The Journal of Nutrition*, 145(6): 1185-1193.
- Otero, P., Bonet, B., Herrera, E. and Rabano, A. 2005. Development of atherosclerosis in the diabetic BALB/c mice: prevention with vitamin E administration. *Atherosclerosis*, 182(2): 259-265.

- Padayatty, S. J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J.-H., Chen, S., Corpe, C., Dutta, A. and Dutta, S. K. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition*, 22(1): 18-35.
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A. and Diamantidis, G. 2007. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102(3): 777-783.
- Pappas, E. and Schaich, K. 2009. Phytochemicals of cranberries and cranberry products: characterization, potential health effects, and processing stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(9): 741-781.
- Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Pérez, M. and Hernández-Pérez, T. 2010. Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life—a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65: 299-308.
- Pascual-Teresa, D., Moreno, D. A. and García-Viguera, C. 2010. Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: a review of current evidence. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(4): 1679-1703.
- Patel, R. V., Mistry, B. M., Shinde, S. K., Syed, R., Singh, V. and Shin, H. S. 2018. Therapeutic potential of quercetin as a cardiovascular agent. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 155: 889-904.
- Pellegrini, N., Valtueña, S., Ardigò, D., Brighenti, F., Franzini, L., Del Rio, D., Scazzina, F., Piatti, P. and Zavaroni, I. 2010. Intake of the plant lignans matairesinol, secoisolariciresinol, pinoresinol, and lariciresinol in relation to vascular inflammation and endothelial dysfunction in middle age-elderly men and post-menopausal women living in Northern Italy. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 20(1): 64-71.
- Peña-Sanhueza, D., Inostroza-Blancheteau, C., Ribera-Fonseca, A. and Reyes-Díaz, M. 2017. Anthocyanins in berries and their potential use in human health. *Superfood and Functional Food—The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine; Shiomi, N., Waisundara, V., Eds*, 155-172.
- Pfeiffer, C. M., Caudill, S. P., Gunter, E. W., Osterloh, J. and Sampson, E. J. 2005. Biochemical indicators of B vitamin status in the US population after folic acid fortification: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2000. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(2): 442-450.
- Prosky, L. 2000. What is dietary fiber? *Journal of AOAC International*, 83(4): 985-987.
- Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Alakomi, H.-L. and Oksman-Caldentey, K.-M. 2005a. Bioactive berry compounds—novel tools against human pathogens. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 67: 8-18.
- Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Hartmann-Schmidlin, S., Kähkönen, M., Heinonen, M., Määttä-Riihinen, K. and Oksman-Caldentey, K. M. 2005b. Berry phenolics selectively inhibit the growth of intestinal pathogens. *Journal of Applied Microbiology*, 98(4): 991-1000.
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C. and Pouységü, L. 2011. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3): 586-621.

- Ramprasath, V. and Jones, P. 2010. Anti-atherogenic effects of resveratrol. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7): 660-668.
- Ranard, K. M. and Erdman Jr, J. W. 2018. Effects of dietary RRR α -tocopherol vs all-racemic α -tocopherol on health outcomes. *Nutrition Reviews*, 76(3): 141-153.
- Reboredo-Rodriguez, P. 2018. Potential roles of berries in the prevention of breast cancer progression. *Journal of Berry Research*, 8(4): 307-323.
- Richardson, D. P., Ansell, J. and Drummond, L. N. 2018. The nutritional and health attributes of kiwifruit: a review. *European Journal of Nutrition*, 57: 2659-2676.
- Rimando, A. M., Kalt, W., Magee, J. B., Dewey, J. and Ballington, J. R. 2004. Resveratrol, pterostilbene, and piceatannol in vaccinium berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15): 4713-4719.
- Rocha, L. D., Monteiro, M. C. and Teodoro, A. J. 2012. Anticancer properties of hydroxycinnamic acids-a review. *Cancer Clin Oncol*, 1(2): 109-121.
- Rodrigo, R., Miranda, A. and Vergara, L. 2011. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *Clinica Chimica Acta*, 412(5-6): 410-424.
- Rosa, L., Silva, N., Soares, N., Monteiro, M. and Teodoro, A. 2016. Anticancer properties of phenolic acids in colon cancer-a review. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 6(2): 468.
- Saarinen, N. M., Wärrä, A., Airio, M., Smeds, A. and Mäkelä, S. 2007. Role of dietary lignans in the reduction of breast cancer risk. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(7): 857-866.
- Sagach, V. F., Scrosati, M., Fielding, J., Rossoni, G., Galli, C. and Visioli, F. 2002. The water-soluble vitamin E analogue Trolox protects against ischaemia/reperfusion damage *in vitro* and *ex vivo*. A comparison with vitamin E. *Pharmacological Research*, 45(6): 435-439.
- Sammartino, A., Tommaselli, G. A., Gargano, V., Di Carlo, C., Attianese, W. and Nappi, C. 2006. Short-term effects of a combination of isoflavones, lignans and *Cimicifuga racemosa* on climacteric-related symptoms in postmenopausal women: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Gynecological Endocrinology*, 22(11): 646-650.
- Sandoval-Ramírez, B.-A., Catalán, Ú., Llauradó, E., Valls, R.-M., Salamanca, P., Rubió, L., Yuste, S. and Solà, R. 2022. The health benefits of anthocyanins: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses of observational studies and controlled clinical trials. *Nutrition Reviews*, 80(6): 1515-1530.
- Schulz, M. and Chim, J. F. 2019. Nutritional and bioactive value of Rubus berries. *Food Bioscience*, 31, 100438.
- Seeram, N. P., Momin, R. A., Nair, M. G. and Bourquin, L. D. 2001. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries. *Phytomedicine*, 8(5): 362-369.
- Shabani, S., Rabiei, Z. and Amini-Khoei, H. 2020. Exploring the multifaceted neuroprotective actions of gallic acid: A review. *International Journal of Food Properties*, 23(1): 736-752.
- Shahidi, F. and Naczki, M. 2003. *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC press.

- Shahidi, F. and Yeo, J. 2018. Bioactivities of phenolics by focusing on suppression of chronic diseases: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6): 1573.
- Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., Sharma, R., Gat, Y. and Kumar, A. 2021. Health effects, sources, utilization and safety of tannins: A critical review. *Toxin Reviews*, 40(4): 432-444.
- Shi, J., Nawaz, H., Pohorly, J., Mittal, G., Kakuda, Y. and Jiang, Y. 2005. Extraction of polyphenolics from plant material for functional foods—Engineering and technology. *Food reviews international*, 21(1): 139-166.
- Shirakami, Y. and Shimizu, M. 2018. Possible mechanisms of green tea and its constituents against cancer. *Molecules*, 23(9): 2284.
- Shukitt-Hale, B., Cheng, V. and Joseph, J. A. 2009. Effects of blackberries on motor and cognitive function in aged rats. *Nutritional Neuroscience*, 12(3): 135-140.
- Silva, R. F. and Pogačnik, L. 2020. Polyphenols from food and natural products: Neuroprotection and safety. *Antioxidants*, 9(1): 61.
- Sivaprakasapillai, B., Edirisinghe, I., Randolph, J., Steinberg, F. and Kappagoda, T. 2009. Effect of grape seed extract on blood pressure in subjects with the metabolic syndrome. *Metabolism*, 58(12): 1743-1746.
- Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T. and Sochor, J. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10): 24673-24706.
- Slavin, J. L. and Lloyd, B. 2012. Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, 3(4): 506-516.
- Smeds, A. I., Eklund, P. C. and Willför, S. M. 2012. Content, composition, and stereochemical characterisation of lignans in berries and seeds. *Food Chemistry*, 134(4): 1991-1998.
- Sosa, V., Moliné, T., Somoza, R., Paciucci, R., Kondoh, H. and LLeonart, M. E. 2013. Oxidative stress and cancer: an overview. *Ageing Research Reviews*, 12(1): 376-390.
- Souza Gonzaga, L., Capone, D., Bastian, S. and Jeffery, D. 2021. Defining wine typicity: Sensory characterisation and consumer perspectives. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 27(2): 246-256.
- Stapleton, P. A., James, M. E., Goodwill, A. G. and Frisbee, J. C. 2008. Obesity and vascular dysfunction. *Pathophysiology*, 15(2): 79-89.
- Su, S., Wang, L.-J., Feng, C.-Y., Liu, Y., Li, C.-H., Du, H., Tang, Z.-Q., Xu, Y.-J. and Wang, L.-S. 2016. Fingerprints of anthocyanins and flavonols of *Vaccinium uliginosum* berries from different geographical origins in the Greater Khingan Mountains and their antioxidant capacities. *Food Control*, 64: 218-225.
- Subbiah, V., Zhong, B., Nawaz, M. A., Barrow, C. J., Dunshea, F. R. and Suleria, H. A. 2020. Screening of phenolic compounds in Australian grown berries by LC-ESI-QTOF-MS/MS and determination of their antioxidant potential. *Antioxidants*, 10(1): 26.

- Sun-Waterhouse, D. 2011. The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5): 899-920.
- Sun, Y., Zhang, M. and Mujumdar, A. 2019. Berry drying: Mechanism, pretreatment, drying technology, nutrient preservation, and mathematical models. *Food Engineering Reviews*, 11: 61-77.
- Sytařová, I., Orsavová, J., Snopek, L., Mlček, J., Byczyński, Ł. and Mišurcová, L. 2020. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times. *Food Chemistry*, 310: 125784.
- Szajdek, A. and Borowska, E. 2008. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63: 147-156.
- Talcott, S. T. 2007. Chemical components of berry fruits, *Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion, Food Science And Technology-New York-Marcel Dekker*, 168: 51.
- Tavares, L., Carrilho, D., Tyagi, M., Barata, D., Serra, A. T., Duarte, C. M. M., Duarte, R. O., Feliciano, R. P., Bronze, M. R. and Chicau, P. 2010. Antioxidant capacity of Macaronesian traditional medicinal plants. *Molecules*, 15(4): 2576-2592.
- Till, U., Röhl, P., Jentsch, A., Till, H., Müller, A., Bellstedt, K., Plonné, D., Fink, H. S., Vollandt, R. and Sliwka, U. 2005. Decrease of carotid intima-media thickness in patients at risk to cerebral ischemia after supplementation with folic acid, vitamins B6 and B12. *Atherosclerosis*, 181(1): 131-135.
- Timoshnikov, V. A., Kobzeva, T. V., Polyakov, N. E. and Kontoghiorghes, G. J. 2020. Redox interactions of vitamin C and iron: Inhibition of the pro-oxidant activity by deferiprone. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(11): 3967.
- Tsai, H.-Y., Ho, C.-T. and Chen, Y.K. 2017. Biological actions and molecular effects of resveratrol, pterostilbene, and 3'-hydroxypterostilbene. *Journal of food and drug analysis*, 25(1): 134-147.
- Van den Driessche, J. J., Plat, J. and Mensink, R. P. 2018. Effects of superfoods on risk factors of metabolic syndrome: a systematic review of human intervention trials. *Food & Function*, 9(4): 1944-1966.
- Veronese, N., Solmi, M., Caruso, M. G., Giannelli, G., Osella, A. R., Evangelou, E., Maggi, S., Fontana, L., Stubbs, B. and Tzoulaki, I. 2018. Dietary fiber and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 107(3): 436-444.
- Vilela, A. and Cosme, F. 2016. Drink Red: Phenolic composition of red fruit juices and their sensorial acceptance. *Beverages*, 2(4): 29.
- Vinayagam, R., Jayachandran, M. and Xu, B. 2016. Antidiabetic effects of simple phenolic acids: A comprehensive review. *Phytotherapy Research*, 30(2): 184-199.
- Vorilhon, P., Arpajou, B., Vaillant Roussel, H., Merlin, É., Pereira, B. and Cabaillet, A. 2019. Efficacy of vitamin C for the prevention and treatment of upper respiratory tract infection. A meta-analysis in children. *European Journal of Clinical Pharmacology*, 75: 303-311.

- Wakeel, A., Arif, S., Bashir, M. A., Ahmad, Z., Rehman, H. U., Kiran, A., Ibrahim, S. and Khan, M. R. 2018. Perspectives of folate biofortification of cereal grains. *Journal of Plant Nutrition*, 41(19): 2507-2524.
- Wallace, T. C., Bailey, R. L., Blumberg, J. B., Burton-Freeman, B., Chen, C. O., Crowe-White, K. M., Drewnowski, A., Hooshmand, S., Johnson, E. and Lewis, R. 2020. Fruits, vegetables, and health: A comprehensive narrative, umbrella review of the science and recommendations for enhanced public policy to improve intake. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(13): 2174-2211.
- Wang, D. D. and Hu, F. B. 2018. Precision nutrition for prevention and management of type 2 diabetes. *The lancet Diabetes & Endocrinology*, 6(5): 416-426.
- Watson, A. W., Haskell-Ramsay, C. F., Kennedy, D. O., Cooney, J. M., Trower, T. and Scheepens, A. 2015. Acute supplementation with blackcurrant extracts modulates cognitive functioning and inhibits monoamine oxidase-B in healthy young adults. *Journal of Functional Foods*, 17: 524-539.
- Watson, A., Okello, E., Brooker, H., Lester, S., McDougall, G. and Wesnes, K. 2019. The impact of blackcurrant juice on attention, mood and brain wave spectral activity in young healthy volunteers. *Nutritional Neuroscience*, 22(8): 596-606.
- Wattanathorn, J., Kawvised, S. and Thukham-Mee, W. 2019. Encapsulated mulberry fruit extract alleviates changes in an animal model of menopause with metabolic syndrome. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019: 1-23.
- Weber, F. and Larsen, L. R. 2017. Influence of fruit juice processing on anthocyanin stability. *Food Research International*, 100: 354-365.
- Willför, S. M., Ahotupa, M. O., Hemming, J. E., Reunanen, M. H., Eklund, P. C., Sjöholm, R. E., Eckerman, C. S., Pohjamo, S. P. and Holmbom, B. R. 2003. Antioxidant activity of knotwood extractives and phenolic compounds of selected tree species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26): 7600-7606.
- Witkowska, A. M., Waśkiewicz, A., Zujko, M. E., Szcześniewska, D., Stepaniak, U., Pająk, A. and Drygas, W. 2018. Are total and individual dietary lignans related to cardiovascular disease and its risk factors in postmenopausal women? A nationwide study. *Nutrients*, 10(7): 865.
- WHO. 2002. *The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life* (9241562072).
- WHO. 2024. Obesity and overweight. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Erişim tarihi: 16.09.2024.
- Xing, J., Yang, B., Dong, Y., Wang, B., Wang, J. and Kallio, H. P. 2002. Effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed and pulp oils on experimental models of gastric ulcer in rats. *Fitoterapia*, 73(7-8): 644-650.
- Yadav, R. B. 2021. Potential benefits of berries and their bioactive compounds as functional food component and immune boosting food. In *Immunity Boosting Functional Foods to Combat COVID-19*, (pp. 75-90). CRC Press.

- Yahia, E. M., García-Solis, P. and Celis, M. E. M. 2019. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. In *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* (pp. 19-45). Elsevier.
- Yang, B., Kalimo, K. O., Mattila, L. M., Kallio, S. E., Katajisto, J. K., Peltola, O. J. and Kallio, H. P. 1999. Effects of dietary supplementation with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seed and pulp oils on atopic dermatitis. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 10(11): 622-630.
- Yang, B., Ahotupa, M., Määttä, P. and Kallio, H. 2011. Composition and antioxidative activities of supercritical CO₂-extracted oils from seeds and soft parts of northern berries. *Food Research International*, 44(7): 2009-2017.
- Youn, H. S., Lee, J. Y., Saitoh, S. I., Miyake, K., Kang, K. W., Choi, Y. J. and Hwang, D. H. 2006. Suppression of MyD88-and TRIF-dependent signaling pathways of Toll-like receptor by (-)-epigallocatechin-3-gallate, a polyphenol component of green tea. *Biochemical Pharmacology*, 72(7): 850-859.
- Yang, H., Tian, T., Wu, D., Guo, D. and Lu, J. 2019. Prevention and treatment effects of edible berries for three deadly diseases: Cardiovascular disease, cancer and diabetes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(12): 1903-1912.
- Yousefi, M., Shadnough, M., Khorshidian, N. and Mortazavian, A. M. 2021. Insights to potential antihypertensive activity of berry fruits. *Phytotherapy Research*, 35(2): 846-863.
- Zanotti, I., Dall'Asta, M., Mena, P., Mele, L., Bruni, R., Ray, S. and Del Rio, D. 2015. Atheroprotective effects of (poly) phenols: a focus on cell cholesterol metabolism. *Food & Function*, 6(1): 13-31.
- Zeb, A. 2006. Anticarcinogenic potential of lipids from Hippophae; Evidence from the recent literature. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 7(1): 32.
- Zern, T. L., Wood, R. J., Greene, C., West, K. L., Liu, Y., Aggarwal, D., Shachter, N. S. and Fernandez, M. L. 2005. Grape polyphenols exert a cardioprotective effect in pre- and postmenopausal women by lowering plasma lipids and reducing oxidative stress. *The Journal of Nutrition*, 135(8): 1911-1917.
- Zhang, F., Liu, J. and Shi, J. S. 2010. Anti-inflammatory activities of resveratrol in the brain: role of resveratrol in microglial activation. *European Journal of Pharmacology*, 636(1-3): 1-7.
- Zhang, H., Wang, Z.-Y., Yang, X., Zhao, H.-T., Zhang, Y.-C., Dong, A.-J., Jing, J. and Wang, J. 2014. Determination of free amino acids and 18 elements in freeze-dried strawberry and blueberry fruit using an Amino Acid Analyzer and ICP-MS with micro-wave digestion. *Food Chemistry*, 147: 189-194.
- Zhong, H., Yadav, V., Wen, Z., Zhou, X., Wang, M., Han, S., Pan, M., Zhang, C., Zhang, F. and Wu, X. 2023. Comprehensive metabolomics-based analysis of sugar composition and content in berries of 18 grape varieties. *Frontiers in Plant Science*, 14: 1200071.
- Zorzi, M., Gai, F., Medana, C., Aigotti, R., Morello, S. and Peiretti, P. G. 2020. Bioactive compounds and antioxidant capacity of small berries. *Foods*, 9(5): 623.



Escherichia coli Kaynaklı Gıda Enfeksiyonları^A

Merve GÜNDÜZ^{1*}, Şeniz KARABIYIKLI ÇİÇEK², Ahmet BEKTEŞ³

Öz: *Escherichia coli*, gıda güvenliği ve gıda hijyeninin değerlendirme kriteri olarak kabul görmüş fekal kontaminasyon ve hijyen indikatörü olarak değerlendirilen bir patojendir. Birçok serotipi özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki çocuklarda görülen kronik diyareden ve ölümlerden sorumlu tutulmaktadır. *E. coli* kaynaklı gıda enfeksiyonları incelendiğinde, salgınların büyük çoğunluğuna hayvansal orjinli ürünlerin kaynak teşkil ettiği görülmektedir. Patojen bulaşında rol oynayan başlıca gıdalar, et ve et ürünleri ve çiğ süt veya çiğ süttten elde edilen ürünlerdir. Hayvansal orjinli gıdalara uygulanan yetersiz ısı işlemler enfeksiyonların meydana gelmesi için önemli bir kriterdir. Bunun yanı sıra ıspanak, marul, yonca filizi, karnabahar, tüketime hazır salatalar, un ve unlu mamuller, dondurulmuş gıdalar, yengeç ve karides eti, yumurta, meyve suları, elma şarabı ve restoran yemeklerinin kaynak gösterildiği salgınlar da meydana gelmiştir.

E. coli'nin tanımlanması enfeksiyonların önlenmesi için önem arz etmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte geleneksel tanımlama yöntemlerine alternatif olması için hızlı ve güvenilir sonuç üreten sistemlerin kullanılması yaygınlaşmıştır. Bu derleme çalışmasında, *E. coli*'nin patojenitesi, *E. coli* açısından riskli gıdalar, *E. coli*'nin tanımlanmasında kullanılan bazı yenilikçi yöntemler ve son yıllarda meydana gelen *E. coli* kaynaklı gıda enfeksiyonları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Escherichia coli*, *Escherichia coli*'nin patojenitesi, *Escherichia coli*'nin tanımlanması.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Merve GÜNDÜZ, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye, mervegunduz.mg@gmail.com, [OrcID 0000-0002-7684-4002](https://orcid.org/0000-0002-7684-4002)

² Şeniz KARABIYIKLI ÇİÇEK, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye, seniz.karabiyikli@gop.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9287-9400](https://orcid.org/0000-0001-9287-9400)

³ Ahmet BEKTEŞ, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye, ahmetbektes@windowslive.com, [OrcID 0000-0001-9092-7296](https://orcid.org/0000-0001-9092-7296)

Food Infections Caused by *Escherichia coli*

Abstract: *Escherichia coli* is a pathogen that is evaluated as an indicator of fecal contamination and hygiene, which is accepted as an evaluation criterion of food safety and food hygiene. Many serotypes are blamed for chronic diarrhea and deaths, especially in children in developing countries. When food infections caused by *E. coli* are examined, it seems that animal-derived products are the source of most outbreaks. The main foods that play a role in pathogen transmission are meat and meat products and raw milk or products obtained from raw milk. Insufficient heat treatments applied to foods of animal origin are an important criterion for the occurrence of infections. In addition, lettuce, spinach, alfalfa sprouts, ready-to-consume salads, cauliflower, flour and bakery products, frozen foods, crab and shrimp meat, eggs, fruit juices, cider and restaurant meals have been caused to outbreaks.

The identification of *E. coli* is important for the prevention of infections. With the developing technology, it has become common to use systems that produce fast and reliable results to be an alternative to traditional identification methods. In this review, information about the pathogenicity of *E. coli*, foods at risk for *E. coli*, some innovative methods used for the identification of *E. coli*, and food infections caused by *E. coli* that have occurred in recent years has been provided.

Keywords: *Escherichia coli*, Pathogenicity of *Escherichia coli*, Identification of *Escherichia coli*.

Giriş

Amerika Birleşik Devletleri'nde Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC, Centers for Disease Control and Prevention), her yıl 48 milyon kişinin gıda kaynaklı hastalandığını, 128.000 kişinin hastanede tedavi altına alındığını ve 3.000 kişinin gıda kaynaklı hastalıklar sonucunda hayatını kaybettiğini tahmin etmektedir (Glowacki ve ark., 2019). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2010 yılında dünya çapında 600.652.361 hastalık vakası ve 418.608 ölümden gıda kaynaklı patojenlerin sorumlu olduğunu ve ölümlerin 63.000'den *E. coli*'nin sorumlu olduğunu tahmin etmektedir. Sosyo-ekonomik gelişimin az olduğu Afrika ülkeleri gibi yerlerde gıda güvenliği halk sağlığı için önemli bir sorun halindedir ve dünya genelinde gıda kaynaklı hastalıklar ve bu hastalıklar sonucu ölümün en fazla yaşandığı kıta durumundadır. Afrika ülkelerinde 100.000 kişiden ortalama 2.455 kişi gıda kaynaklı patojenler ile enfekte olmaktadır. WHO 2010 yılında dünya çapında yapmış olduğu araştırmada gıda kaynaklı hastalıkların; %26.6'sının *Salmonella spp.*, %11.2'sinin enteropatojenik *E. coli*, %8.6'sının enterotoksijenik *E. coli*, %5.7'sinin *Campylobacter*, %0.08'inin *Listeria monocytogenes* ve %0.004'ünün Shiga-toksin üreten *E. coli* bakterilerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda hastalıklarda *E. coli*'nin önemli bir payı olduğu anlaşılmıştır (Keba ve ark., 2020; Bhardwaj ve ark., 2021).

E. coli ilk olarak Alman mikrobiyolog ve pediatrist olan Theodor Escherich tarafından 1885 yılında ishali süt çocuklarının dışkısından izole edilmiştir. Enterobacteriaceae familyasının üyesi olan bu bakteri, Gram-negatif, çoğunlukla hareketli, çubuk şeklinde, fakültatif anaerob ve sporsuzdur. Bazı durumlarda kapsül oluşturma yeteneğine sahip olan bu bakterinin optimum üreme sıcaklığının 37 °C, optimum üreme pH'sının 6-7 aralığı olduğu bilinmektedir (Taşdemir, 2009; Bedir, 2016). Fekal kontaminasyon ve hijyen indikatörü olarak değerlendirilebilmektedir. Gıda işletmelerinde, üretim prosesinin güvenilirliği, personel hijyenini ve personel kaynaklı bulaşımın belirlenmesi konusunda oldukça önem arz etmektedir. İnsanların ve hayvanların *E. coli* ile enfekte olmasının sonucunda çok ciddi klinik bulgulara sebep olabilen enfeksiyonlar meydana gelmektedir. İnsanlara genellikle fekal kontaminasyon ve gıdalar aracılığı ile bulaşmakta ve sağlık için tehdit arz etmektedir (Telekoğlu, 2019).

E. coli'nin başlıca bulaşı kaynağı koyun, sığır, geyik, keçi, domuz, kedi, köpek ve kuş gibi hayvanların dışkılarıdır. İnsanlara geçişi; hayvanlara temas edilmesi durumunda hayvandan direkt bulaşı, hayvan dışkısı ile kontamine olmuş gıdalardan ve sulardan bulaşı ve enfekte olmuş kişilerle temas sonucunda olmaktadır (Özyurt, 2011).

***Escherichia coli*'nin Patojenitesi**

E. coli suşlarının çoğu doğal bağırsak florasında apatojen olarak bulunmaktadır ve bağırsak florası için gerekli olan mikroorganizmalardır. Bu suşların, bağışıklık sistemi baskılanmış konaklarda veya bakterinin bağırsak yapısından kaynaklanan koruyucu bariyeri aşması halinde enfeksiyona sebep olduğu bilinmektedir (Değirmenci, 2017). *E. coli*'nin insanlarda gastrointestinal hastalıklara yol açan türleri; klinik sendromlar, patojenite mekanizmaları, O:H serotipleri ve virülans özelliklerine göre 6 grupta sınıflandırılmaktadır. Bu gruplar; Enteropatojenik *E. coli* (EPEC), Enterotoksijenik *E. coli* (ETEC), Enteroinvazif *E. coli* (EIEC), Enterohemorajik *E. coli* (EHEC), Enteroaggregatif *E. coli* (EAEC) veya (EAggEC) ve Diffuz adeziv *E. coli*'dir (DAEC) (Telekoğlu, 2019). Patojen *E. coli* gruplarından EPEC, ETEC ve EIEC'in kaynağı insan olup, bu mikroorganizmalar gıdaya kanalizasyon veya gıda işleyicileri aracılığıyla bulaşırken, EHEC'in bulaş kaynağı süt sığırlarıdır. EHEC gıdalara hayvan dışkısı ve et ve süt ürünlerin elde edilmesi sırasında bulaşmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 2015).

E. coli'nin enfeksiyonlara sebep olan tanımlanmış ilk patojen grubu EPEC'dir. 1940-1950'li yıllarda ABD'de bebeklerde ölüm oranı %50'ye ulaşan enfeksiyonlara yol açmıştır (Ünlütürk ve Turantaş, 2015). Dünya çapında 5 yaşın altındaki çocuklarda görülen diyarenin en yaygın nedenlerindedir. Sebep olduğu enfeksiyonlar, sulu ve potansiyel olarak ölümcül kronik diyarenin başlıca nedenlerindedir ve sıklıkla ateş, su kaybı ve kusma ile birlikte görülür. EPEC'in karakteristik patolojisi, enfekte bağırsak epitel hücrelerinde yapışan ve silen lezyonlar üretme yeteneğidir. Bağırsak dokusunda mikrovillus kaybına, hücre iskelet yapısında aktin birikimine ve bakteri bağlanma noktasında lezyon oluşumuna neden olmaktadır (Pienaar ve ark., 2019). Virülans özelliklerine dayalı olarak, EPEC iki alt türe ayrılmaktadır, bu türler; tipik EPEC (tEPEC) ve atipik EPEC'dir

(aEPEC). Tipik EPEC, demet oluşturan pilus kodlayan EPEC yapışma faktörü (EAF) plazmidine sahipken, aPEC'de ne EAF plazmidine ne de demet oluşturan pilus mevcut değildir. Her iki türü de insanlardan sıklıkla izole edilmesine rağmen aEPEC, sıklıkla hayvansal orjinli gıdalardan izole edilmiştir (Almeida ve ark., 2012).

EIEC, insan kolon mukozasının invazyonu üzerine bağırsak hastalığına neden olan bir bakteri grubudur. *Shigella* ile benzer biyokimyasal ve patojenik özellikler göstermektedir. Neden olduğu enfeksiyonlar, abdominal kramplar, bulantı, ateş, kanlı ve mukuslu diyare gibi semptomlara neden olduğundan klinik görüntüsü açısından *Shigella* türünün neden olduğu basilli dizanteriden ayırt etmek mümkün değildir (Michelacci, 2016). EIEC patojenitesi, kolon epitel hücrelere ulaşma ve onları işgal etme kapasitesine dayanmaktadır. Bu durum hücre içi çoğalmaya yol açmakla birlikte bitişik hücrelere yayılır ve sonuç olarak hücre ölümü gerçekleşir (Bona ve ark., 2019). Hastalığın ilerlemesi sonucu, özellikle de çocuklarda hemolitik üremik sendrom (HUS) meydana gelebilmektedir (Taşdemir, 2009).

ETEC, dünya genelinde gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki çocuklarda ciddi bir sağlık sorunudur ve her yıl yaklaşık 3-5 milyon çocuğun ölümünden sorumlu olduğu bilinmektedir. Neden olduğu enfeksiyon, pirinç suyu görünümünde ishal ve su kaybı ile karakterize edilmektedir (Hara-Kudo ve ark., 2020). İyi hijyen şartlarına sahip gelişmiş ülkelere daha düşük hijyen şartlarına sahip gelişmekte olan ılıman ve sıcak iklimli ülkelere seyahat eden yolcularda görülen ve "turist hastalığı" olarak adlandırılan hastalıkların büyük bir kısmından sorumludur. ETEC'in patojenitesinde, ısıya dirençli ve ısıya duyarlı olmak üzere iki tip toksin rol oynamaktadır. Mikroorganizma içerdiği plazmide bağlı olarak bu toksinlerden sadece bir tanesini veya her ikisini de üretebilme yeteneğine sahiptir. Ürettikleri ısıya duyarlı toksin, immünolojik olarak *Vibrio cholerae* toksinine benzer özellikler göstermektedir ve kolera antitoksini ile nötralize edilebilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2015).

EHEC, *Shigella* benzeri toksin (shiga like toksin/verotoksin) üretebilen bir gruptur. EHEC'in patojenitesinde, *Shigella* benzeri toksin I ve *Shigella* benzeri toksin II olmak üzere iki tip toksin görev almaktadır. EHEC suşlarının neden olduğu insan enfeksiyonları arasında hemorajik olmayan diyare, hemorajik kolit (HC), trombotik trombositopenik purpura (TTP) ve hemolitik üremik sendrom (HUS) yer almaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 2015). EHEC dünya genelinde insan sağlığı üzerinde ciddi bir risk teşkil etmektedir ve EHEC ile enfekte olan vakalarda artış olduğu bilinmektedir (Ro ve ark., 2015). EHEC'in en yaygın rastlanan ve en önemli serotipi *E. coli* O157:H7'dir. Neden olduğu enfeksiyonların yanı sıra, HC ve HUS'a neden olduğundan halk sağlığı açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bu serotipin ana rezervuarı hayvan bağırsağı olup hayvan dışkıları ile kontamine olmuş sular ve gıdalar enfeksiyonlara kaynak teşkil etmektedir (Khanifar ve ark., 2019). İlk kez 1975 yılında kanlı ishal geçiren Kaliforniyalı bir kadından izole edilmiştir fakat bu yıllarda gıda kaynaklı enfeksiyonlar ile ilişkilendirilmemiştir. Daha sonra 1978-1982 yıllarında Oregon ve Michigan'da yetersiz ısıl işlem görmüş hamburger tüketiminin ardından nükseden kanlı kolite neden olan enfeksiyonlardan sorumlu bulunmasının ardından gıda kaynaklı bir patojen olarak tanımlanmıştır (Dai ve ark., 2021).

ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), "big-six" olarak bilinen altı serogrup tanımlamıştır. Bu suşlar *E. coli* O26, O45, O103, O111, O121 ve O145'dir. Bu altı serogrup, farklı ülkelerde gıda kaynaklı hastalıklarla ilişkilendirilen ve en sık tanımlanan serotiplerdir. ABD'de bu serogruplar her yıl yaklaşık 169.600 kişide gıda kaynaklı hastalığa neden olmaktadır (Alharbi ve ark., 2022). Serogrup *E. coli* O26 hem EPEC hem de STEC

suşlarına sahip olduğu bilinmektedir. İnsanlarda görülen HUS ve HC sendromdan *E. coli* O157:H7'den sonra en çok sorumlu olan serogrup STEC O26'dır. EPEC O26 ise STEC O26'ya kıyasla daha az şiddetli enteritlerden sorumludur (Bielaszewska ve ark., 2005; Carbonari ve ark., 2022). Dünya genelinde STEC O103 serogrubu kaynaklı salgınların meydana geldiği bilinmektedir. Avrupa'da insanlardan izole edilen en yaygın STEC serotiplerinden birisi STEC O103:H2'dir (Sekse ve ark., 2013). Serogrup O111 insanlarda enteropatojenik ve enterohemorajik hastalığa neden olmaktadır (Nataro ve Kaper, 1998). EPEC O111 serogrubu, genel olarak gelişmekte olan ülkelerde bebeklerde ishalin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Shiga-toksin üreten EHEC O111 dünya çapında kanlı ishal ve HUS'un sık görülen nedenlerinden birisidir (Kato ve ark., 2005; qJeon ve ark., 2006). *E. coli* O121 Shiga-toksin üreten bir serogruptur. HC ve HUS'a neden olmakta olan *E. coli* O121 EHEC grubunda yer almaktadır. Enteroinvaziv *Shigella* ve *E. coli* gibi virülans faktörlerine sahip bu serogruplar shigellosis benzeri hastalıklara neden olduğunda bilinmektedir (Hiruta ve ark., 1991). Ana rezervuarı sıcak kanlı hayvanların bağırsak sistemi olan *E. coli* O145 HC ve HUS'a sebep olabilen bir serogruptur (Fratamico ve ark., 2009). EAEC, ilk olarak 1980'li yıllarda tanımlanmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde çocuklarda ve yetişkinlerde görülen akut ve kronik diyare ile ilişkilendirilmektedir (Havt ve ark., 2017). Zamanla dünyadaki gıda sanayinin gelişmesiyle birlikte gıda kaynaklı salgınlarda yer almaya başlamış ve gıda kaynaklı enfeksiyonlar açısından tehdit oluşturmaya başlamıştır. Patojen, kronik iltihaplanmaya ve bağırsak epitelinde hasara neden olarak bebeklerde yetersiz beslenmeye neden olmaktadır (Vergis ve ark., 2018). EAEC enterotoksin ve sitotoksin üretebilmektedir. Rutin dışkı kültürü ile teşhis, moleküler veya diğer gelişmiş yöntemlerle tanımlanmaktadır.

DAEC, Hep-2 ya da HeLa hücre kültürlerine diffuz adherenz özelliklerinden dolayı bu adla anılır. Birçok serotipi 1-5 yaşındaki çocuklarda kalıcı diyareye sebep olur. DAEC patojenitesinde, epitel hücrelerine yönlendiren Bozulma Hızlandırma Faktörü aracılığıyla epitel hücrelerinin fırça kenarlarına bağlanmasında ve bağlandıktan sonra mikrovillinin sitoiskelet yapılarını yeniden düzenlemelerinde veya yok etmelerinde rol oynar. Mikrovillusun yeniden düzenlenmesi veya kaybı ile hücrelerde meydana gelen değişiklikler kronik diyareye neden olur (Govindarajan ve ark., 2020). Çocuklarda görülen inatçı diyarenin ana nedenleri arasında gösterilmektedir (Taşdemir, 2009).

***Escherichia coli* Açısından Riskli Gıdalar**

Gıdalara *E. coli* bulaşısı; ürünün yetiştirildiği toprak ve sulama suyundan, hayvanların ve insanların bağırsak sistemlerinden, hayvan derileri ve postlarından, üretimde görev alan personelden, alet ekipman kullanımından, ambalaj materyalinden, işletme sanitasyonu yetersizliğinden ve depolama koşullarından olmaktadır. Ayrıca gıda işleme sırasında yetersiz ısı işlem uygulanması da bulaşı için önemli bir kriterdir (Özkaya ve Cömert, 2008).

Enfeksiyonların en önemli nedenleri arasında gösterilen hayvansal kökenli gıdaların başında yetersiz ısı işlem uygulanmış et ürünleri ve çiğ veya yetersiz ısı işlem maruz bırakılmış süt ve süt ürünleri gelmektedir. Gıda kaynaklı salgınların incelenmesi sonucunda soğuk sandviçlerin, tüketime hazır sunulan salataların, yonca filizlerinin, ısı işlem uygulanmamış meyve sularının, yeşil yapraklı sebzelerin (lahana, marul, karnabahar

ıspanak), bazı deniz ürünlerinin ve unlu mamullerin neden olduğu belirlenmiştir. Bu gıdaların dışında ısıtılmış işlem uygulanmış ve/veya kürlenmiş salam, sosisli sandviç, ısıtılmış işlem uygulanmış ve/veya fermente sucuk, dana rosto, çiğ süttten yapılan peynirler, mayonez, yoğurt, elma şarabı, yabani yer fıstığı ve pişmiş mısır gibi çeşitli gıdalar salgınlara kaynak olarak gösterilmiştir. (Temelli, 2002). Tüketime sunulan hazır toz çorbaların da *E. coli* açısından risk teşkil ettiği bilinmektedir (Çoksaygılı ve Başoğlu, 2010).

Önceden pişirilmiş soğuk domuz eti, klorlanmamış kuyu suyu ve etli böreğin EPEC'nin neden olduğu salgınlara, peynir, kontamineli su ve patates salatasının EIEC'nin neden olduğu salgınlara ve çiğ sebzelerin ve peynirin ETEC'nin neden olduğu salgınlara kaynak teşkil ettiği bilinmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2015).

Son yıllarda, çiğ veya yetersiz düzeyde işlenmiş meyve ve sebzelerin tüketimiyle ilgili *E. coli* O157: H7 kaynaklı gıda enfeksiyonlarında bir artış olmuştur. Patojenin meyve ve sebzelere bulaşmasının ana sebebi sulama işleminin kontamine olmuş su ile yapılmasıdır. Bunun yanı sıra ürünlere hayvanlardan ve topraktan direkt bulaş ve hasat, nakliye ve depolama sırasında çapraz bulaş da olmaktadır. Sebze ve meyvelerin yüzeylerine flegallaları vasıtasıyla tutunan mikroorganizmalar burada büyüyerek çoğalabilmektedirler. Bu nedenle yeteri kadar temizlenmemiş sebzeler ve ısıtılmış işlem uygulanmadan taze tüketilen meyve suları *E. coli* O157:H7 kaynaklı gıda enfeksiyonları açısından tehdit oluşturmaktadır (Dai ve ark., 2021).

İspanak ve marul gibi taze olarak tüketilen ürünler *E. coli* kaynaklı gıda enfeksiyonları ile ilişkilendirilmektedir. Tarlada veya hasat sonrasında bulaşının olduğu ürünler birçok salgına kaynak gösterilmiştir. Tüketime sunulan sebze kitlerinin hazırlanmasında, klor veya perasetik asit ile muamele edilmemiş yıkama sularının kullanımından dolayı yeteri kadar dezenfeksiyon işlemi yapılmamaktadır ve yeşil yapraklı sebzeler enfeksiyonlara neden olmaktadır (Gu ve ark., 2020).

Et işletmelerinde; derinin yüzülmesi, iç organların çıkartılması, alet ekipman ve kesim personeli kaynaklı karkas et kontamine olmaktadır. Etin işlenmesi sırasında et yüzeyine nüfuz eden mikroorganizma, yetersiz ısıtılmış işlem uygulanması durumunda enfeksiyonlara neden olmaktadır. Enfeksiyonların önüne geçilmesi amacıyla hijyen ve sanitasyon kurallarına dikkat edilmelidir. Kesim sonrası mümkün olan en kısa süre içerisinde et sıcaklığı 5°C'nin altına düşürülmeli ve depolama boyunca sıcaklık sabit tutulmalıdır (Temelli, 2002). Birçok enfeksiyona, yetersiz ısıtılmış işlem görmüş dana kıyması, bizon eti ve köfte kaynak gösterilmiştir.

Süt, zengin besin içeriğinden dolayı mikrobiyal gelişme için uygun bir gıda maddesidir. Sağım, taşıma ve depolama koşulları ürün kalitesi, raf ömrü ve mikrobiyal güvenliği etkilemektedir. Sağım sırasında memeden, alet ekipmandan ve personelden çapraz kontaminasyonlar meydana gelmektedir (Temelli, 2002; Keba ve ark., 2020). İyi üretim uygulamaları ve ısıtılmış işlem uygulamaları ile gıda güvenliği sağlanmaktadır (Fox ve ark., 2018).

***Escherichia coli*'nin Tespit Edilmesinde Kullanılan Bazı Yenilikçi Yöntemler**

Gıda kaynaklı patojenlerin tespitine yönelik geleneksel yöntemler arasında kültür bazlı tespit prosedürleri, immünoanalizler ve nükleik asit bazlı moleküler yaklaşımlar yer almaktadır. Geleneksel yöntemlerin kullanımı, yüksek maliyeti, uzun prosedürler ve yetkin operatörlerin gerekliliği gibi birtakım dezavantajlara sahip olması

nedeniyle gün geçtikçe azalmaktadır (Li ve ark., 2016). Geleneksel yöntemlerin dezavantajlarının üstesinden gelmek amacıyla yenilikçi teknolojiler geliştirilmiştir. *E. coli*'nin tespit edilmesinde kullanılan yenilikçi teknolojilere; izotermal amplifikasyon, biyosensör, Raman spektrofotometrisi, kâğıt tabanlı analitik cihazlar ve akıllı telefon tabanlı dijital yöntemler örnek verilebilmektedir (Rani ve ark., 2021). Bu derleme çalışmasında, izotermal amplifikasyon, yüzey geliştirilmiş Raman spektroskopisi ve biyosensörler detaylı olarak incelenmiştir.

İzotermal DNA Amplifikasyonu

Patojenlerin tespiti için DNA amplifikasyonuna dayalı teknikler uygulanmaktadır. İzotermal DNA amplifikasyon yöntemlerinde DNA, bir termal döngüleyici kullanılarak ısıl işlemle denatürasyon yerine enzimatik denatürasyonla amplifiye edilmektedir. Bu amplifikasyon yöntemleri için özel bir alet gerekmemektedir. Primer tavlama ve uzatma için sabit sıcaklığı tutabilen bir cihaz amplifikasyon işlemi için yeterlidir. Son yıllarda geliştirilen birçok amplifikasyon yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında izotermal döngü aracılı amplifikasyon (LAMP) ve rekombinaz polimeraz amplifikasyonu (RPA) genellikle diğerlerine göre daha yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir (Rani ve ark., 2019). LAMP, sabit sıcaklıklarda iki inkübasyon kullanarak hedef DNA'yı amplifiye etmek için basit ve spesifik bir yöntemdir; ilk olarak 65 °C'de 1 saat, ardından 80 °C'de 10 dakika süreyle başka bir inkübasyon işlemi ardından amplifikasyon prosesinin durdurulması gerekmektedir (Notomi ve ark., 2000). Saf kültürde tespit sınırı 1.22×10^2 kob mL⁻¹ olan LAMP yöntemine, düzenli aralıklı kısa palindromik tekrarlar (CRISPR) tabanlı bir tespit yöntemi entegre edilerek mevcut teknoloji geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntem, *E. coli* O157:H7'nin tespiti için LAMP-CRISPR/Cas12a sistemini temel alan hızlı, hassas ve görselleştirilmiş bir yöntem olmakla birlikte LAMP yönteminin sebep olduğu hataların da düzelmesine katkı sağlamıştır. LAMP-CRISPR/Cas12a sistemine dayanan filtreleme, marulda 70 dakika içinde 4.80 kob g⁻¹ *E. coli* O157:H7'yi başarıyla tespit etmektedir ve böylelikle gerçek zamanlı PCR'den 10 kat daha duyarlı sonuç vermektedir (Lee ve Oh, 2022). Sığır etinde yaşayan ancak kültürlenemeyen *E. coli* O157: H7'nin tespiti ve miktarının belirlenmesi için geliştirilmiş propidium monoazid (PMAxx) tedavisini gerçek zamanlı döngü aracılı izotermal amplifikasyon (qLAMP) ile birleştiren bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen PMAxx-qLAMP tahlili, hem saf kültürde hem de sığır etinde yüksek hassasiyet ve 60 dk gibi kısa bir sürede hızlı sonuç vermesi açısından dikkat çekici bir performans sergilemektedir. Özellikle dondurulmuş sığır eti örnekleri için PMAxx-qLAMP yöntemiyle $2.04 \pm 0,08$ Log₁₀ kobg⁻¹ *E. coli* O157: H7 varlığı tespit edilmiştir (Lv ve ark., 2020). PMAxx-qLAMP yöntemiyle *E. coli* O157: H7'nin tanımlanmasında etkin rol oynayan rfbE genini daha da güçlendirmek için immünomanyetik ayırma teknolojisi entegre edilmiştir ve maruldaki canlı *E. coli* O157: H7 varlığı nükleik asit yanal akış şeridi (NALFS) yöntemiyle tespit edilebilmiştir. İmmünomanyetik ayırma teknolojisi *E. coli* O157: H7'nin gıda matrisinin etkileşimini etkili bir şekilde ortadan kaldırarak tespit sınırına ulaşmasını teşvik etmiştir. PMAxx tedavisi ölü bakterilerden gelen yanlış pozitif sonuçları ortadan kaldırmakta ve LAMP-NALFS ile birlikte canlı *E. coli* O157: H7'nin doğru bir şekilde tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. IMS-PMAxx-LAMP-NALFS yöntemi, herhangi bir ağır ve maliyetli cihaza ihtiyaç duymadan, *E. coli* O157: H7 ile kontamine edilmiş marul numunelerinde 2 saat içinde canlı mikroorganizma varlığını 81 kob g⁻¹ kadar düşük konsantrasyonlarda bile tespit edebilmektedir (Wen ve ark., 2022).

RPA yönteminde, 5-30 dk boyunca 37-42°C arasında sabit bir sıcaklık kullanılarak, DNA inkübasyon boyunca güçlendirilmektedir. Bu nedenle RPA, sabit bir sıcaklık uygulamak için yalnızca bir su banyosu, ısı bloğu, inkübatör ve hatta vücut ısısına ihtiyaç duymaktadır. Laboratuvar bazlı tanımlama, jel elektroforezi ile yapılabilmektedir. Bununla birlikte, floresan tespiti, reaksiyonun bulanıklığını gözlemleyerek görsel okuma veya yanal akış (LF) cihazlarıyla entegrasyon kullanılarak saha içi tespit mümkündür (Piepenburg ve ark., 2006). *E. coli* O157 varlığı tespit etmek için bir izotermal gerçek zamanlı rekombinaz polimeraz amplifikasyonu (gerçek zamanlı RPA) tayini ve yanal akış şeridi (LFS-RPA) ile birleştirilmiş bir RPA geliştirilmiştir. Gerçek zamanlı RPA, 39 °C sabit sıcaklıkta 20 dakika boyunca tanımlamayı gerçekleştirirken, LFS-RPA, 39 °C'de bir inkübatör bloğunda 15 dakika boyunca gerçekleştirmiştir. *E. coli* O157 DNA'sının veya LFS-RPA kullanılarak saf kültürün tespit sınırı sırasıyla 3.5×10^2 fg μL^{-1} ve/veya 1.0×10^2 kob mL^{-1} olarak belirlenmiş ve geliştirilen yöntemin gerçek zamanlı PCR'den 10 kat daha yüksek verim ürettiği gözlemlenmiştir (Zhao ve ark., 2022).

Propidyum monoazid-döngü aracılı izotermal amplifikasyon (PMA-LAMP) testi ile *E. coli* O26:H11, *E. coli* O103:H2, *E. coli* O111:H hareketsiz, *E. coli* O121:H19 ve *E. coli* O145:H hareketsiz'in saf kültürlerinin tespit limitleri sırasıyla 9.70×10^1 kob mL^{-1} , 1.16×10^2 kob mL^{-1} , 9.60×10^1 kob mL^{-1} , 1.33×10^2 kob mL^{-1} , ve 1.34×10^1 kob mL^{-1} olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar *E. coli*'nin 5 farklı sero grubunun PMA-LAMP yöntemi ile tespit edilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir (Han, 2019).

Yüzey geliştirilmiş Raman Spektroskopisi (SERS)

Yüzey geliştirilmiş Raman spektroskopisi (SERS), yüzey plazmon rezonansı prensibiyle çalışan, patojen teşhisi alanında yeni ortaya çıkan bir teknolojidir. Metalik nanopartikülün yüzeyindeki bir elektronun plazmon modifikasyonu ve tutarlı salınımı, yüksek elektromanyetik ve kimyasal sinyaller üretmekte bu da Raman saçılımının artmasına neden olmakta ve bu tekniği hassas ve seçici kılmaktadır. SERS raportör moleküllerinin nanopartiküllerin yüzeyine entegrasyonu tespit süresini azaltmakta ve sinyal yoğunluğunu arttırmaktadır. Yöntemin sahip olduğu bu avantajlar, gıda ve suda *E. coli* O157:H7 varlığının tespiti için yüksek verim üretmesine katkı sağlamaktadır. Yöntem çok hassastır ve tek bir molekülü tespit etme kapasitesine sahiptir (Zhou ve ark., 2020). Gümüş kaplı nano gözenekli silikon substratlar kullanılarak sütteki *E. coli* varlığının tespitinde 3 kob mL^{-1} düzeyinde yüksek hassasiyet ve $10^1 - 10^5$ kob mL^{-1} tespit aralığında yanıt elde edilmiştir (Muthukumar ve Shtenberg, 2023). Altın nanoparçacık bazlı SERS aptasensörünün, *E. coli* O157:H7 varlığının tayin edilmesinde düşük bir tespit limiti 0.3 kob mL^{-1} ve tespit aralığı $10^2 - 10^7$ kob mL^{-1} olacak şekilde sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Tian ve ark., 2023). SERS bazlı yanal akış tahlili (SERS-LFA) şeritleri *E. coli* O157:H7'nin tespit edilmesinde uygulanmaktadır. SERS-LFA şeritlerinin test çizgisinde 1335 cm^{-1} 'deki Raman sinyal yoğunluğu, $10^1 - 10^9$ koloni oluşturan birim kob mL^{-1} aralığında geniş bir aralıkta tespit sağlayabilmektedir (Yan ve ark., 2020). $\text{Fe}_3\text{O}_4@Au$ kompozitinin aracılık ettiği yüzey destekli Raman spektroskopisi (SERS) ve manyetik ayırma teknolojisi ile enteropatojenik EPEC O26:K60'ın tespiti için altın varak kağıdı bazlı bir aptasensör geliştirilmiş ve tespit limitinin 2.86 kob mL^{-1} ve $10^1 - 10^7$ kob mL^{-1} gibi geniş bir tespit aralığına sahip olduğu belirlenmiştir (Zhu ve ark., 2021).

Biyosensörler

Biyosensörler, antikolarlar, aptamerler, oligonükleotidler, fajlar, lektinler ve enzimler gibi hareketsizleştirilmiş bir biyolojik tanıma reseptörü kullanarak spesifik hedef analitleri niteliksel veya niceliksel olarak tespit eden analitik cihazlardır. Biyosensörler tanıma elemanına veya sinyal iletim tipine göre sınıflandırılabilir. Analit ile tanıma elemanı arasındaki etkileşimden kaynaklanan fiziksel, biyolojik veya kimyasal değişiklikler amperometrik, piezoelektrik, optometrik, impedimetrik, potansiyometrik veya voltametrik vb. olabilen bir dönüştürücü kullanılarak elektronik sinyallere dönüştürülebilmektedir. Biyosensörlerin avantajları; hassas, çevre dostu, sağlam, küçük boyutlu, düşük maliyetli ve çoklu hedef tespitine uyumlu olmasıdır. Antikolarlar, hedef analite karşı yüksek afiniteleri ve spesifiteleri nedeniyle biyoreseptörler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte birçok araştırmacı, lektinler, oligonükleotid ve aptamerler gibi biyoreseptörlerin kullanımını bildirmiştir (Rani ve ark., 2019). Lektinler, serbest veya konjuge karbonhidrat kalıntılarıyla spesifik etkileşim özelliklerinden dolayı yüksek derecede hassas ve seçici biyosensörlerin geliştirilmesi için ilgi çekici biyolojik tanıma molekülleridir (Simão ve ark., 2020). Çeşitli organizmaların hücre duvarı yüzeyini, sitoplazmasını ve nükleer yapılarını oluşturan spesifik karbonhidratlarla bağlantı kurabilme yeteneğine de sahiptirler (Sá ve ark., 2020). İnsan serolojik numunelerinde virüs tespitinde kullanım potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (Simão ve ark., 2020).

Aptamerler, belirli ligandlara yüksek afiniteyle bağlanan ve belirli bir hedef moleküle karşı yüksek özgüllükle kolayca sentezlenebilen, DNA veya RNA moleküllerinin 30-100 nükleotidlik yapay oligonükleotid dizileridir. Antikolarlarla karşılaştırılabilir bağlanma afinitesi ve özgüllüğü gösterirler ve kimyasal üretimde daha iyi tekrarlanabilirlik, geniş bir pH aralığında stabilite, biyoaktivitelerini kaybetmeden zorlu ortamlarda direnç, küçük boyut ve düşük üretim maliyeti gibi önemli avantajlara sahiptirler (Brosel-Oliu ve ark., 2018).

Elektrokimyasal biyosensörler biyotanıma reaksiyonu yoluyla tespit edilen elektrokimyasal değişikliklerin doğasına göre empedans, amperometrik, kondüktometrik ve potansiyometrik olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır (Razmi ve ark., 2020). *E. coli* O157:H7'yi yüksek hassasiyet, kısa zaman ve verimlilik ile tespit etmek amacıyla sinyal amplifikasyonu için yeni türde serigrafi baskılı interdigitated mikroelektrotlar (SPIM'ler) ve buğday tohumu aglütinin (WGA) kullanan bir empedans biyosensörü önerilmektedir. WGA, bakteri yüzeyinde bol miktardaki lektin bağlama alanlarından yararlanarak sinyali geliştirmektedir. İmmüno-sensör, 10^2 - 10^7 kob⁻¹ mL arasında doğrusal bir tespit aralığı ile 10^2 kob mL⁻¹ 'lik bir tespit limiti sergilemektedir (Li ve ark., 2015). *E. coli*'ye özgü aptamer ile modifiye edilmiş impedimetrik aptasensör, empedans değişiklikleri ile *E. coli* konsantrasyonunun logaritması arasında 10^1 ile 10^5 kob mL⁻¹ bir tespit aralığında ve 2.9×10^2 kobmL⁻¹ tespit sınırında sonuç vermektedir (Brosel-Oliu ve ark., 2018).

E. coli O157:H7'nin doğru tespiti için 3D DNA yürüteç, yuvarlanan daire amplifikasyonu (RCA) ve hibridizasyon zincir reaksiyonu (HCR) yoluyla çoklu amplifikasyon stratejisine dayalı olarak ultra duyarlı bir elektrokimyasal biyosensör geliştirilmiş ve 7 kob mL⁻¹ 'lik tespit limitiyle yüksek hassasiyetli voltametrik tabanlı bir biyosensör geliştirilmiştir (Li ve ark., 2020). *E. coli* O157:H7 için Py, pirol/altın nanopartikülleri/çok duvarlı karbon nanotüp/kitosan (PPy/AuNP/MWCNT/Chi) hibrit nanobiyokompozitle modifiye edilmiş kalem grafit elektrodu (PGE) temel alan son derece hassas bir sandviç modellelektrokimyasal immüno-sensör geliştirilmiştir.

Geliştirilen biyosensörün, $3 \times 10^1 - 3 \times 10^7$ kob mL⁻¹ aralığında tespit sınırına sahip olan amperometrik tabanlı biyosensör olduğu belirlenmiştir (Güner ve ark., 2017).

Yüzey plazmon rezonansı immünosensörü (SPR-immünosensör,) bağışıklık sensörüne sahip tek bir sensör çipi kullanarak Shiga-toksin üreten *E. coli* sergogruplarını olan *E. coli* O26, O91, O103, O111, O115, O121, O128, O145, O157 ve O159'u tespit etmek için geliştirilmiştir. Tavşanlarda her bir STEC O-antijen tipine karşı üretilen poliklonal antikolar (PoAb'ler) saflaştırıldı ve sensör çipi üzerinde 0,5 mg/mL'de immobilize edilmiştir. *E. coli* O157:H7 için SPR-immünosensör tarafından tespit limiti 6.3×10^4 kob mL⁻¹ olarak belirlenmiş ve tespit işlemi sadece 75 saniye sürmüştür (Yamasak ve ark., 2016).

Son Yıllarda Görülen *Escherichia coli* Kaynaklı Gıda Enfeksiyonları

2018 yılında Yuma bölgesinde yetiştirilen Roman marullarının tüketilmesi ile *E. coli* O157:H7 kaynaklı gıda enfeksiyonu meydana gelmiştir. Salgın kapsamında 32 eyaletten 172 kişi enfekte olmuştur. 77 kişinin hastanede tedavi altına alındığı salgında 20 vakada HUS meydana gelmiş ve 1 kişi *E. coli* O157:H7 kaynaklı gıda enfeksiyonu nedeniyle yaşamını yitirmiştir (FDA, 2018).

22 Şubat- 30 Nisan 2019 arasında aynı tesiste üretilen bizon kıyması ve bizon köftelerini tüketen ABD'nin 8 eyaletinden 33 kişide *E. coli* O121 ve *E. coli* O103 suşları kaynaklı enfeksiyon meydana gelmiştir. Salgından etkilenen 18 vaka hastanede tedavi altına alınmış ve ölüm bildirilmemiştir (FDA, 2019a).

ABD'nin 9 eyaletinde aynı unu kullanan farklı firmaların ürettikleri ekmek, kurabiye ve brownie tüketimi sonucunda 21 kişi *E. coli* O26 suşu ile enfekte olmuştur. Salgının yayılması sonucunda aynı unu kullanan farklı markalar ürünlerini geri çağırmıştır (FDA, 2019b).

15 Mart 2020 tarihinde Amerika Bileşik Devletleri'nde Utah ve Illinois eyaletleri başta olmak üzere 10 eyalette meydana gelen *E. coli* O103 kaynaklı salgından 51 kişi etkilenmiştir. Vakaların 3 tanesi hastanede tedavi altına alınmış ve tüm vakaların geçmişe dönük yiyecek öyküsü incelendiğinde ortak tüketilen gıdanın yonca filizi olduğu anlaşılmıştır (FDA, 2020a).

Salinas ve California bölgesinde yetiştirilen marullar ile hazırlanan salataların tüketilmesi sonucunda *E. coli* O157:H7 kaynaklı gıda enfeksiyonu meydana gelmiştir. 5 Kasım 2019 ile 15 Kasım 2019 arasında değişen tarihlerde başlayan enfeksiyonlardan 8 kişi etkilenmiş ve hiçbir HUS ve ölüm vakası meydana gelmemiştir (FDA, 2020b).

26 Şubat 2021 ile 21 Haziran 2021 tarihleri arasında ABD'nin 12 eyaletinden 16 kişinin *E. coli* O121 suşu ile enfekte olduğu bildirilmiştir. Vakaların geçmişe dönük gıda öyküsü incelendiğinde 6 vakanın çığ kek hamurunu tükettiği ve böylelikle enfekte olduğu anlaşılmıştır (FDA, 2021).

ABD'de Ekim 2020 – Aralık 2020 tarihleri arasında, 19 eyalette eş zamanlı görülen *E. coli* O157:H7 enfeksiyonu meydana gelmiştir. Salgın kapsamında, 40 kişinin enfekte olduğu ve bunlardan 20 tanesinin hastanede tedavi altına alındığı bildirilmiştir. Tedavi altına alınan vakalardan 4 tanesinde HUS meydana gelmiş

ve herhangi bir can kaybı meydana gelmemiştir. Yapılan çalışmalar kontamine olmuş yeşil yapraklı bitkilerinin tüketiminin salgına neden olduğunu göstermektedir (FDA, 2022a).

15 Ekim ile 27 Ekim 2021 arasında değişen tarihlerde ABD'nin 10 eyaletinde bebek ıspanak tüketimi ile ilişkilendirilen *E. coli* O157:H7 salgını meydana gelmiştir. Salgından 15 kişi etkilenmiş ve bunlardan 4 tanesi hastanede tedavi altına alınmıştır (FDA, 2022b).

4 Nisan 2024 tarihinde ABD'nin Washington ve Kaliforniya eyaletinde organik ceviz kaynaklı *E. coli* O157:H7 enfeksiyonuna bağlı bir salgın meydana gelmiştir. Salgından 12 kişi etkilenmiş ve vakaların 7 tanesi hastanede tedavi altına alınmıştır. Salgına neden olan organik cevizlerin geri çağrılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir (FDA, 2024a).

18 Ekim 2023 ile 5 Şubat 2024 arasında değişen tarihlerde ABD'de 5 eyalette *E. coli* O157:H7 kaynaklı gıda enfeksiyonu meydana gelmiştir. Salgından 11 kişi etkilenmiş ve hastanede tedavi altına alınan 5 hastadan 2 tanesinde HUS meydana gelmiştir. Vakaların geçmişe dönük gıda öyküleri araştırıldığında aynı markaya ait çiğ çedar peynirini tükettikleri anlaşılmıştır (FDA, 2024b).

Birleşik Krallık'ta 22 Mayıs 2023 ile 4 Temmuz 2023 arasında değişen tarihlerde STEC O183:H18'in neden olduğu ciddi bir gastrointestinal semptom salgını tespit edilmiştir. Salgın kapsamında yaşları 6 ay ile 74 yaş arasında değişen 26 vaka tespit edilmiştir. Salgına sebep olan gıda tam olarak tespit edilemese de, vakaların %50'sinden fazlasının pişmiş tavuk (%68), pişmiş sığır eti (%55), pastörize süt (%68) ve sert peynirler (%77) tükettiği bilinmektedir. Salgın sırasında 1 kişide HUS meydana gelirken 1 kişi de STEC O183:H18'in neden olduğu salgın nedeniyle yaşamını yitirmiştir (Greig ve ark., 2024).

Danimarka'da 6-10 Aralık 2021 tarihleri arasında meydana gelen gıda kaynaklı bir salgında 88 vaka tespit edilmiştir. Salgından etkilenen 42 vaka ile görüşülmüş ve 14 vakanın *E. coli* O136:H7, 10 vakanın *E. coli* O96:H19 ve 18 vakanın *Shigella*/EIEC ile enfekte olduğu belirlenmiştir. Görüşülen hastaların geçmişe dönük tükettikleri gıdalar incelendiğinde vakaların çoğunluğusalatalık, domates, elma, havuç, yeşil salata gibi sebzelerin tüketildiğini bildirmiştir. 42 vakanın 27'si taze lahanalı hazır salata tükettiğini ve 27 vakadan 20'si aynı market zincirini kullandığını ifade etmiştir. Hazır salatanın içerisinde yer alan ithal soğanın salgına sebep olan patojenin bulaş kaynağı olduğu belirlenmiştir (Torpdah ve ark., 2023).

Hindistan'da Haziran 2014 – Haziran 2015 tarihleri arasında, Delhi şehrindeki 1800 yataklı bir hastanenin Mikrobiyoloji ve Pediatri Bölümü'ne akut diyare ve yüksek ateş şikâyeti ile başvuran 0-5 yaş arası 200 çocuk üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Araştırma kapsamında çocuklardan alınan dışkı örnekleri incelenmiştir. Örneklerin incelenmesi sırasında *E. coli*'nin tanımlanması için klasik tanımlama testleri ve PCR testleri kullanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, örneklerin %9.5'inde EPEC %6.5'inde atipik EPEC (aEPEC) ve %2.5'inde tipik EPEC (tEPEC) gözlemlenmiştir. *E. coli*'nin olası birçok bulaş kaynağı incelenmiş ve içme sularının bulaşta önemli bir kaynak olduğu anlaşılmıştır. 19 vakanın sonuçları göz önüne alındığında 14 vakada aEPEC enfeksiyonu, 5 vakada tEPEC enfeksiyonu olduğu anlaşılmıştır. 14 aEPEC vakasının 12'sinin bulaş kaynağının kuyu suları ve 2 vakanın kaynağının borulu sistemle evlere taşınan sular olduğu tespit edilmiştir. 4 tEPEC vakasında ise 3 vakanın bulaş kaynağının kuyu suyu sadece 1 vakanın kaynağının borulu sistemlere

taşınan sular olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda bölgede bulunan kuyu sularının ve kaynak sularının gıda güvenliği açısından ciddi bir risk etmeni olduğu anlaşılmıştır (Sneha ve ark., 2020).

İtalya'da EIEC'in neden olduğu gıda kaynaklı bir enfeksiyon meydana gelmiştir. Milano İtfaiye Teşkilatı personeli 10 - 17 Nisan 2012 tarihleri arasında kantinde yemek yedikten sonra şiddetli diyare şikâyeti ile hastaneye başvurmuşlardır. Toplam 109 vakanın tespit edildiği salgında 32 vaka hastanede tedavi altına alınmıştır. Sorumlu gıda maddesinin bulunması için semptom gösteren 83 vaka ve herhangi bir semptomu olmayan 32 kişi (kontrol grubu) üzerinden araştırma başlatılmış ve pişmiş sebzelerin salgın üzerinde büyük bir etken olduğu anlaşılmıştır. 62 vakanın dışkı örneklerinden PCR testi yapılmış ve 6 vakada EIEC O96: H19 suşu tespit edilmiştir (Escher ve ark., 2014).

Kore'nin Incheon kentinde ETEC O169 kaynaklı gıda enfeksiyonu meydana gelmiştir. 3-7 Eylül 2012 tarihleri arasında başlayan salgınlarda yedi okuldan toplam 1642 enfekte öğrenci tespit edilmiştir. Öğrencilerin okul kantininde yemek yedikten sonra semptomlarının başladığı gözlemlenmiştir. Öğrencilerin tükettikleri gıda maddelerinin araştırılması sonucunda beş okulun öğrencilerinin ağırlıklı olarak turplu veya lahanalı kimchi ve iki okulun öğrencilerinin ise turplu kimchi tükettikleri anlaşılmıştır. Geriye dönük araştırmalar sonucu salgınlar turplu kimchi ile ilişkilendirilmiştir (Cho ve ark., 2013).

Japonya'nın Yamagata eyaletinde, Mayıs 2011'de meydana gelen bir salgına *E. coli* O157 suşunun neden olduğu anlaşılmıştır. Salgın kapsamında 142 doğrulanmış vaka ve 136 şüpheli vaka tespit edilmiştir. Vakaların tükettikleri gıdaların araştırılması sonucunda ortak gıda maddesinin 2-7 Mayıs tarihleri arasında üretilen iki çeşit pirinç keki olduğu anlaşılmıştır (Nabae ve ark., 2012).

2011 yılında İngiltere'nin Plymouth kentinde meydana gelen bir salgında sorumlu serotipin *E. coli* O157 olduğu anlaşılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda hastalıkların 30 Temmuz ile 15 Ağustos 2011 tarihlerinde başladığı belirlenmiştir. Salgının kaynağını araştırmak üzere hastalanan 9 kişi ile görüşülmüştür. Görüşülen 8 vaka, yerel yönetime kaydı olmayan bir yengeç satıcısından temin ettikleri yengeçleri ve 1 vaka ise aynı satıcıdan temin ettiği karidesi tükettiklerini bildirmiştir (Matulkova ve ark., 2013).

Norveç'te hizmet veren bir otelde 4-9 Aralık 2012 tarihleri arasında meydana gelen bir salgında otelde konaklayan 300'den fazla kişinin semptom gösterdiği belirlenmiştir. Salgının olası kaynağının belirlenmesi için 241 olası vaka ile görüşülmüştür. Görüşmeler sonucunda çırpılmış yumurtanın salgının olası kaynağı olduğu ve soğuk yemeklerin bulunduğu açık büfenin kontaminasyon kaynağı olabileceği anlaşılmıştır. Hastaneye başvuran vakalar içerisinde 40 vakanın ETEC ile enfekte olduğu anlaşılmıştır (Macdonald ve ark., 2014).

İngiltere'de 2015 yılında meydana gelen *E. coli* O157:H7 salgını kapsamında 36 vaka tespit edilmiştir. Hastalıklar 29 Temmuz ile 30 Eylül 2015 arasında değişen tarihlerde başlamıştır. Salgın kaynaklı hiçbir HUS veya ölüm bildirilmemiştir. Hastalığın kaynağının belirlenmesi için vakalarla yapılan görüşmeler sonucunda salgının kaynağının kontamine salatalar olduğu anlaşılmıştır (Sinclair ve ark., 2016).

11 Eylül 2015 ile 17 Ekim 2015 arasında İskoçya'da meydana gelen gıda kaynaklı enfeksiyon vakalarından sorumlu patojenin *E. coli* Phage Type 32 olduğu anlaşılmıştır. Referans laboratuvarları ve sağlık yöneticileri 12 vaka tespit etmişlerdir. Kapsamlı gıda geçmişi araştırmaları sonucunda salgının en olası kaynağının tek bir gıda

işletmecisi tarafından üretilen yabani geyik eti içeren ürünler olduğu belirlenmiştir. Görüşülen 9 vaka geyik eti ürünlerinden yemiştir ve 1 vaka da geyik eti ürünlerinden yememesine rağmen ürünleri hazırlayıp pişirmiştir (Smith-Palmer ve ark., 2018).

Kuzey Fransa'da 6 Haziran ile 15 Temmuz 2011 tarihleri arasında gıda kaynaklı bir salgın meydana gelmiştir. Salgına neden olan bakterinin *E. coli* O157:H7 olduğu ve kıyma tüketimiyle ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Salgında 18 HUS vakası tespit edilmiştir. Salgın kapsamında incelenen 14 vaka semptom başlangıcından bir hafta önce dondurulmuş kıyma ürünlerini tükettiğini bildirmiş, 11 vaka ise süpermarket zincirinden alınan bir markaya ait çeşitli köfteleri tüketmiştir (King ve ark., 2014).

Mayıs 2011 tarihinde Almanya'da meydana gelen bir salgında *E. coli* O104:H4 serotipinin sorumlu olduğu bildirilmiştir. Salgının olası kaynağının belirlenmesi için yapılan araştırmalar doğrultusunda taze sebze tüketiminin salgına kaynak olabileceği düşünülmüştür. Araştırmaların detaylandırılması sonucunda salgına taze sebzelerin yetiştirilmesinde kullanılan tohumların neden olduğu anlaşılmıştır (Gürel ve Aslan, 2019).

Gümüşhane ilinde meydana gelen bir diğer salgına *E. coli* türü patojenlerin sebep olduğu anlaşılmıştır. Salgın kapsamında 138 vaka tespit edilmiştir. Bir vaka tedavi altına alınmış ve ölüm bildirilmemiştir. Şehir şebekesini besleyen iki kuyudan alınan örneklerde yüksek oranda *E. coli*'ye rastlanmıştır (Anonim, 2019).

İskoçya ve İngiltere'deki halk sağlığı topluluğu tarafından 28 Ağustos - 29 Eylül 2019 tarihleri arasında, *E. coli* O157:H7 suşu ile enfekte olmuş toplam 7 vaka tespit edilmiştir. Vakaların geçmişe dönük gıda tüketimleri araştırıldığında ortak tüketilen besin maddesinin İskoçya'da bir çiftlikte yetiştirilen sığır eti olduğu anlaşılmıştır. Yapılan klinik çalışmalar sonucunda sığır etinin *E. coli* O157:H7 ile enfekte olduğu kanıtlanmıştır. Salgın kapsamında 2 kişide HUS meydana gelmiştir ve can kaybı yaşanmamıştır (Butt ve ark., 2021b).

Birleşik Krallık'ta 2021 yılında *E. coli* O26:H11 kaynaklı bir salgın meydana gelmiştir. 14'ü İskoçya'da, 16'sı İngiltere'de ve 2'si Galler'de olmak üzere toplam 32 vaka tespit edilmiştir. Salgının kaynağının belirlenmesi için vakaların gıda geçmişleri araştırılmış ve ortak tüketilen gıda maddesinin aynı gıda zincirinden temin edilen paketlenmiş sandviçler olduğu anlaşılmıştır (Butt ve ark., 2021a).

Japonya'nın Saitama kentindeki Yashio'da bir okulda meydana gelen gıda kaynaklı salgında yaklaşık 3000 kişi enfekte olmuştur. İlkokul ve ortaokul öğrencilerinin, okulda servis edilen öğle yemeğinden sonra semptom gösterdikleri anlaşılmıştır. Yapılan klinik çalışmalar sonucunda deniz yosunu salatası ve kırmızı deniz yosunu tüketimi kaynaklı *E. coli* O7:H4 enfeksiyonu tanımlanmıştır (Kashima ve ark., 2021).

Büyük Britanya'da 25 Mayıs ile 24 Haziran 2024'te Shiga-toksini üreten *E. coli* O145 salgınının araştırılması sonucunda 275 doğrulanmış vaka bildirilmiştir. Vakalardan 7 tanesinde HUS meydana gelmiş ve 2 kişi salgını suşu ile enfeksiyonun doğrulanmasından sonraki 28 gün içinde yaşamını yitirmiştir. Vakaların gıda geçmişi araştırıldığında marul içeren sandviçlerin salgına neden olduğu düşünülmektedir (Anonim, 2024a).

Birleşik Krallık'ta Temmuz ile Aralık 2023 tarihleri arasında çiğ süt kullanılarak üretilmiş olan peynir kaynaklı bir salgından 36 kişinin etkilendiği belirlenmiştir. Salgın kapsamında 1 kişide HUS geliştiği ve sonrasında hayatını kaybettiği bildirilmiştir. Yapılan klinik araştırmalar sonucunda salgından *E. coli* O145: H28 suşunun sorumlu olduğu belirlenmiştir. (Anonim, 2024b).

Sonuç

WHO verilerine göre gıda kaynaklı enfeksiyonların büyük bir kısmına *E. coli* türüne ait farklı suşlar neden olmaktadır. *E. coli*'nin ana rezervuarı sıcak kanlı hayvanların bağırsak sitemleri olarak bilinmektedir. İnsanlara bulaşışı, hayvanlarla direkt temas sonucunda, hayvan dışkısı ile kontamine olmuş gıdalar ve sular aracılığıyla ve kişiden kişiye fekal-oral kontaminasyon yolu ile olmaktadır. İnsanlarda idrar yolu enfeksiyonları, menenjit, ishalleri enfeksiyonlar ve septisemiye neden olduğu bilinmektedir. Gıdalarda *E. coli* kontaminasyonu, üretim zinciri, işleme, hazırlama ve yıkama, dağıtım, pazarlama ve hatta evde hazırlamanın herhangi bir aşamasında meydana gelebilmektedir. Gıda kaynaklı *E. coli* enfeksiyonlarını ve mikrobiyal bulaşmayı önleyebilmek amacıyla öncelikle gıdaların yetiştirilmesi ve temizlenmesi sırasında kullanılan suların, içme suları ve havuz sularının, *E. coli*'nin ana rezervuarı olan hayvan dışkılarıyla kontaminasyonuna engel olunmalı ve uygun periyodlarla klorlanarak mikrobiyolojik kalitesine dikkat edilmelidir.

E. coli kaynaklı gıda enfeksiyonuna maruz kalan bireylerde hemorajik kolit, hemolitik üremik sendrom ve trombotik trombositopenik purpura gibi ciddi sağlık sorunları meydana gelmektedir. Bu derleme çalışmasında ele alınan yayınlar kapsamında enfekte olan vakalardan 57'sinde HUS meydana geldiği ve 6 kişinin yaşamını kaybettiği bildirilmiştir. *E. coli* kaynaklı gıda enfeksiyonlarının önlenmesi için kesimhanelerde hijyen kurallarına uyularak etler soğuk zincirde muhafaza edilmelidir. Et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri ve meyve sularına uygun normlarda pastörizasyon işlemleri uygulanmalı ve soğuk zincirde depolanmalıdır.

E. coli kaynaklı gıda enfeksiyonlarının azaltılması amacıyla gıdalarda bulunan bakteri miktarının tespit edilmesine yönelik yöntemler geliştirilmektedir. Yüksek maliyetli, uzun prosedürlü ve uzman personel gerektiren geleneksel yöntemlere alternatif olarak geliştirilen izotermal amplifikasyon, biyosensör, Raman spektrofotometrisi gibi yöntemler hızlı ve güvenilir sonuç üretmektedir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

Almeida, P., Arais, L., Andrade, J., Prado, E., Irino, K. and Cerqueria, A. 2012. Characterization of atypical *Enteropathogenic Escherichia coli* (aEPEC) isolated from dogs, *Veterinary Microbiology*, 158(3-4): 420-424. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.02.021>

- Alharbi, M. G., Al-Hindi, R. R., Esmael, A., Alotibi, I. A., Azhari, S. A., Alseghayer, M. S. and Teklemariam, A. D. 2022. The “big six”: Hidden emerging foodborne bacterial pathogens. *Tropical medicine and infectious disease*, 7(11), 356. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7110356>
- Anonim, 2019. Gümüşhane'de 100'ü aşkın kişinin zehirlendiği şebeke suyunda yüksek oranda *E.coli* ve koliform tespit edildi. https://www.ntv.com.tr/turkiye/gumushanede-100u-askin-kisinin-zehirlendigi-sebeke-suyunda-yukse-orkanda-e-coli,DY_60zdDqkifjF0bdWOVDQ (04.01.2021 16:13).
- Anonim, 2024a. Investigation into an outbreak of Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O145 in Great Britain, May to June 2024. <https://www.gov.uk/government/publications/shiga-toxin-producing-e-coli-outbreak-o145-may-to-june-2024/investigation-into-an-outbreak-of-shiga-toxin-producing-e-coli-stec-o145-in-great-britain-may-to-june-2024> (07.09.2024 13:16).
- Anonim, 2024b. Update on reporting of non-O157 STEC infections and an outbreak of Shiga toxin-producing *E. coli* (STEC) O145 in the UK, February 2024. <https://www.gov.uk/government/publications/health-protection-report-volume-18-2024/hpr-volume-18-issue-2-news-7-march-2024> (07.09.2024 13:26).
- Bedir, B. 2016. Ekstraintestinal Enfeksiyonlardan İzole Edilen ve Virulans Faktörleri Tanımlanan *E. Coli* Suşlarının Filogenetik İlişkilerinin Tespitinde Rapd Yönteminin Önemi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı.
- Bhardwaj, D., Taneja, N., DP, S., Chakotiya, A., Patel, P., Taneja, P., Sachdev, D., Gupta, S. and Sanal, M. 2021. Phenotypic and genotypic characterization of biofilm forming, antimicrobial resistant, pathogenic *Escherichia coli* isolated from Indian dairy and meat products. *International Journal of Food Microbiology*. 336: 108899. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108899>
- Bielaszewska, M., Zhang, W., Tarr, P. I., Sonntag, A. K., & Karch, H. (2005). Molecular profiling and phenotype analysis of *Escherichia coli* O26: H11 and O26: NM: secular and geographic consistency of enterohemorrhagic and enteropathogenic isolates. *Journal of clinical microbiology*, 43(8), 4225-4228. <https://doi.org/10.1128/jcm.43.8.4225-4228.2005>
- Bona, M., Medeiros, P., Santos, A., Freitas, T., Prata, M., Veras, H., Amaral, M., Oliveira, D., Havt, A. and Lima, A. 2019. Virulence-related genes are associated with clinical and nutritional outcomes of *Shigella/Enteroinvasive Escherichia coli* pathotype infection in children from Brazilian semiarid region: A community case-control study. *International Journal of Medical Microbiology*. 309(2): 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2019.01.003>
- Brosel-Oliu, S., Ferreira, R., Uria, N., Abramova, N., Gargallo, R., Muñoz-Pascual, F. X. and Bratov, A. 2018. Novel impedimetric aptasensor for label-free detection of *Escherichia coli* O157: H7. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255: 2988-2995. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.121>
- Butt, S., Allison, L., Vishram, B., Greig, D.R., Hava, H., McDonald, E., Drennan, G., Jenkins, C., Byrne, L., Licence, K. and Palmer, A.S. 2021a. Epidemiological investigations identified an outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serotype O26:H11 associated with pre-packed sandwiches. *Epidemiology and Infection*. 149: e178. <https://doi.org/10.1017/S0950268821001576>

- Butt, S., Palmer, A.S., Shand, A., McDonald, E., Allison, L., Maund, J., Fernandes, A., Vishram, B., Greig, D.R., Jenkins, C. and Elson, R. 2021b. Evidence of on-going transmission of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 following a foodborne outbreak. *Epidemiology and Infection*. 149: e147. <https://doi.org/10.1017/S0950268821001278>
- Cho, S. Kim, J., Oh, K., Hu, J., Seo, J., Oh, S., Hur, H, Choi, Y., Youn, S., Chung, G. and Choe, Y. 2013. Outbreak of enterotoxigenic *Escherichia coli* O169 enteritis in schoolchildren associated with consumption of kimchi, Republic of Korea, 2012, *Epidemiology and Infection*, 142(3): 616-623. <https://doi.org/10.1017/S0950268813001477>
- Carbonari, C. C., Miliwebsky, E. S., Zolezzi, G., Deza, N. L., Fittipaldi, N., Manfredi, E., Baschkier, A., D'Astek, B. A., Melano, R. G., Schesi, C., Rivas, M. and Chinen, I. 2022. The importance of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O145: NM [H28]/H28 infections in Argentina, 1998–2020. *Microorganisms*, 10(3), 582. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10030582>
- Çoksaygılı, N. ve Başoğlu, F. 2011. Bursa Piyasasında Satılan Hazır Çorbaların Mikrobiyolojik Özellikleri. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 25(1): 87-95.
- Dai, J., Li, C, Cui, H., and Lin, L. 2021. Unraveling the anti-bacterial mechanism of Litsea cubeba essential oil against *E. coli* O157:H7 and its application in vegetable juices, *International Journal of Food Microbiology*. 338: 108989. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108989>
- Değirmenci, İ. 2017, Turunç, Nar Erik Ve Sumak Ekşilerinin Bazı Gıda Patojenleri (*Salmonella*, *E.Coli*, *E.Coli* O157:h7, *Listeria Spp.*, *S.Aureus*) Üzerine Antimikrobiyal Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
- Escher, M., Scavia, G., Morabito, S., Tozzoli, R., Mauglaiani, B., Cantoni, S., Fracchia, S., Bettati, B., Casa, R., Gesu, G., Torresani, E. and Caprioli, B. 2014. A severe foodborne outbreak of diarrhoea linked to a canteen in Italy caused by enteroinvasive *Escherichia coli*, an uncommon agent, *Epidemiology and Infection*, 142(12): 2559–2566. <https://doi.org/10.1017/S0950268814000181>
- FDA 2018. FDA Update on Traceback Related to the *E. coli* O157:H7 Outbreak Linked to Romaine Lettuce, <https://www.fda.gov/news-events/fda-voices/fda-update-traceback-related-e-coli-o157h7-outbreak-linked-romaine-lettuce>. Erişim tarihi: 08.06.2024, 21:33
- FDA 2019a. Outbreak Investigation of *E. coli*: Ground Bison (July 2019). <https://public4.pagefreezer.com/browse/FDA/26-03-2024T13:07/https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-ground-bison-july-2019>. Erişim tarihi: 11.06.2024, 15:08
- FDA 2019b. Outbreak Investigation of *E. coli*: Flour (May 2019). <https://public4.pagefreezer.com/browse/FDA/26-03-2024T13:07/https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-flour-may-2019>. Erişim tarihi: 11.06.2024, 15:21
- FDA 2020a. Outbreak Investigation of *E. coli* O103: Clover Sprouts (February 2020). <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-o103-clover-sprouts-february-2020>. Erişim tarihi: 08.06.2024, 21:26

- FDA 2020b. Outbreak Investigation of *E. coli*: Salad Mix (December 2019), <https://public4.pagefreezer.com/browse/FDA/26-03-2024T13:07/https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-salad-mix-december-2019>, Erişim tarihi: 11.06.2024, 15:06
- FDA 2021. 2021 *E. coli* Outbreak Linked to Cake Mix - Investigation Details. https://archive.cdc.gov/#/details?archive_url=https://archive.cdc.gov/www_cdc_gov/ecoli/2021/o121-07-21/details.html. Erişim tarihi: 08.06.2024, 22:10
- FDA 2022a. Outbreak Investigation of *E. coli* - Leafy Greens (December 2020), <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-leafy-greens-december-2020>. Erişim tarihi: 08.06.2024, 21:11
- FDA 2022b. Outbreak Investigation of *E. Coli* O157:H7 - Spinach (November 2021). <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-o157h7-spinach-november-2021>, Erişim tarihi: 08.06.2024, 22:16
- FDA 2024a. Outbreak Investigation of *E. coli* O157:H7: Bulk Organic Walnuts (April 2024). <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-e-coli-o157h7-bulk-organic-walnuts-april-2024>. Erişim tarihi: 08.06.2024, 21:18
- FDA 2024b. Investigation Update: *E. coli* outbreak, Raw Cheddar Cheese - March 2024. <https://www.cdc.gov/ecoli/outbreaks/details-raw-milk-cheese-2-24.html>. Erişim tarihi: 08.06.2024, 21:42
- Fox, E., Jiang Y. and Gobius K. 2018. Key pathogenic bacteria associated with dairy foods: On-farm ecology and products associated with foodborne pathogen transmission. *International Dairy Journal*. 84: 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.03.013>
- Fratamico, P. M., DebRoy, C., Miyamoto, T. and Liu, Y. 2009. PCR detection of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O145 in food by targeting genes in the *E. coli* O145 O-antigen gene cluster and the Shiga toxin 1 and Shiga toxin 2 genes. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6 (5), 605-611. <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0254>
- Greig, D. R., Quinn, O. I., Rodwell, E. V., Olonade, I., Swift, C., Douglas, A., Balasegram, S. and Jenkins, C. 2024. Genomic analysis of an outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O183: H18 in the United Kingdom, 2023. *Microbial Genomics*, 10(5), 001243. <https://doi.org/10.1099/mgen.0.001243>
- Glowacki, E., Glowacki, J., Chung, A. and Wilcox, G. 2019. Reactions to foodborne *Escherichia coli* outbreaks: A text-mining analysis of the public's response. *American Journal of Infection Control*. 47(10): 1280-1282. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2019.04.004>
- Govindarajan, D. K., Viswalingam, N., Meganathan, Y. and Kandaswamy, K. 2020. Adhesion patterns of *Escherichia coli* in the gut and its role in pathogenesis, *Medicine in Microecology*, 5: 100025. <https://doi.org/10.1016/j.medmic.2020.100025>
- Gu, G., Bolten, S., Mowery, J., Luo, Y., Gulbranson, C. and Nou, X. 2020. Susceptibility of foodborne pathogens to sanitizers in produce rinse water and potential induction of viable but non-culturable state. *Food Control*. 112. 107138. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107138>

- Güner, A., Çevik, E., Şenel, M. ve Alpsoy, L. 2017. An electrochemical immunosensor for sensitive detection of *Escherichia coli* O157: H7 by using chitosan, MWCNT, polypyrrole with gold nanoparticles hybrid sensing platform. *Food Chemistry*, 229: 358-365. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.083>
- Gürel, Z. ve Aslan, D. 2019. Halk sağlığı bakış açısıyla gıda kaynaklı krizler ve önleme yaklaşımları. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 76 (3): 361-376.
- Han, L. 2019. Rapid determination of viable but non-culturable *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* in fresh produce by loop-mediated isothermal amplification coupling propidium monoazide treatment, Doctoral dissertation, University of British Columbia.
- Hara-Kudo, Y., Ohtsuka, K., Konishi, N., Yoshida, T., Iwabuchi, K., Hiratsuka, T., Nagai, Y., Kimata, K., Wada, H., Yamazaki, T., Tsuchiya, A., Mori, T., Inagaki, S., Shiraishi, S. and Terajima, J. 2020. An interlaboratory study on the detection methods for enterotoxigenic *Escherichia coli* in vegetables using enterotoxin gene screening and selective agars for ETEC-specific isolation. *International Journal of Food Microbiology*. 334: 108832. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108832>
- Havt, A., Lima, I., Medeiros, P., Clementino, M., Santos, A., Amaral, M., Veras, H., Prata, M., Lima, N., Moura, A., Leite, A., Soares, A., Filho, J., Houpt, E., Nataro, J., Guerrant, R. and Lima, A. 2017. Prevalence and virulence gene profiling of enteroaggregative *Escherichia coli* in malnourished and nourished Brazilian children. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 89(2): 98-105. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2017.06.024>
- Hiruta, N., Himori, M., Habutsu, M., Okamura, N., Ogawa, M., Matsushita, S. and Kudoh, Y. 1991. Enteroinvasive *Escherichia coli* O121: H-isolated from travellers' diarrhea. *Kansenshogaku zasshi. The Journal of the Japanese Association for Infectious Diseases*, 65 (5), 537-539. <https://doi.org/10.11150/kansenshogakuzasshi1970.65.537>
- Jeon, B. W., Jeong, J. M., Won, G. Y., Park, H., Eo, S. K., Kang, H. Y., Hur, J. and Lee, J. H. 2006. Prevalence and characteristics of *Escherichia coli* O26 and O111 from cattle in Korea. *International journal of food microbiology*, 110 (2), 123-126. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.01.035>
- Kashima, K., Sato, M., Osaka, Y., Sakakida, N., Kando, S., Ohtsuka, K., Doi, R., Chiba, Y., Takase, S., Fujiwara, A., Shimada, S., Ishii, R., Mizokoshi, A., Takano, M., Lee, K., Iyoda, S. and Honda, A. 2021. An outbreak of food poisoning due to *Escherichia coli* serotype O7:H4 carrying astA for enteroaggregative *E. coli* heat-stable enterotoxin1 (EAST1). *Epidemiology and Infection*. 149: e244. <https://doi.org/10.1017/S0950268821002338>
- Kato, K., Shimoura, R., Nashimura, K., Yoshifuzi, K., Shiroshita, K., Sakurai, N., Kodama, H. and Kuramoto, S. 2005. Outbreak of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O111 among high school participants in excursion to Korea. *Japanese journal of infectious diseases*, 58(5), 332-333. <https://doi.org/10.7883/yoken.JJID.2005.332>
- Keba, A., Rolon, M., Tamene, A., Tatlısı, K., Vipham, J., Kovac, J. and Zewdu, A. 2020. Review of the prevalence of foodborne pathogens in milk and dairy products in Ethiopia. *International Dairy Journal*, 109: 104762. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104762>

- Khanifar, J. Hosseini, R., Kazemi, R., Ramandi, M., Amani, J. and Salmanian, A. 2019. Prevention of EHEC infection by chitosan nano-structure coupled with synthetic recombinant antigen. *Journal of Microbiological Methods*, 157: 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2019.01.002>
- King, L., Loukiadis, E., Marian-Kurkdjian, P., Haegbaert, S., Weill, F., Baliere, C., Ganet, S., Gouali, M., Vaillant, V., Pihier, N., Callon, R., Novo, R., Gaillot, O., Thevenot-Sergentet, D., Bingen, E., Chaud, P. and Valk, H. 2014. Foodborne transmission of sorbitol-fermenting *Escherichia coli* O157:[H7] via ground beef: an outbreak in northern France, 2011. *Clinical Microbiology and Infection*, 20(12): 1136-1144. <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12736>
- Lee, S. Y. and Oh, S.W. 2022. Filtration-based LAMP-CRISPR/Cas12a system for the rapid, sensitive and visualized detection of *Escherichia coli* O157: H7. *Talanta*, 241: 123186. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.123186>
- Li, Y., Liu, H., Huang, H., Deng, J., Fang, L., Luo, J., Zhang, S., Huang, J., Liang, W. and Zheng, J. 2020. A sensitive electrochemical strategy via multiple amplification reactions for the detection of *E. coli* O157: H7. *Biosensors and Bioelectronics*, 147: 111752. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111752>
- Li, Z., Fu, Y., Fang, W. and Li, Y. 2015. Electrochemical impedance immunosensor based on self-assembled monolayers for rapid detection of *Escherichia coli* O157: H7 with signal amplification using lectin. *Sensors*, 15(8): 19212-19224. <https://doi.org/10.3390/s150819212>
- Li, Z., Ye, Z., Fu, Y., Xiong, Y. and Li, Y. 2016. A portable electrochemical immunosensor for rapid detection of trace aflatoxin B 1 in rice. *Analytical methods*, 8(3): 548-553. <https://doi.org/10.1039/C5AY02643A>
- Lv, X., Wang, L., Zhang, J., Zeng, H., Chen, X., Shi, L., Cui, H., Xiaoxin, O. and Zhao, L. 2020. Rapid and sensitive detection of VBNC *Escherichia coli* O157: H7 in beef by PMAXx and real-time LAMP. *Food Control*, 115: 107292. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107292>
- Macdonald, E., Moller, K., Wester, A., Dahle, U., Hermansen, H., Jenum, P., Thoresen, L. and Vold, L. 2014. An outbreak of enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) infection in Norway, 2012: a reminder to consider uncommon pathogens in outbreaks involving imported products, *Epidemiology and Infection*, 143(3): 486-493. <https://doi.org/10.1017/S0950268814001058>
- Matulkova, P., Gobin, M., Taylor, J., Oshin, F., Oconnor, K. and Oliver, I. 2013. Crab meat: a novel vehicle for *E. coli* O157 identified in an outbreak in South West England, *Epidemiology and Infection*, 141(10): 2043-2050. <https://doi.org/10.1017/S0950268812002816>
- McCarthy, T. A., Barrett, N. L., Hadler, J. L., Salsbury, B., Howard, R. T., Dingman, D. W., Brinkman, C. D., Bibb, W. F. and Cartter, M. L. 2001. Hemolytic-uremic syndrome and *Escherichia coli* O121 at a lake in Connecticut, 1999. *Pediatrics*, 108(4), e59-e59. <https://doi.org/10.1542/peds.108.4.e59>
- Michelacci, V., Prosseda, G., Maugliani, A., Tozzoli, R., Sanchez, S., Herrera-Leon, S., Dallman, T., Jenkins, C., Caprioli, A. and Morabito, S. 2016. Characterization of an emerging clone of enteroinvasive *Escherichia coli* circulating in Europe. *Clinical Microbiology and Infection*, 22(3): 287.e11-9. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2015.10.025>

- Muthukumar, D. and Shtenberg, G. 2023. SERS-based immunosensor for *E. coli* contaminants detection in milk using silver-coated nanoporous silicon substrates. *Talanta*, 254: 124132. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.124132>
- Nabae, K., Takahashi, M., Wakui, T., Kamiya, H., Nakashima, K., Taniguchi, K. and Okabe, N. 2012. A Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157 outbreak associated with consumption of rice cakes in 2011 in Japan, *Epidemiology and Infection*, 141(9). <https://doi.org/10.1017/S0950268812002439>
- Nataro, J. P. and Kaper, J. B. 1998. Diarrheogenic escherichia coli. *Clinical microbiology reviews*, 11(1), 142-201. <https://doi.org/10.1128/cmr.11.1.142>
- Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N. and Hase, T. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic acids research*, 28(12): e63-e63.
- Özkaya, F. ve Cömert M. 2008. Gıda Zehirlenmelerinde Etken Faktörler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*. 65(3): 149-158. <https://doi.org/10.1093/nar/28.12.e63>
- Özyurt, T. 2011. EHEC (Enterohemorajik Escherichia coli) ve Önemi. *Analiz*'35. 10: 8-11
- Pienaar, J., Singh, A. and Barnard, T. 2019. Acid-happy: Survival and recovery of enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) in simulated gastric fluid. *Microbial Pathogenesis*. 128: 396-404. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.022>
- Piepenburg, O., Williams, C.H., Stemple, D.L. and Armes, N.A. 2006. DNA detection using recombination proteins. *PLoS biology*, 4(7): e204. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040204>
- Rani, A., Donovan, N. And Mantri, N. 2019. The future of plant pathogen diagnostics in a nursery production system. *Biosensors and Bioelectronics*, 145: 111631. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111631>
- Rani, A., Ravindran, V. B., Surapaneni, A., Mantri, N. and Ball, A.S. 2021. Trends in point-of-care diagnosis for *Escherichia coli* O157: H7 in food and water. *International Journal of Food Microbiology*, 349: 109233. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109233>
- Razmi, N., Hasanzadeh, M., Willander, M. and Nur, O. 2020. Recent progress on the electrochemical biosensing of *Escherichia coli* O157: H7: Material and methods overview. *Biosensors*, 10(5): 54. <https://doi.org/10.3390/bios10050054>
- Ro, E., Ko, Y. and Yoon, K. 2015. Survival of pathogenic enterohemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) and control with calcium oxide in frozen meat products. *Food Microbiology*. 49: 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.010>
- Sá, S. R., Junior, A. G. S., Lima-Neto, R. G., Andrade, C. A. and Oliveira, M. D. 2020. Lectin-based impedimetric biosensor for differentiation of pathogenic candida species. *Talanta*, 220: 121375. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121375>
- Sekse, C., Sunde, M., Hopp, P., Bruheim, T., Cudjoe, K. S., Kvitle, B. and Urdahl, A. M. 2013. Occurrence of potentially human-pathogenic *Escherichia coli* O103 in Norwegian sheep. *Applied and environmental microbiology*, 79(23), 7502-7509. <https://doi.org/10.1128/AEM.01825-13>

- Simão, E. P., Silva, D. B., Cordeiro, M. T., Gil, L. H., Andrade, C. A. and Oliveira, M.D. 2020. Nanostructured impedimetric lectin-based biosensor for arboviruses detection. *Talanta*, 208: 120338. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120338>
- Sinclair, C., Jenkins, C., Warburton, F., Adak, G. and Harris, J. 2016. Investigation of a national outbreak of STEC *Escherichia coli* O157 using online consumer panel control methods: Great Britain, *Epidemiology and Infection*, 145(5): 864-871. <https://doi.org/10.1017/S0950268816003009>
- Smith-Palmer, A., Hawkins, G., Brownig, L., Allison, L., Hanson, M., Bruce, R., McElhiney, J. and Horne, J. 2018. Outbreak of *Escherichia coli* O157 Phage Type 32 linked to the consumption of venison products. *Epidemiology and Infection*, 146 (15): 1922-1927. <https://doi.org/10.1017/S0950268818001784>
- Snehaa, K., Singh, T., Dar, S., Haque, S., Ramachandran, V., Saha, R., Şah, D. and Das, S. 2020. Typical and atypical enteropathogenic *Escherichia coli* in children with acute diarrhea. changing trend in East Delhi. *Biomedical Journal*, 44(4): 471-478. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2020.03.011>
- Taşdemir, C. 2009. Toplum ve Hastane Kaynaklı İnfeksiyonlardan İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antimikrobiyal Direnç Fenotiplerinin Araştırılması, Uzmanlık Tezi, T. C. Sağlık Bakanlığı Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
- Telekoğlu, M. 2019. Piyasada Satılan Etlere *Salmonella* spp. Ve *E. coli* O157:H7 Varlığının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Temelli, S. 2002. Gıda Zehirlenmesine Neden Olan *E.coli* O157:H7 ve Önemi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 21: 133-138.
- Tian, C., Zhao, L., Qi, G. and Zhang, S. 2023. Trace detection of *E. coli* O157: H7 cells by an Au nanoparticle-based SERS aptasensor. *ACS Applied Nano Materials*, 6(2): 1386-1394. <https://doi.org/10.1021/acsanm.2c05031>
- Torpdahl, M., White, ED, Schjørring, S., Søby, M., Engberg, J., Engsbro, A.L. and Müller, L. 2023. Imported spring onions related to the first recorded enteroinvasive *Escherichia coli* outbreak in Denmark from November to December 2021. *Eurosurveillance*, 28 (15): 2200572.
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F. 2015. Gıda Kaynaklı Mikrobiyal Hastalıklar. İzmir, Türkiye, pp. 133-136
- Vergis, C., Pathak, R., Kumar, M., Sunitha, R., Malik, S., Barbudde, S. and Rawool, D. 2018. A comparative study to detect the production of extended spectrum β -lactamase (ESBL) by enteroaggregative strains using *Escherichia coli* (EAEC) double disk, nitrocepine and PCR tests, *Journal of Microbiological Methods*, 151: 57-61 <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.06.004>
- Wen, Y., Tan, Y., Zhao, L., Lv, X., Lin, L., Liang, D. and Wang, L. 2022. Rapid on-site detection of viable *Escherichia coli* O157: H7 in lettuce using immunomagnetic separation combined with PMAxx-LAMP and nucleic acid lateral flow strip. *Microchemical Journal*, 178: 107348. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107348>
- Yamasaki, T., Miyake, S., Nakano, S., Morimura, H., Hirakawa, Y., Nagao, M., Iijima, Y., Narita, H. and Ichiyama, S. 2016. Development of a surface plasmon resonance-based immunosensor for detection of 10

- major O-antigens on Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, with a gel displacement technique to remove bound bacteria. *Analytical chemistry*, 88(13), 6711-6717.
- Yan, S., Liu, C., Fang, S., Ma, J., Qiu, J., Xu, D., Li, L., Yu, J., Li, D. and Liu, Q. 2020. SERS-based lateral flow assay combined with machine learning for highly sensitive quantitative analysis of *Escherichia coli* O157: H7. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412: 7881-7890. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02921-0>
- Zhao, L., Wang, J., Chen, M., Sun, X., Wang, Y., Wang, J. and Geng, Y. 2022. Development and application of recombinase polymerase amplification assays for rapid detection of *Escherichia coli* O157 in food. *Food Analytical Methods*, 15(7):1843-1850. <https://doi.org/10.1007/s12161-022-02250-1>
- Zhou, S., Lu, C., Li, Y., Xue, L., Zhao, C., Tian, G., Bao, Y., Tang, L., Lin, H. and Zheng, J. 2020. Gold nanobones enhanced ultrasensitive surface-enhanced Raman scattering aptasensor for detecting *Escherichia coli* O157: H7. *ACS sensors*, 5(2): 588-596. <https://doi.org/10.1021/acssensors.9b02600>
- Zhu, X., Zhao, Y., Zhang, Z. Wang, H., Liu, B., Li, Z. and Wang, M. 2021. A disposable gold foil paper-based aptasensor for detection of enteropathogenic *Escherichia coli* with SERS analysis and magnetic separation technology. *Microchim Acta*, 188, 396. <https://doi.org/10.1007/s00604-021-05052-0>



Yeni Nesil Fonksiyonel Bileşenler Olarak Postbiyotikler ve Biyoaktif Özellikleri^A

Merve ÖZBAY-ARI¹, Lütfiye YILMAZ-ERSAN^{2*}

Öz: Postbiyotikler, konakçı sağlığı üzerine olumlu etkiler gösteren cansız mikroorganizmalar ve/veya bunların bileşenleridir. Postbiyotiklerin kesin mekanizmaları tam olarak anlaşılamamış olsa da spesifik fizyolojik etkiler sağlayarak konak sağlığının iyileştirilmesinde sayısız olumlu etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Kolay depolanabilme, uzun raf ömrü, seri üretim kapasitesi, gıdaların mikrobiyal bozulmasını önlemesi gibi çeşitli avantajlara sahip olması gıda, hayvancılık ve farmakoloji alanında kullanılabilirliklerini de sağlamaktadır. Tüm bu özellikleri dikkate alındığında postbiyotikler birçok endüstri alanında kullanılabilir yeni nesil fonksiyonel bileşenler olarak kabul edilmektedir. Bu makalede, postbiyotik terminolojisi, üretimi, karakterizasyonu, biyoaktivitesi, sağlığı geliştirici etkisi ve endüstriyel uygulamaları gibi kavramlar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: probiyotik, postbiyotik, fonksiyonel bileşen, biyoaktivite.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** *Sorumlu yazar/Corresponding Author: ¹ Merve ÖZBAY-ARI, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, mervozby@gmail.com, [OrcID 0000-0001-6408-4563](https://orcid.org/0000-0001-6408-4563)

² Lütfiye YILMAZ-ERSAN ² Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye lutfiyey@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-8482-5055](https://orcid.org/0000-0002-8482-5055)

Postbiotics as Next-Generation Functional Components and Their Bioactive Properties

Abstract: Postbiotics are non-living microorganisms and their components that benefit host health. Although the exact mechanisms of postbiotics are not fully understood, they have been shown to have numerous beneficial effects in improving host health through specific physiological effects. They have various advantages, such as easy storage, long shelf life, mass production capacity, and prevention of microbial spoilage of food, and can be used in food, animal husbandry, and pharmacology. Considering all of these characteristics, postbiotics are considered the next generation of functional components that can be used in a wide range of industries. This article provides information on concepts such as postbiotic terminology, production, characterization, bioactivity, health-promoting effects, and industrial applications.

Keywords: probiotic, postbiotic, functional component, bioactivity.

Giriş

Son yıllarda tüketicilerin beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiye dair farkındalıklarının artması fonksiyonel gıdalara olan talebi de etkilemektedir. Bu kapsamda, hayat kalitesi ve sağlık üzerine olumlu etkiler gösteren, doğal, ekonomik ve sürdürülebilir beslenme modelini benimseyen fonksiyonel gıda çeşitliliğinin genişletilmesi hem araştırmacılar hem de üreticiler tarafından amaçlanmaktadır. Fonksiyonel gıda “temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayan herhangi bir gıda ya da gıda bileşeni” olarak tanımlanmaktadır. Fonksiyonel gıda, “nütrasötikler”, “terapötikler” “destekleyici gıda”, “medikal gıda”, “zenginleştirilmiş gıda”, “diyet gıda” gibi benzeri isimler ile de adlandırılmaktadır. Fonksiyonel gıdalar; i) fonksiyonel bileşen içeren doğal gıda, ii) fonksiyonel bileşen katkılı, iii) istenmeyen bir bileşiği çıkartılan gıda olarak sınıflandırılmaktadır. Probiyotikler, prebiyotikler, fitokimyasallar, mikroalgler, çoklu doymamış yağ asitleri ve sülfür içeren bileşenler yeni nesil gıda formülasyonlarında en fazla kullanılan fonksiyonel bileşenlerdir (Scrinis, 2008; Lobo ve ark., 2010; Betoret ve ark., 2011; Guimarães ve ark., 2018; Yılmaz-Ersan ve Topçuoğlu, 2019; Topçuoğlu ve Yılmaz Ersan, 2020).

Tarihsel süreçte ilk olarak, probiyotik kelimesi Yunanca “pro” ve “biota” kelimelerinden türetilerek “yaşam için olan” olarak ifade edilmiş olup, konağın sağlık kalitesini artıran her madde ya da organizmayı tanımlamak için kullanılmıştır (Patel ve ark., 2020). Probiyotikler 2014 yılında Uluslararası Probiyotikler ve Prebiyotikler Derneği (ISAAP) tarafından düzenlenen panelde, “yeterli miktarlarda tüketildiğinde konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmıştır. Bu tanım, probiyotiklerin mikrobiyal, canlı ve sağlığa yararlı olmak üzere üç temel kritere sahip olması gerektiğini belirtmekte olup, çok çeşitli mikroorganizmaları ve uygulamaları da kapsamaktadır (Salminen ve ark., 2021). Probiyotik kapsamında değerlendirilen ürünlerde ise

en az bir bilimsel olarak kanıtlanmış sağlık yararı bulunan, yeterli sayıda mikroorganizmayı içermesi ve bu mikroorganizmanın raf ömrü süresince canlı kalması gerekmektedir (Binda ve ark., 2020).

Probiyotikler bağırsak mikrobiyomunu modüle ederek sağlık üzerine olumlu etkiler göstermektedir. Fakat canlılık kontrolleri gibi tekno-işlevsel sınırlamalar gıda ve ilaç sektörlerindeki potansiyel uygulamaları engellemektedir. Bununla birlikte, probiyotikler üzerine yapılan araştırmalarda, bilinmeyen moleküler mekanizmalar, türe özgü davranışlar, suşa özgü fonksiyonel etki göstermeleri, antibiyotik direnç geliştirebilmeleri, virülans gen transferi gibi bazı olumsuz özelliklere de sahip olabilecekleri belirtilmektedir. Ürün uygulamalarında ise probiyotiklerin üretim sürecinde canlılığının ve stabilitesinin korunması, kommensal bağırsak mikrobiyotasının kolonizasyonuna engel olması, fırsatçı enfeksiyonlara neden olabilmesi, enflamatuvar yanıt enfektif endokardit, sepsis, doku ya da kana bakteriyel translokasyon ve bağışıklığı baskılanmış bireylerde bakteriyemi gibi önemli dezavantajlarının olabileceği de ifade edilmektedir (Kechagia ve ark., 2013; Ayichew ve ark., 2017; Evivie ve ark., 2017; Piqué ve ark., 2019; Suez ve ark., 2019; Nataraj ve ark., 2020; Rad ve ark., 2022). Son yıllarda probiyotiklerin ifade edilen dezavantajlarının avantaja dönüştürülebilmesi amacı ile bu mikroorganizmaların inaktif formları ve metabolomikleri üzerine yapılan araştırma sayısı artış göstermektedir. Odak noktasının, canlı probiyotik mikroorganizmalardan canlı olmayan formlarına ve metabolomiklerine doğru yönelmesi “postbiyotik” ve “paraprobiyotik” kavramlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde postbiyotiklerin probiyotiklere göre (i) saf formda mevcut olması, (ii) üretim ve depolama kolaylığı, (iii) endüstriyel ölçekte çoğaltma için üretim sürecinin elverişliliği, (iv) spesifik etki mekanizması, (v) Örüntü Tanıma Reseptörleri (PRR) tanıma ve etkileşim sırasında Mikroorganizmalarla İlişkili Moleküler Modelin (MAMP) daha iyi erişilebilirliği, (vi) spesifik ligand-reseptör etkileşimleri ile yalnızca hedeflenen etkiyi tetikleme olasılığının daha yüksek olması gibi avantajlara sahip olmaları, yeni nesil nutrasötikler olabileceklerini göstermektedir (Adams, 2010; Aguilar-Toalá ve ark., 2018; Nataraj ve ark., 2020; Martorell ve ark., 2021).

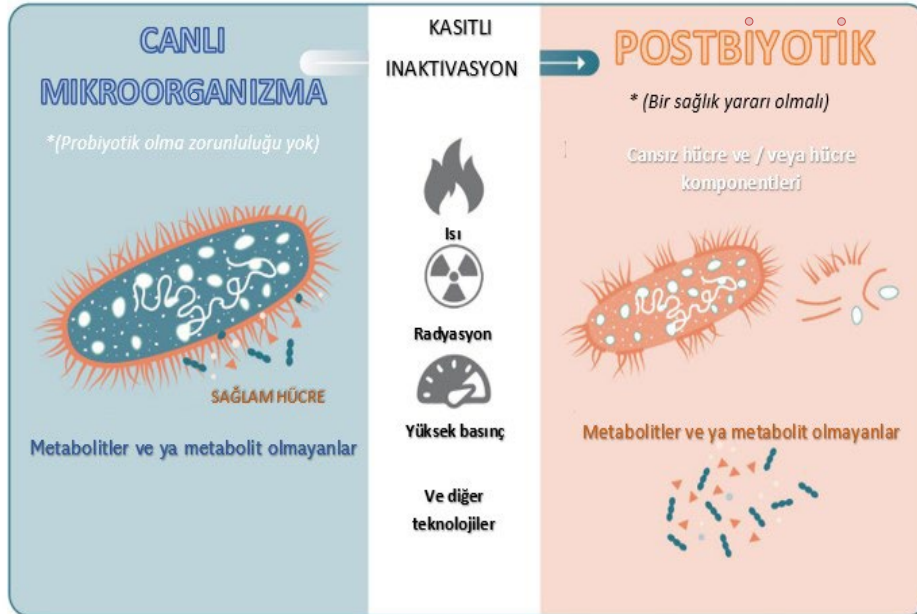
Postbiyotikler

Probiyotik teriminde olduğu gibi postbiyotik ifadesi de Yunanca’dan türetilmiş olup, “post” ön eki “sonra”, “biyotik” kelimesi ise “canlılık /yaşamsal” anlamına gelmektedir. Postbiyotik kelime olarak “yaşam sonrası” ya da “cansız form”u belirtmek için kullanılmaktadır. Mikroorganizmaların inaktif formları ve oluşturdukları metabolomiklerin de fonksiyonel etkilerinin kanıtlanması postbiyotikler üzerine çalışmaları teşvik etmiş ve terminolojilerin geniş yelpazesi birçok bilim insanının alt tanımlar ortaya koymasına yol açmıştır. Şekil 1’de farklı araştırmacılar tarafından postbiyotik terimini ifade eden tanımlamalar kronolojik olarak gösterilmektedir. 2021 yılında ISAAP “konakçıya sağlık açısından fayda sağlayan cansız mikroorganizmalar ve/veya bunların bileşenleri” olarak tanımlamışlardır. 2024 yılında ise aynı konsensüs tarafından bu tanımlama ile ilgili farklı yaklaşımlar ele alınmış ve yapılacak çalışmalar ile tanımlamalarında güncellenebileceği belirtilmiştir (Vinderola ve ark., 2024).



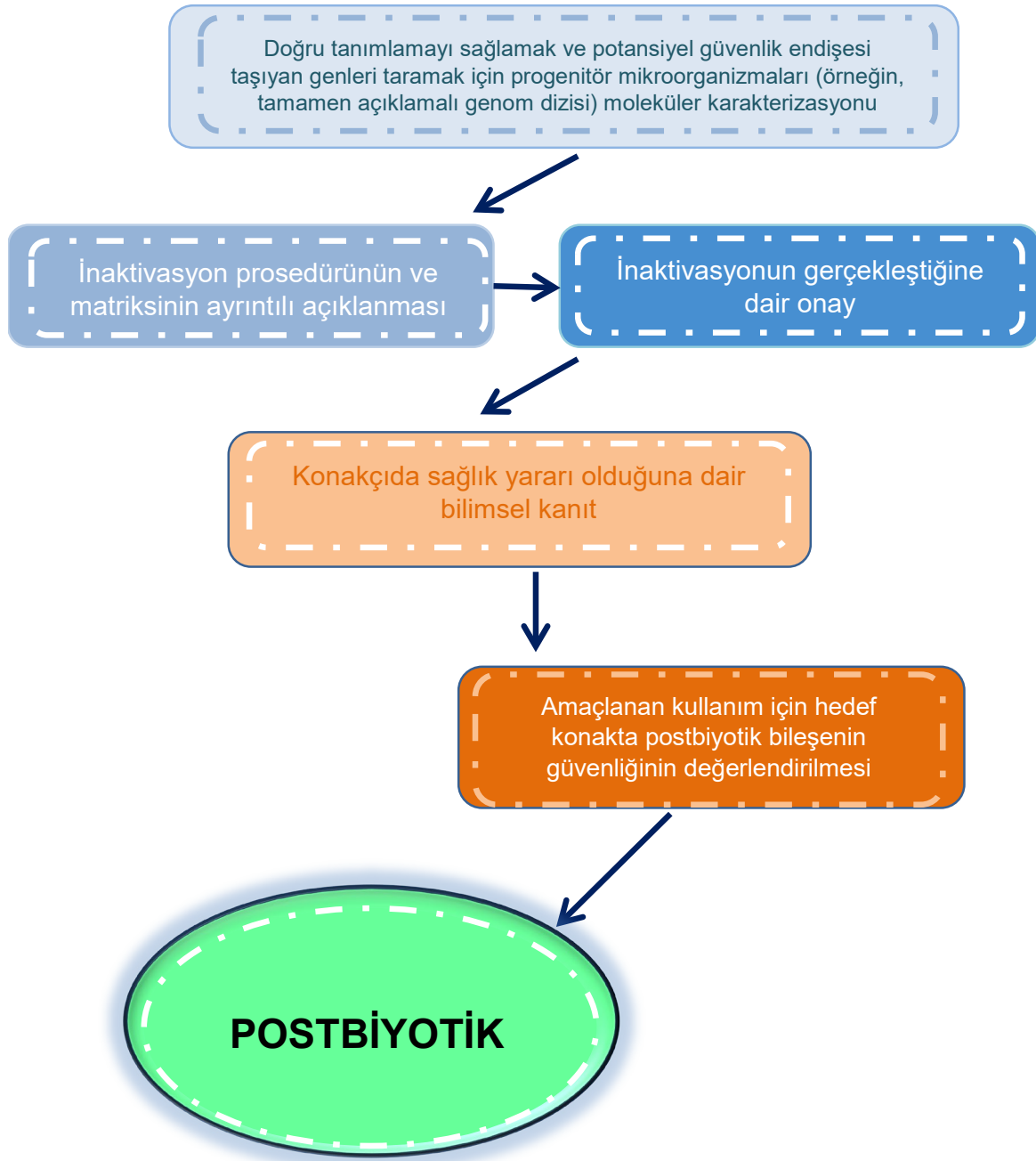
Şekil 1. Postbiyotik teriminin tarihsel tanımlamaları (Vasiljevic ve Shah, 2008; Salminen ve ark., 2021)

Canlı bir mikroorganizmanın inaktivasyon işlemi ile sağlam cansız hücreler, hücre bileşenleri ya da sağlam cansız hücreler ile hücre karışımı elde edilmektedir. Aynı zamanda bu işlem potansiyel olarak fonksiyonel özelliklere sahip yeni metabolomiklerin de ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Vinderola ve ark., 2024). Şekil 2’de de gösterildiği gibi kasıtlı inaktivasyon işlemi postbiyotiklerin oluşumunu sağlamaktadır.



Şekil 2. Postbiyotiklerin elde edilmesi (Vinderola ve ark., 2024).

Postbiyotik üretiminin bir parçası olarak canlı bir mikroorganizmaya canlılığın sona erdirilmesine yönelik ısı, radyasyon, yüksek basınç gibi kasıtlı bir işlem uygulanmaktadır. İnaktivasyon aşaması, sağlam cansız hücreleri, hücre bileşenlerini veya sağlam cansız hücreler ve hücre bileşenlerinin bir karışımının oluşmasına neden olmaktadır. Progenitör mikroorganizmanın mutlaka probiyotik olması gerekmemektedir. Şekil 2 de de görüldüğü gibi postbiyotik ürünler mikroorganizmalardan elde edilmesine rağmen probiyotik türevi olma şartı bulunmamaktadır. ISAAP 2024 yılında yayımladığı raporda izole edilmiş ve saflaştırılmış metabolitlerin postbiyotik olamayacağını belirtilmiştir. Ancak bakteriyel biyokütleden ayrılmış ve işlenmemiş süpernatantlar postbiyotikler olarak tanımlanmıştır. Bu raporda postbiyotik terimi tanımlanırken canlı mikroorganizmaların inaktivasyonu için kasıtlı bir işlem prosedürünün uygulanması gerekliliği de vurgulanmıştır (Vinderola ve ark., 2024). Örneğin, canlı bir mikroorganizma olarak uygulandığında irritabl bağırsak sendromunu hafiflettiği gösterilen *Bifidobacterium bifidum* MIMBb75, aynı suşun ısıyla inaktive edilerek postbiyotik olarak üretildikten sonra da etkili olduğunu göstermek üzere ikinci bir klinik çalışma gerçekleştirilmiştir (Guglielmetti ve ark., 2011; Andresen ve ark., 2020). Bu bulgulara rağmen, *B. bifidum* MIMBb75 probiyotik suşunun, kasıtlı bir işlem uygulanmadan raf ömrü boyunca hücre canlılığını kaybetmesi ile (canlı olmayan formu) postbiyotik olarak tanımlanamayacağı bildirilmektedir. Isı inaktivasyon işleminin bir mikroorganizmaya kasıtlı, kontrollü ve tekrarlanabilir şekilde uygulanması, uzun bir raf ömrü boyunca meydana gelen hücre inaktivasyonu ile aynı süreç olarak kabul edilmemekte ve biyolojik olarak aynı aktif bileşenlerin oluşamayacağı bildirilmektedir (Vinderola ve ark., 2024). Uygun güvenlik değerlendirmesi, progenitör mikroorganizmanın karakterizasyonu ve taranması, toksijenik unsurlar için elde edilen hazırlık, uygun klinik öncesi ve klinik güvenlik verilerinin toplanması bir postbiyotik geliştirme süreçleridir. Postbiyotiklerin üretimi, inaktive edilmiş mikroorganizmaları gerektirmektedir. Probiyotik hücrelerin inaktivasyonu, mikroorganizmanın hücre yapılarını veya fizyolojik fonksiyonlarını değiştirebilen çeşitli teknolojik stratejiler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, postbiyotik üretmek için uygulanan inaktivasyon yöntemi ile canlı formun sağladığı faydalı etkilerin de korunması gerektiği vurgulanmaktadır (de Almada ve ark., 2016). Bu anlamda hem laboratuvar hem de endüstriyel proseslerde postbiyotiklerin formalin gibi kimyasallar, sonikasyon, enzimatik işlemler ve solvent ekstraksiyonu dahil olmak üzere farklı hücre parçalama yöntemleri kullanılarak üretilebileceği bildirilmektedir (Amaretti ve ark., 2013; Tiptiri-Kourpeti ve ark., 2016; Piqué ve ark., 2019). Isıl işlem yöntemi, probiyotik mikroorganizmaların inaktif formunu oluşturmak için en sık uygulanan prosedir (de Almada ve ark., 2016). Bununla birlikte canlı olmayan hücreleri ve bunların metabolitlerini elde etmek için potansiyel olarak kullanılacak başka yöntemler de söz konusudur. Bu spesifik inaktivasyon yöntemleri, mikroorganizmaların termal direncine ve spesifik termal direncine (örn. vejetatif hücre veya sporlar, gelişme ortamı, gelişme aşaması, su aktivitesi vb.) bağlı olduğundan süreler ve sıcaklıklar değişebilmektedir. Postbiyotiklerin saflaştırılma aşamasında ise santrifüjleme, diyaliz, liyofilizasyon ve kolon saflaştırma prosedürleri uygulanmaktadır (Ramakrishna ve ark., 2019; Barros ve ark., 2020; Vallejo-Cordoba ve ark., 2020). Bu kapsamda ISAAP tarafından önerilen postbiyotik üretim prosedürü Şekil 3'te belirtilmiştir.



Şekil 3. Bir bileşenin postbiyotik olarak tanımlanabilmesi için ISAAP (2024) tarafından belirtilen gerekli kriterler

Postbiyotiklerin Sınıflandırılması

Postbiyotikler, belirtilen fizyolojik faydalara (anti-inflamatuar, antioksidan, antihipertansif, antiproliferatif, antimikrobiyal, hipokolesterolemik ve immünomodülatör aktiviteler) göre veya hem bakteriyel hücre bileşiklerinden hem de mikrobiyal etkiden (gıda matriksi üzerinde mikrobiyal enzimatik aktiviteden

metabolitlerin ve ürünlerin sentezi) türetilen bileşimlerine göre farklı kategorilerde sınıflandırılmaktadırlar (Barros ve ark., 2020). Probiyotikler tarafından muramil dipeptid, teikoik asit, lipopolisakkarit, ekzopolisakkaritler, laktospin ve indol dahil olmak üzere farklı postbiyotik türleri üretilmektedir (Hayes ve Vargas, 2016). Postbiyotikler, probiyotikler tarafından salgılanan enzimler, proteinler, kısa zincirli yağ asitleri, vitaminler, biyosülfaktanlar, amino asitler, peptitler, organik asitler vb. gibi hücre dışı süpernatantlardan salgılanan metabolik ürünler olarak bilinmektedirler (Aguilar-Toalá ve ark., 2018; Nataraj ve ark., 2020; Amiri ve Kazemi, 2022; Thorakkattu ve ark., 2022). Aynı zamanda hücre içermeyen süpernatantlar, biyojenikler, metabolitler ve probiyotik aktivitenin metabolik atıkları da bu sınıfta yer almaktadır (Malashree ve ark., 2019). Postbiyotiklere ait bilimsel çalışmalar incelendiğinde bu terim altında sınıflanan bazı metabolomikler aşağıda belirtilmiştir;

- a) B vitamini sentezi biotin, kobalamin, folatlar, nikotinik asit, pantotenik asit, piridoksin (Bourebaba ve ark., 2022; Park ve ark., 2022)
- b) K Vitamini (Hill, 1997)
- c) Kısa zincirli yağ asitleri (Morrison ve Preston, 2016)
- d) Glutatyon (Mikelsaar ve Zilmer, 2009)
- e) Antimikrobiyal peptidler (Dobson ve ark., 2012)
- f) Fenilasetik asit (Ohhira ve ark., 2004)
- g) D-amino asitler (Cava ve ark., 2011)
- h) Hidrojen peroksit (Hertzberger ve ark., 2014)
- i) Uçucu organik bileşikler (Bos ve ark., 2013)
- j) Fitoöstrojenler: Equol, enterolakton, enterodiol (Frankenfeld ve ark., 2014)
- k) Urolithin A ve urolithin B (Larrosa ve ark., 2006; Espín ve ark., 2013)
- l) Fulvik asitler (Pelton, 2020)

Postbiyotiklerin Sağlık Üzerine Etkileri

2024 yılında ISSAP'ın yaptığı güncel tanımlar dikkate alındığında, probiyotikler ve postbiyotikler bir madalyonun iki yüzü olarak kabul edilebilmekte, canlılığın kaybı bir fonksiyonel bileşenden (probiyotik) diğer fonksiyonel bileşene (postbiyotik) geçiş olarak kabul edilmektedir. Örneğin, *Lactobacillus gasseri* CP2305 suşunun canlı formu irritabl bağırsak sendromlu hastalarda yaşam kalitesini ve klinik semptomları üzerine, inaktif formu ise bağırsak ortamı ve fonksiyonu üzerine olumlu etki göstermiştir. Benzer şekilde, *Akkermansia muciniphila* ATCC BAA -835'in, canlı, pastörize ve cansız formunun obez ve aşırı kilolu gönüllülerde çeşitli metabolik parametreleri iyileştirdiği belirlenmiştir (Vinderola ve ark., 2024). Bu örneklerden farklı olarak, bazı probiyotik mikroorganizmaların bağırsak sağlığının korunması ve iyileştirilmesinde etkili olmadığı ya da güvenlik nedenleriyle kullanılmadığı ancak ürettikleri postbiyotiklerin bu konuda etkili rol oynadığı da

bildirilmektedir (Ford ve ark., 2018). Örneğin, genel olarak yararlı bir endojen bağırsak mikroorganizması olarak kabul edilen *Faecalibacterium prausnitzii*, şu anda tüketilmesi güvenli görülmediğinden probiyotikler ile tedavide canlı bir mikroorganizma olarak uygulanmamaktadır. Ancak çalışmalar *F. prausnitzii*'nin bütirat üretiminin bağırsak sağlığına olumlu etkiler sağladığını göstermekte, bütirat içeren inaktive edilmiş bir *F. prausnitzii* preparatına dayanan postbiyotik tedaviyle aynı sağlık yararlarını elde etmek mümkün olabilmektedir (Rooks ve Garrett, 2016). Ayrıca canlı olduklarında patojen olarak kabul edilen bazı mikroorganizmalar dahi postbiyotik geliştirmek için kullanılabilir. Örnek olarak solunum yolu için bağışıklık güçlendirici olarak kullanılabilen patojen lizatlarının bir karışımı gösterilebilmektedir (Kaczynska ve ark., 2022).

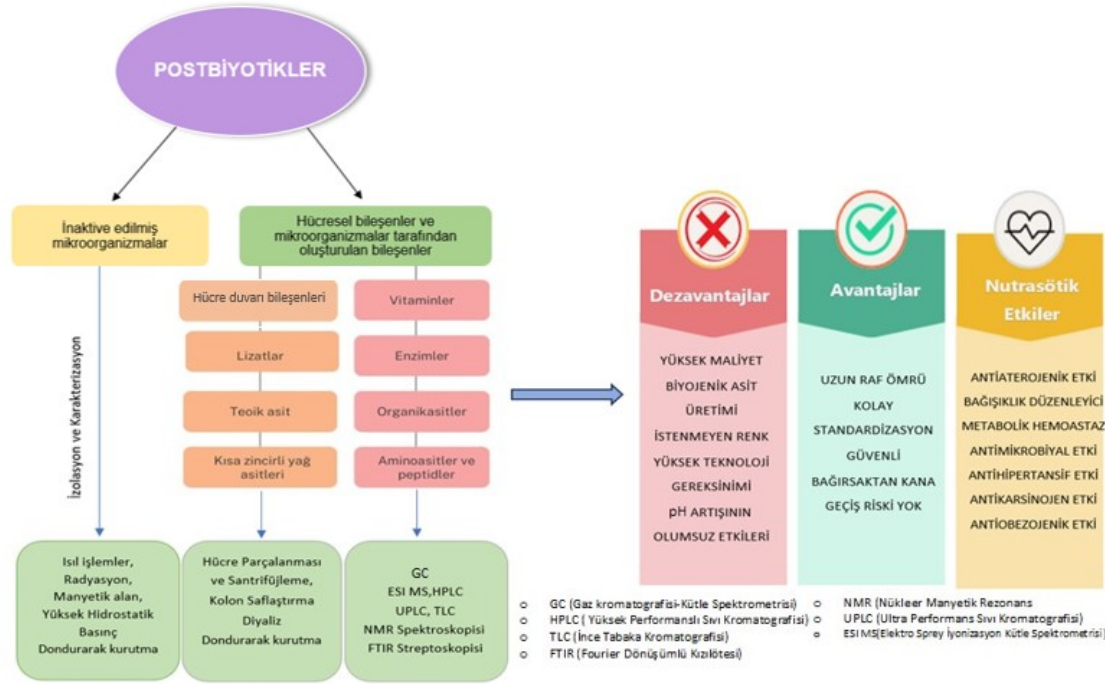
Son yıllarda, postbiyotiklerin nütrasötik etkilerinden yararlanılarak, insan sağlığının iyileştirilmesi, karmaşık konakçı-mikroorganizma etkileşimlerine ilişkin kanıtların genişletilmesi, hastalıkların önlenmesi ve tedavisine yönelik yenilikçi ve kişiselleştirilmiş yaklaşımların artması beklenmektedir. Bu kapsamda postbiyotikler üzerine yapılan çalışmalar, antioksidan, antimikrobiyal, anti-inflamatuar, antiproliferatif ve immünomodülatör aktiviteler yoluyla bağırsak sağlığını korumak için fizyolojik faydalar sağlayabildiğini göstermektedir (Şekil 4). Ancak etki mekanizmaları henüz tam olarak aydınlatılamamıştır (Nozari ve ark., 2019; Izuddin ve ark., 2020; Nataraj ve ark., 2020; Vallejo-Cordoba ve ark., 2020; Duarte ve ark., 2022; Rad ve ark., 2022; Gurunathan ve ark., 2023; Prajapati ve ark., 2023). Asetik asit, bütirik asit ve propiyonik asit gibi postbiyotik örneği olan kısa zincirli yağ asitleri, bağırsakların fizyolojik fonksiyonları ve sindirim fonksiyonlarında önemli rol oynamaktadırlar. Besinlerin sindirimi ve emiliminde, spesifik metabolik yollara katılarak bağırsak sağlığının korunmasında görev almaktadırlar (Hayes ve Vargas, 2016; Holanda ve ark., 2020).

Postbiyotikler sağlıklı bağırsak mikrobiyotasının oluşturulması, obezite ve obezite ile ilişkili hastalıkların yönetimi için potansiyel nütrasötikler olarak görülmektedir. Hücre duvarı bileşenleri, lipoteikoik asitler, muramil dipeptit, ekzopolisakkarit, ürolitinler, kısa zincirli yağ asitleri, bakteriyosinler ve hücre içermeyen lizatlar başlıca anti-obezite faktörleri kanıtlanan postbiyotikler olarak belirtilmektedir. Bu postbiyotikler, i) harcanan enerjinin artması, ii) adipogenezin azalması ve adiposit farklılaşması, iii) iştahın baskılanması, iv) lipid emiliminin inhibisyonu, v) lipid metabolizmasının ve bağırsak disbiyozunun düzenlenmesi gibi çeşitli mekanizmalar ile obeziteyi önleyici etkiler göstermektedirler (Seo ve ark., 2022; Park ve ark., 2023).

Postbiyotikler konakçıya immünomodülatör aktivite sağlamak ve yaşlılar, transplantasyon hastaları veya prematüre yenidoğanlar gibi immün yetmezliğe sahip bireylerde olduğu gibi canlı probiyotik bakteri kullanımının endike olmadığı durumlarda daha güvenli bir alternatif sunabilmektedirler (Yeşilyurt ve ark., 2021).

Postbiyotikler, hücre büyümesini ve çoğalmasını engelleyerek ve apoptotik etkileri artırarak antikarsinojen özellikler de sergilemektedir. Kısa zincirli yağ asitleri, metabolitler, mikrobiyal hücre fraksiyonları, fonksiyonel proteinler, ekzopolisakkaritler ve hücre lizatları dahil olmak üzere çeşitli postbiyotikler antikarsinojen aktiviteye sahip bileşenler olarak gösterilmektedir (Wegh ve ark., 2019; Zendeboodi ve ark., 2020; Nowak ve ark., 2022). Postbiyotiklerin antikarsinojen etkisi, postbiyotiklerin ekstrakte edildiği probiyotik suşa, postbiyotik tırüne ve kanserli organa bağlı olarak değişmektedir (Moradi ve ark., 2021; Gurunathan ve ark., 2023). Genel olarak postbiyotiklerin antikarsinojen aktivitesinin; hücrenin canlılığının azaltılması, bağışıklık tepkisinin

düzenlenmesi, karsinogen ve mutajenik ajanların kontrolü, apoptotik hücre ölüm yolunun aktivasyonu, bağırsak disbiyozunun inhibisyonu, otofaji ile tümör hücresinin ölümünün artırılması olmak üzere çeşitli moleküler mekanizmalar şeklinde olduğu belirtilmektedir (Nozari ve ark., 2019).



Şekil 4. Postbiyotikler ve etki mekanizmaları (Aggarwal ve ark., 2022)

Laktik asit bakterilerinden elde edilen ekzopolisakkaritler, bağırsak epitel bariyerini güçlendiren mekanizmada rol oynamalarının yanı sıra doğal ve güçlü antioksidanlar olarak da etki göstermektedirler. Yapılan çalışmalarda; laktik asit bakterilerinden elde edilen ekzopolisakkaritlerin hepatoma HepG2 hücreleri üzerinde hem antioksidatif hem de antiproliferatif etkileri kanıtlamıştır. *Bacillus coagulans*'tan elde edilen ekzopolisakkaritlerin, önemli antioksidan ve serbest radikal temizleme aktiviteleri olduğu saptanmıştır. *Lactiplantibacillus plantarum* subsp. *plantarum* ekzopolisakkaritlerinin ise reaktif oksijen türlerinin temizlenmesini ve lipid peroksidasyonunun azaltılmasını içerebilecek antioksidan etkileri saptanmıştır (Scott ve ark., 2022).

In vivo çalışmalarda postbiyotik uygulamasının inflamasyon ve ilgili hastalıklar üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir. Chung ve ark. (2019), ısıtma işlemi (80°C, 30 dakika, 17 mg/kg, 5 hafta) uygulayarak inaktif hale getirilen postbiyotik *Enterococcus faecalis*'in sıçanlarda bağırsak iltihabı üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, postbiyotik *E. faecalis*'in sıçanlarda bağırsak iltihabını iyileştirme, kolite ve kolorektal kansere karşı biyokoruyucu özellikte olduğu bildirilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü kolorektal kanser ile ilgili epidemiyolojik çalışmalar sonucunda, 2030 yılına kadar bu hastalığın yaklaşık 17 milyon ölüme neden olacağını öngörmektedir. Mide ve kolon kanserlerinin yüksek sıklığı,

araştırmacıları, hastalığın prevalansını önlemek amacıyla yeni ve doğal bileşenler keşfetmeye yöneltmektedir (Abbasi ve ark., 2023). Yapılan bir çalışmada, *Rhizopus nigricans*'tan (ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılan zigomiset filamentli mantar) izole edilen ekzopolisakkaritlerin, AMP ile aktifleşen protein kinaz (AMPK) yolunu aktive ederek hem *in vitro* hem de *in vivo* kolon kanseri hücre apoptozunu indüklediği gösterilmiştir (Lu ve ark., 2020; Kvakova ve ark., 2022) Neffe-Skocińska ve ark. (2024), kombucha içeceklerinden izole edilen *Gluconobacter oxydans* suşlarının santrifüj işlemi ile elde ettikleri postbiyotik hücresiz süpernatant ve hücresiz nötralize süpernatantlarının antimikrobiyal ve antikarsinojen etkilerini incelemiştir. Çalışılan *G. oxydans* suşlarının hücresiz süpernatantları, neoplastik özelliklere sahip iki insan hücre hattının ve kanserli olmayan bir hücre hattının ölüm sürecini uyararak için farklı etkiler göstermişlerdir. Asetik asit bakterilerinin hücresiz süpernatantlarının, özellikle de *G. oxydans* KNS30 suşunun potansiyel antikarsinojen aktivitesi gastrik adenokarsinom hücre hattına (AGS) karşı gösterilmiştir. Myeong ve ark. (2023), taze turp suyu kimchisinden izole edilen postbiyotik *L. plantarum* MD35'in fare kemik iliği kaynaklı makrofaj kültüründe osteoklast farklılaşması etkisini araştırmışlardır. Hayvan modelinde, postbiyotik MD35'in oral yoldan uygulanması, trabeküler kemik kaybını önemli ölçüde iyileştirdiği ve femoral plak büyümesinin tahribatını azalttığı kanıtlanmıştır. Bu nedenle postbiyotik *L. plantarum* MD35'in, osteoklastla ilişkili moleküler mekanizmaların düzenlenmesi yoluyla osteoklastogenezi baskılayarak menopoz sonrası osteoporoz için potansiyel bir terapötik aday olabileceği gösterilmiştir.

Motei ve ark. (2023), çift-kör, randomize, plasebo kontrollü ve paralel olarak gerçekleştirdiği çalışmada *Bifidobacterium breve* BB091109 postbiyotik ekstraktının 90 gün boyunca 500 mg takviye olarak alınmasının kan ve tükürük örneklerinde açlık CRP, IL-6, IL-10, TNF- α , IFN- γ , DHEA, estradiol, estriol, progesteron, kortizol ve insan büyüme hormonu seviyelerine etkisini analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, *B. breve* postbiyotik ekstraktı takviyesinin 40-55 yaşlarındaki kadınlarda CRP, IL-6 seviyeleri, DHEA, estradiol ve estriol değerlerinde olumlu etkiler gösterdiği, endokrin fonksiyonunu iyileştirdiği ve inflamatuvar belirteçlerde koruyucu değişikliklere neden olduğu kanıtlanmıştır. Bu bulgular, *B. breve* postbiyotik ekstraktının belirtilen popülasyonda (40-55 yaşlarındaki kadınlarda) hormonal dengeyi destekleme ve inflamasyonu azaltma konusundaki potansiyel sağlık yararlarını vurgulamaktadır.

Preklinik bir çalışmada, *L. plantarum*'dan türetilen postbiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasının bileşimini optimize edebildikleri ve *in vivo* olarak kısa zincirli yağ asitleri ile nöroaktif moleküllerin (5-hidroksitriptamin, γ -aminobütirik asit) seviyelerini önemli ölçüde modüle edebildikleri saptanmıştır. Bu olumlu etki sonucu *Salmonella*'nın neden olduğu nörolojik işlev bozukluklarının iyileştirildiği kanıtlanmıştır (Wu ve ark., 2022).

Nishida ve ark. (2017), *L. gasseri* CP2305'nin postbiyotiklerinin psikobiyotik etkilerini değerlendirmek amacıyla fermente bir süt içeceği geliştirmişlerdir. Çalışmada 21 erkek ve 11 kadın sağlıklı öğrenci 5 hafta süresince günde 190 g dozunda postbiyotik içeren süt içecekleri tüketmiştir. İnaktif LAB içeren sütlü içeceklerin erkeklerde uyku kalitesini kadınlara göre daha fazla arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca erkeklerde uyku süresi artmasının yanı sıra, uykuya dalma süresi de azalmıştır. Yapılan çalışma, postbiyotik içeren gıdaları tüketmenin psikobiyotik etkilerine ilişkin dikkat çekici bulguları ortaya koymuştur. Postbiyotiklerin etki mekanizmalarının

tam olarak bilinmediğinden ve mikrobiyotik ile beyin arasındaki ilişki tam olarak açıklanamadığından bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu çalışmada vurgulanmıştır.

Probiyotiklerden üretilen metabolitlerin, cilt rahatsızlıklarının tedavisinde olumlu etkiler gösterdiklerine dair bilimsel kanıtlar artmaktadır (da Silva Vale ve ark., 2023). Postbiyotiklerin akne tedavisinde potansiyel bir alternatif olduğu gösterilmiştir. Majeed ve ark. (2020), hafif ve orta şiddette akne teşhisi konan 64 kişide, LactoSporin®'in (fermente *Bacillus coagulans* MTCC 5856'dan elde edilen filtrelenmiş bir ekstrakt) etkisini akne tedavisinde yaygın olarak kullanılan benzoil peroksit ile karşılaştırmışlardır. Her iki tedavide kapalı ve açık komedonların dermatolojik değerlendirilmesinde ve papül sayısında önemli iyileşmeler tespit edilmiştir. Postbiyotiklerin kapalı komedonlar üzerindeki etkisi, benzoil peroksit ile karşılaştırıldığında daha hızlı ortaya çıktığından standart tedaviye göre bir avantaj olarak değerlendirilmiştir. Postbiyotikler, immünomodülatör, anti-inflamatuar, antimikrobiyal etki gibi çeşitli özelliklere sahip olduklarından yara iyileşmesinde de etkili olabilmektedir (Cuevas-González ve ark., 2020). Golkar ve ark. (2021) *L. fermentum* ATCC 9338, *L. reuteri* ATCC 23272 ve *B. subtilis* subsp. *natto* ATCC 15245'ten türetilmiş postbiyotikler içeren üç yeni dondurmanın yara iyileştirici etkisini sıçanlar üzerinde değerlendirdikleri bir çalışma yürütmüşlerdir. Üç formülasyonun da kontrole kıyasla iyileşme sürecinde önemli bir gelişme gösterdiği kanıtlanmış ve özellikle *B. subtilis* subsp. *natto* ATCC 15245'ten türetilmiş postbiyotikler içeren dondurmanın yara iyileştirme etkisi umut verici bir alternatif olarak değerlendirilmiştir.

Postbiyotiklerin ağız sağlığına da olumlu etkileri olduğuda bildirilmektedir. İnsanlar üzerinde 4 hafta süre ile yapılan bir çalışmada, probiyotik olarak *Lactobacillus salivarius* subsp. *salicinius* AP-32, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* CP-9 ve *Lactobacillus paracasei* ET-66 kullanılması ve postbiyotik olarak ısıyla inaktive edilmiş *L. salivarius* subsp. *salicinius* AP-32 ve *L. paracasei* ET-66 kullanımının ağız sağlığı ve bağışıklık sistemi üzerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda probiyotik ve postbiyotik uygulanan bireylerde IgA konsantrasyonu, TGF-beta ve IL-10 düzeylerinde artış ve oral patojen *Streptococcus mutans*'ta azalma meydana gelmiştir. Böylece belirtilen suşların bağışıklık sistemi ve ağız sağlığı üzerine fonksiyonel etkisi kanıtlanmıştır (Lin ve ark., 2021). Başka bir çalışmada *L. reuteri* An417'den elde edilen hücre içermeyen süpernatantların diş patojenik bakterilerine karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği, diş çürüğü ve periodontal hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde potansiyele sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Yang ve ark., 2021).

Postbiyotik olarak belirlenen bakteriyel yan ürünler, prediyabetli şişman bireylerde kan şekerini düşürmeye yardımcı olmaktadır (Rad ve ark., 2022). 2019 yılında yayımlanan randomize, çift kör, plasebo kontrollü bir çalışmada, insülin direnci olan 40 aşırı kilolu/obez kişi, 2 müdahale ve 1 kontrol grubu olarak 3 gruba ayrılmıştır. Katılımcılar, 3 ay süresince ve her gün oral canlı veya pastörize postbiyotik *Akkermansia muciniphila* tüketmişlerdir. Plasebo grubuyla karşılaştırıldığında pastörize postbiyotik *A. muciniphila* takviyesi, insülin seviyelerini, insülin direncini ve toplam plazma kolesterolünü önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır. Beyaz kan hücre sayısı ve kan lipopolisakkaritlerinin miktarının düşmesi ile vücut ağırlığı, yağ kütlesi, kalça çevresi genişliğinin azalması üzerine de az da olsa etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca pastörize *A. muciniphila* takviyesinin, müdahale öncesine kıyasla karaciğer hastalığının kan belirteçlerini olumlu etkilediği ve doku ile

kas hasarı düzeylerini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Ancak canlı *A. muciniphila* takviyesinin genel olumlu etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Depommier ve ark., 2019).

Çalışmalar, postbiyotik bileşiklerin antibakteriyel etkiye sahip olduğunu, bu sayede bulaşıcı hastalıkları ve gıda bozulmalarını önlediğini göstermiştir. Bu bileşikler bağırsakta patojenik bakterilerin kolonizasyonunu engellemekte ve huzursuz bağırsak rahatsızlığı gibi bağırsak hastalıklarını önlemektedir. Postbiyotikler inflamasyonu azaltarak, bağırsak homeostazını korumaktadır. Böylece postbiyotikler daha iyi bağırsak sağlığını desteklemek için kullanılan yeni nesil terapötikler olarak görülmektedir (Cortés ve ark., 2020). Postbiyotiklerin bağırsak homeostazını korumasının yanı sıra, fermantasyon sürecini ve post-antibiyotik üretimini oluşturarak, bağırsak enfeksiyonlarının ve hatta gastrointestinal sistemle ilgili diğer hastalıkların riskini önemli ölçüde azalttığı bildirilmektedir. Postbiyotikler, bakteriyel reseptörlere bağlanarak toksin üreten *Clostridium* subsp. ve *E. coli* gibi patojenik mikroorganizmaları bağırsak lümeninden uzaklaştırmaktadır. Antimikrobiyal özelliklere sahip patojenik bakterilerin etkisini azaltmaya yardımcı oldukları ve bu antimikrobiyal özellikleri nedeni ile enfeksiyonları ve dolayısıyla hastalıkları önlemede yararlı oldukları bildirilmektedir (Soltani ve ark., 2021; Liang ve Xing., 2023).

Laktik asit bakterilerinin metabolitleri, tek mideli hayvanlar için antitümör ajanları ve yem katkı maddeleri olarak patentler almıştır. Postbiyotik preparatlar aynı zamanda biyoterapötik "bağışıklık modülasyonu" olarak da patent almış terapötiklerdir (Venegas ve ark., 2019; Nataraj ve ark., 2020).

Postbiyotikler, antiaterosklerotik etki göstererek çeşitli kardiyovasküler hastalık riskini azaltmakta ve lipid metabolizmasını düzenlemektedirler. Bazı *Lactobacillus* türlerinin postbiyotik bileşenlerinin HDL kolesterol üretimini artırdıkları, LDL kolesterol ve trigliserit seviyesini düşürdükleri belirtilmektedir (Olle, 2013).

Piqué ve ark. (2019) tarafından yapılan literatür araştırmasında, postbiyotiklerin aşağıda sıralanan çeşitli farmakodinamik özellikleri sergiledikleri belirtilmektedir:

- 1) Bağışıklığı baskılanmış denekler arasında bağırsak lümeninden kana bakteri translokasyonu riski yoktur,
- 2) Antibiyotik direnç genlerinin edinilmesi ve aktarılması riski yoktur,
- 3) Ayıklama, standardize etme, taşıma ve depolama olanakları daha kolaydır,
- 4) Hücre lizisi ile canlılığın kaybı başka faydalı etkiler üretebilmektedir,
- 5) Parçalanmış hücrelerden salınan her molekülün epitel hücreleri ile daha doğrudan etkileşimi bulunmaktadır.

Güncel bir araştırma, postbiyotiklerin ve metabolik aktivitesinin, koronavirüs hastalığı gibi viral hastalıkları öngörmek için biyobelirteçler olarak kullanılabileceğini ve COVID-19 salgınının kontrol edilebilmesinde faydalı olacağını belirtmektedir (Patel ve ark., 2023).

Güvenlik konuları ile ilgili olarak, postbiyotiklerin uygun absorpsiyonu, metabolizması ve dağılımının doğrulandığı birçok klinik çalışma yapılmış olup, bu biyomoleküllerin konakçıdaki çeşitli organlara sinyal gönderilmesini sağlayabildikleri belirtilmektedir (Shenderov, 2013; Peng ve ark., 2020; Tomasik ve Tomasik, 2020).

Postbiyotiklerin Endüstriyel Kullanım Alanları

Postbiyotiklerin uzun raf ömrü, kolay taşınma, kolay standardizasyon, uygun şekilde metabolize edilebilme, bağırsak translokasyonu veya lokal inflamasyon riski oluşturmama gibi çeşitli avantajları gıda ve farmakoloji endüstrilerinde kullanımlarının yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Tüketicilerin artan ilgi ve talepleri doğrultusunda postbiyotikler şeker, meyve suyu, ekmek, shake, öğün yerine geçen toz ve atıştırma malzemeleri gibi çeşitli ürün formülasyonlarında yer alarak gıda endüstrisinde kullanılabilmektedirler (Liang ve Xing, 2023). Çalışmalar özellikle bebek mamaları (Silva ve ark., 2020), tahıl bazlı ürünler (Almada ve ark., 2021) ve içecekler (Sugawara ve ark., 2020; Barros ve ark., 2021) üzerine odaklanmıştır. Gıda endüstrisinde postbiyotik uygulamalarında en yaygın kullanılan proses fermantasyon olup, üretici suşlar olarak *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşları yaygın olarak kullanılmaktadır (Thorakkattu ve ark., 2022). Süt endüstrisinde, fermente süt ürünlerinin reolojik özellikleri üzerinde önemli bir role sahip olması ve nem içeriğini düşürmesi nedeniyle starter kültürlerin spesifik suşlarının ekzopolisakkaritlerinden büyük ölçüde yararlanılmaktadır (Behare ve ark., 2009). Ayrıca *L. plantarum*'dan elde edilen postbiyotiklerin de soya fasulyesinin raf ömrünü uzatmak için biyo-koruyucu olarak etkinlik gösterdiği saptanmıştır (Ma ve ark., 2023).

Postbiyotikler, antimikrobiyal özellikler (gıdanın korunması ve paketlenmesi, gıda kaynaklı patojen biyofilmlerin kontrolü ve ortadan kaldırılması, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişmesinin önlenmesi vb.) sergilediklerinden gıda güvenliği üzerine olumlu etki göstermektedirler (Rad ve ark., 2021).

Codex Alimentarius tarafından yoğurt, canlı starter kültürlerini içerecek şekilde tanımlanmış olmasına rağmen uzun ömürlü (ambient) yoğurt olarak bilinen bir postbiyotik ürün üretimi de söz konusudur. Ambient yoğurt, starter kültürleri inaktive etmek için ısı ile işleme tabi tutulan konvansiyonel bir yoğurt olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle uzun ömürlü yoğurt, daha doğru bir şekilde "uzun ömürlü dağıtım için yoğurt bazlı ürün" olarak da adlandırılmaktadır. Bu ürünlerin soğuk koşullarda saklanması veya dağıtılması gerekmemektedir. Uzun ömürlü yoğurdun popülaritesi gün geçtikçe artmaktadır. Çin'de uzun ömürlü yoğurt ilk olarak 2010 yılında piyasaya sunulmuş olup hızla büyüyen pazar yaklaşık 2,5 milyar litreye ulaşmıştır ve günümüzde toplam yoğurt satışının yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Özellikle yoğurt ve fermente süt ürünleri için gıda standartlarında ve yönetmeliklerinde starter bakterilerin canlılığı vurgulanmaktadır. Ancak canlı kültürler ile üretilmeyen süt ürünleri daha uzun raf ömrüne ve daha kolay saklanabilmelerinin yanısıra canlı olmayan mikroorganizmalar tarafından sağlanan yararlı sağlık etkilerini de içermektedirler. Bu bağlamda, ambient yoğurt, sağlık yararları etkin çalışmalar ile kanıtlandığında, postbiyotik gıda tanımına uyabilmektedir (Vinderola ve ark., 2022).

Gıda güvenliği, kozmetik ve hayvan yemi olarak postbiyotiklerin kullanımı ve etkileri Şekil 5'te verilmiştir. Örneğin gıdaların postbiyotik bileşikler kullanılarak muhafaza edilmesi olarak tanımlanan gıda-biyokoruma bozulabilir gıdaların çoğunun saklanabildiği gıda endüstrisinde kullanımı yaygınlaşan yeni bir yöntemdir (Rad ve ark., 2020).

POSTBİYOTİKLERİN KLİNİK OLMAYAN KULLANIM ALANLARI



Şekil 5. Postbiyotiklerin endüstriyel kullanım alanları (Aggarwal ve ark., 2022)

Postbiyotikler genellikle ticari gıda ürünlerinde ve/veya farmasötik formülasyonlarda kullanılmaktadırlar (Rad ve ark., 2020). Son yıllarda postbiyotiklerin ticari olarak üretimleri de yaygınlaşmaktadır. Günümüzde ticari olarak üretilen postbiyotikler ve fonksiyonel etkileri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Ticari olarak üretilen postbiyotikler ve fonksiyonel etkileri (Thorakkattu ve ark., 2022)

Ticari Marka	Postbiyotik Ürün	Fonksiyonel etki
Nyaditumresae®	Isı ile inaktive edilmiş <i>Mycobacterium manresensis</i>	Tüberkülozun azaltılması
Lacteol™	Isı ile inaktive edilmiş <i>Limosilactobacillus fermentum</i> ve <i>L. delbrueckii</i>	İshal önleyici takviye
Del-Immune V®	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> V'nin hücre duvarı fragmentleri	Bağışıklık sistemi desteği
Pro-Symbioflor®	<i>Escherichia coli</i> DSM 17252 ve <i>Enterococcus faecalis</i> DSM 16440'tan süpernatantlar ve lizatlar	Sindirim sistemini iyileştirme
Immuse™	Isı ile inaktive edilmiş <i>Lactococcus lactis</i>	Bağışıklık sistemi aktivatörü
CytoFlora®	<i>Lactobacillus acidophilus</i> 'un hücre duvarı fragmanları, <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , <i>L. rhamnosus</i>	Bağışıklık sistemi desteği
Pylopass™	Püskürtürerek kurutmayla etkisiz hale getirilmiş <i>Limosilactobacillus reuteri</i> DSMZ 17648	Anti- <i>Helicobacter pylori</i> enfeksiyonu
Hylak® Fortw	<i>S. faecalis</i> DSM 4086, <i>E. coli</i> DSM 4087, <i>Lactobacillus helveticus</i> DS 4183 ve <i>L. acidophilus</i> DSM 414 metabolitleri	Sindirim sisteminin iyileştirilmesi
Bactistatin®	<i>Bacillus subtilis</i> VKPM V-2335 metabolitleri	Bağırsak dengesi

Bebek mamaları, probiyotik, prebiyotik, simbiyotik ve ayrıca postbiyotik kullanılarak üretilen özel beslenme amaçlı gıdalardır. *Bifidobacterium breve* C50 ve *Streptococcus thermophilus* 065, fermentasyondan sonra mikroorganizmaların püskürtmeli kurutma ile inaktif hale getirilen fermente edilmiş bir bebek maması üretmek için kullanılmıştır. Bu bebek maması cansız mikroorganizmalar ve fermantasyon ürünlerini içermektedir (Salminen ve ark., 2020). Çocuklarda yapılan klinik bir çalışma, postbiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasını emzirilen bebeklere daha yakın olacak şekilde modüle edebildiklerini, akut ishalin şiddetini azalttıklarını ve gelişmiş inflamatuvar etkiye neden olduklarını göstermektedir (Vinderola ve ark., 2022). Malagón-Rojas ve ark. (2020), postbiyotiklerin 5 yaşından küçük çocuklar arasında yaygın bulaşıcı hastalıkların önlenmesi ve tedavisi üzerine etkisini sistematik olarak incelemişlerdir. Akut ishalin tedavisinde ısıyla inaktive edilmiş *Lactobacillus acidophilus* LB'nin olumlu etkisi kanıtlanmıştır. 10^9 cansız *B. bifidum* MIMBb75 hücreleri içeren kapsüller, Roma III kriterlerine göre irritabl bağırsak sendromu teşhisi konan hastalara 8 hafta süre ile oral olarak uygulanmıştır. Bu randomize, plasebo kontrollü çalışma sonucunda, *B. bifidum* HI-MIMBb75'in irritabl bağırsak sendromunun tüm alt tiplerdeki semptomlarını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Postbiyotik takviyesi alan hastalarda karın ağrısı, şişkinlik, bağırsak hareketi ile ilişkili ağrı ve bağırsak hareketinin sıklığı dahil olmak üzere IBS semptomlarında iyileşme görülmüştür (Andresen ve ark., 2020). Geleneksel olarak güvenli *Bifidobacterium* cinsine veya *Lactobacillaceae* familyasına ait olan ve güvenlik endişeleri nedeniyle canlı uygulanamayan türler dışındaki türlerin potansiyel postbiyotikler olarak araştırıldığı bir çalışmada, ısıl işlem uygulanarak inaktif hale getirilmiş *Mycobacterium manresensis*'in güvenliği, 2015/228330 sayılı AB yönetmeliği uyarınca yeni bir gıda olarak değerlendirilmiştir ve bu cansız kültür, insanlar üzerinde yapılan bir çalışmada aktif tüberküloz gelişimine karşı potansiyel gösterilmiştir (Malagón-Rojas ve ark., 2020).

Postbiyotiklerin Performansını Etkileyen Faktörler

Bazı iç ve dış faktörler postbiyotiklerin performansını etkilemektedir. Bu faktörler tüm gıda matriks bileşikleri ve gıda saklama ortamındaki tüm faktörler ile ilişkilidir. Araştırmalar bu faktörlerin, gıda matriksinde ve/veya farmasötik ürünlerde postbiyotiklerin üretiminde ve uygulanmasında optimal koşul göz önüne alındığında gerekli olan postbiyotiklerin doğasını, yapısını ve işlevlerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir (Collado ve ark., 2019; Rad ve ark., 2021).

Gıda endüstrisindeki postbiyotiklerin antimikrobiyal rolü, postbiyotiklerin üretildiği suş, postbiyotiklerin çeşidi ve konsantrasyonu, gıda modeli ve gıda matriksinin özellikleri gibi faktörlere bağlıdır. Gıdadaki çeşitli bileşikler, postbiyotiklerin işlevini etkilemektedir. Postbiyotiklerin aktif metabolitleri ile spesifik gıda maddeleri (endojen mikrobiyota, enzimler, karbohidratlar, proteinler ve yağlar) arasındaki etkileşim, metabolitlerin işlevini engelleyebilmektedir. Örneğin, gıdadaki proteolitik enzimler, postbiyotik bileşiklerin aktivitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Proteolitik enzimler, protein bileşiklerini parçalayabilmekte ve postbiyotik fonksiyonlarını engelleyebilmektedirler. Bu enzimler besinin içinde olabileceği gibi besindeki proteolitik bakteriler tarafından salgılanabilmektedirler. Pepsin, tripsin, kimotripsin, papain ve proteinaz K bu enzimler arasında gösterilmektedir. Örneğin protein içeren postbiyotik uygulamasında proteaz enzimi proteini parçalayarak postbiyotik etkiyi engelleyebilmektedir. Bu nedenle proteolitik enzimler, postbiyotik disfonksiyonlar açısından dikkate alınması gereken faktörlerdendir. Bununla birlikte, gıda bileşikleriyle

postbiyotik karışımların sinerjistik ve antagonistik aktivitesine dair herhangi bir rapor bulunmamaktadır. Gıda pH'ı, postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesini etkileyebilmektedir. Yüksek asitli ve alkali gıdalar postbiyotiklerin işlevini etkileyebildiğinden, 4 ila 9 pH aralığı, postbiyotik aktivite için optimum aralık olarak belirtilmektedir. Mikroorganizmaları kontrol etmek için postbiyotik kullanan gıda modelleri arasında, pastörize süt ve kıyma uygun bir pH'a sahiptir ve bu gıdalarda postbiyotiklerin işlevinde herhangi bir olumsuz etkiye rastlanılmamıştır. Isı ayrıca postbiyotiklerin performansını etkileyebilecek bir dış faktördür. Isı, postbiyotiklerin antimikrobiyal aktivitesini de etkileyebilmektedir. Yapılan çalışmalara göre postbiyotik bileşiklerin antimikrobiyal etkisi 30°C'de 30 dakikada azalma gösterirken, 121°C'de ise 15 dakika da azalma göstermektedir. Bu nedenle, gıda ısıtma işlemi de postbiyotiklerin aktivitesinde önemli bir rol oynayan prosestir. Postbiyotik bileşiklerin fonksiyonel gıda formülasyonunda uygulandığı durumda, işleme ve hazırlama koşullarında sıcaklık faktörünün optimum seviyede tutulması kritik önem taşımaktadır. Bununla birlikte, endüstriyel işleme sırasında, gıda matriksinin bileşimi (pH, protein, yağ ve karbonhidrat konsantrasyonu, su aktivitesi, doğal antibiyotiklerin varlığı), işleme ve saklama koşulları (zaman, sıcaklık, inokülasyon oranı, pH, oksijen içeriği, ambalaj malzemeleri) probiyotik hücre canlılığının azalmasına neden olabilmektedir. Buna karşılık, postbiyotikler endüstriyel kullanımlar için daha kararlı ve daha güvenlidir, bu nedenle gıda ürünlerindeki uygulamaları, aynı canlı mikroorganizmalarla karşılaştırıldığında gıda üreticileri için çeşitli teknolojik avantajlar sunabilmektedir (Barros ve ark., 2020; Humam ve ark., 2021; Rad ve ark., 2021).

Postbiyotiklerin güvenlik konusuyla ilgili olarak bazı olası olumsuz etkileri, 5 yaşından küçük çocuklar arasında yaygın bulaşıcı hastalıkları önleme ve tedavi etmede postbiyotiklerin rolünü değerlendiren, 1740 çocukla yapılan yedi randomize kontrollü çalışmanın sistematik bir incelemesinde bildirilmiştir. Araştırmalar arasında, dahil edilen çalışmaların yalnızca üçü postbiyotiklerin olumsuz etkilerini değerlendirmiştir, açıklanan ikincil etkiler; inaktive *L. acidophilus* LB artı mikrobisiner alan birey grubunda daha yüksek oranda abdominal distansiyon, şiddetli dehidratasyon ve kusma şeklinde belirtilmektedir. Diğer çalışmalar herhangi bir olası yan etki bildirmemiştir (Malagón-Rojas ve ark., 2020).

Sonuç

Postbiyotikler, canlı bakteriler tarafından salgılanan veya bakteri parçalanmasından sonra salınan, konakçıda yararlı aktivitelere sahip metabolomikleri ve hücre duvarı bileşenlerini içermektedir. Postbiyotiklerin kesin mekanizmaları tam olarak anlaşılammış olsa da spesifik fizyolojik etkiler sağlayarak konak sağlığının iyileştirilmesinde olumlu etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Postbiyotiklerin anti-inflamatuar, antiobezojenik, immünomodülatör, hipertansif, proliferatif, antioksidan ve hipokolesterolemik etki gibi nutrasötik etkileri üzerine bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Kolay depolanabilme, uzun raf ömrü, seri üretim kapasitesi, gıdaların mikrobiyal bozulmasını önlemesi gibi çeşitli avantajlara sahip olması gıda, hayvancılık ve farmakoloji alanında kullanılabilirliklerini de sağlamaktadır. Tüm bu özellikleri dikkate alındığında postbiyotikler birçok endüstri alanında kullanılacak yeni nesil nutrasötikler olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, sinyal yolu modülasyonunun anlaşılmasına katkıda bulunabilecek yeni postbiyotiklerin keşfi ve karakterizasyonu için

çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, postbiyotik takviyesinin sağlıkla ilgili iddialarını desteklemek için metabolik çalışma ile iyi tasarlanmış randomize, plasebo kontrollü insan/klinik müdahale denemeleri yapılmalıdır.

Teşekkür

Hazırlanan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale yayın ve araştırma etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar bu çalışmaya ortak katkı sağlamış olup, yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abbasi, A., Rad, A. H., Maleki, L. A., Kafil, H. S. and Baghbanzadeh, A. 2023. Antigenotoxicity and cytotoxic potentials of cell-free supernatants derived from *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* on HT-29 human colon cancer cell lines. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 15(6): 1583-1595.
- Adams, C. A. 2010. The probiotic paradox: Live and dead cells are biological response modifiers. *Nutrition Research Reviews*, (23)1:37-46.
- Aggarwal, S., Sabharwal, V., Kaushik, P., Joshi, A., Aayushi, A. and Suri, M. 2022. Postbiotics: From emerging concept to application. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6 :887642.
- Aguilar-Toalá, J. E., Garcia-Varela, R., Garcia, H. S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A. F., Vallejo-Cordoba, B. and Hernández-Mendoza, A. 2018. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science and Technology*, 75: 105-114.
- Almada, C. N., Almada-Erix, C. N., Roquette, A. R., Santos-Junior, V. A., Cabral, L., Noronha, M. F., Gonçalves, A.E.S.S., Santos, P. D, Santos, A. D., Martinez, J., Lollo, P. J., Costa, W. K. A, Magnani, M. and Sant'Ana, A. S. 2021. Paraprobiotics obtained by six different inactivation processes: Impacts on the biochemical parameters and intestinal microbiota of Wistar male rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 72(8): 1057-1070.
- Amaretti, A., Di Nunzio, M., Pompei, A., Raimondi, S., Rossi, M. and Bordoni, A. 2013. Antioxidant properties of potentially probiotic bacteria: *In vitro* and *in vivo* activities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97: 809-817.
- Amiri, S. and Kazemi, S. 2022. Concept and potential applications of postbiotics in the food industry. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19(126): 87-101.
- Andresen, V., Gschossmann, J. and Layer, P. 2020. Heat-inactivated *Bifidobacterium bifidum* MIMBb75 (SYN-HI-001) in the treatment of irritable bowel syndrome: A multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lancet Gastroenterology & Hepatology*, (5)7 :658-666.

- Ayichew, T., Belete, A., Alebachew, T., Tsehaye, H., Berhanu, H. and Minwuyelet, A. 2017. Bacterial probiotics their importances and limitations: A review. *Journal of Nutritional Health Science*, 4(2):202.
- Barros, C. P., Guimaraes, J. T., Esmerino, E. A., Duarte, M. C. K., Silva, M. C., Silva, R. Ferreira, B. M., Sant'Ana, A. S., Freitas, M. Q. and Cruz, A. G. 2020. Paraprobiotics and postbiotics: Concepts and potential applications in dairy products. *Current Opinion in Food Science*, 32:1-8.
- Barros, C. P., Grom, L. C., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Rocha, R. S., Silva, R., and Cruz, A. G. 2021. Paraprobiotic obtained by ohmic heating added in whey-grape juice drink is effective to control postprandial glycemia in healthy adults. *Food Research International*, 140: 109905.
- Behare, P., Singh, R. and Singh, R. P. 2009. Exopolysaccharide-producing mesophilic lactic cultures for preparation of fat-free Dahi—an Indian fermented milk. *Journal of Dairy Research*, 76(1): 90-97.
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., and Fito, P. 2011. Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 22(9): 498-508.
- Binda, S., Hill, C., Johansen, E., Obis, D., Pot, B., Sanders, M. E., Tremblay, A. and Ouwehand, A. C. 2020. Criteria to qualify microorganisms as “probiotic” in foods and dietary supplements. *Frontiers in Microbiology*, 11: 1662.
- Bos, L. D., Sterk, P. J. and Schultz, M. J. 2013. Volatile metabolites of pathogens: A systematic review. *PLoS Pathogens*, 9(5): e1003311.
- Bourebaba, Y., Marycz, K., Mularczyk, M. and Bourebaba, L. 2022. Postbiotics as potential new therapeutic agents for metabolic disorders management. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 153: 113138.
- Cava, F., Lam, H., De Pedro, M. A. and Waldor, M. K. 2011. Emerging knowledge of regulatory roles of D-amino acids in bacteria. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 68: 817-831.
- Chung, I. C., OuYang, C. N., Yuan, S. N., Lin, H. C., Huang, K. Y., Wu, P. S, Liu C., Tsai, K., Loi, L., Chen, Y., Chung, A., Ojcius, D. M., Chang, Y. and Chen, L. C. 2019. Pretreatment with a heat-killed probiotic modulates the NLRP3 inflammasome and attenuates colitis-associated colorectal cancer in mice. *Nutrients*, 11(3): 516.
- Collado, M. C., Vinderola, G. and Salminen, S. 2019. Postbiotics: facts and open questions. A position paper on the need for a consensus definition. *Beneficial Microbes*, 10(7): 711-719.
- Cortés-Martín, A., Selma, M. V., Tomás-Barberán, F. A., González-Sarrías, A. and Espín, J. C. 2020. Where to look into the puzzle of polyphenols and health? The postbiotics and gut microbiota associated with human metabolotypes. *Molecular Nutrition and Food Research*, 64(9): 1900952.
- Cuevas-González, P. F., Liceaga, A. M. and Aguilar-Toalá, J. E. 2020. Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. *Food Research International*, 136: 109502.
- da Silva Vale, A., de Melo Pereira, G. V., de Oliveira, A. C., de Carvalho Neto, D. P., Herrmann, L. W., Karp, S. G. and Soccol, C. R. 2023. Production, Formulation, and application of postbiotics in the treatment of skin conditions. *Fermentation*, 9: 264.

- de Almada, C. N., Almada, C. N., Martinez, R. C. and Sant'Ana, A. S. 2016. Paraprobiotics: Evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods. *Trends in Food Science and Technology*, 58: 96-114.
- Depommier, C., Everard, A., Druart, C., Plovier, H., Van Hul, M., Vieira-Silva, S., Falony, G., Raes, J., Maiter, D., Delzenne, M. D., Barys, M., Loumaye, A., Hermans, M. P., Thissen, W., Vos, W. M. and Cani, P. D. 2019. Supplementation with *Akkermansia muciniphila* in overweight and obese human volunteers: a proof-of-concept exploratory study. *Nature Medicine*, 25(7): 1096-1103.
- Dobson, A., Cotter, P. D., Ross, R. P. and Hill, C. 2012. Bacteriocin production: a probiotic trait? *Applied and Environmental Microbiology*, 78(1): 1-6.
- Duarte, M., Oliveira, A. L., Oliveira, C., Pintado, M., Amaro, A. and Madureira, A. R. 2022. Current postbiotics in the cosmetic market-An update and development opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(18): 5879-5891.
- Espín, J. C., Larrosa, M., García-Conesa, M. T. and Tomás-Barberán, F. 2013. Biological significance of urolithins, the gut microbial ellagic acid-derived metabolites: The evidence so far. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 270418.
- Evivie, S. E., Huo, G. C., Igene, J. O. and Bian, X. 2017. Some current applications, limitations and future perspectives of lactic acid bacteria as probiotics. *Food and Nutrition Research*, 61(1): 1318034.
- Ford, A. C., Harris, L. A., Lacy, B. E., Quigley, E. M. and Moayyedi, P. 2018. Systematic review with meta-analysis: the efficacy of prebiotics, probiotics, synbiotics and antibiotics in irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 48(10): 1044-1060.
- Frankenfeld, C. L., Atkinson, C., Wähälä, K. and Lampe, J. W. 2014. Obesity prevalence in relation to gut microbial environments capable of producing equol or O-desmethylangolensin from the isoflavone daidzein. *European Journal of Clinical Nutrition*, 68(4): 526-530.
- Golkar, N., Ashoori, Y., Heidari, R., Omidifar, N., Abootalebi, S. N., Mohkam, M. and Gholami, A. 2021. A novel effective formulation of bioactive compounds for wound healing: preparation, *in vivo* characterization, and comparison of various postbiotics cold creams in a rat model. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 7: 8577116.
- Guimarães, A., Abrunhosa, L., Pastrana, M. L. and Cerqueira, A. M. 2018. Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: A new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3): 594-614
- Guglielmetti, S., Mora, D., Gschwender, M. and Popp, K. 2011. Randomised clinical trial: *Bifidobacterium bifidum* MIMBb75 significantly alleviates irritable bowel syndrome and improves quality of life—a double-blind, placebo-controlled study. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 33(10): 1123-1132.
- Gurunathan, S., Thangaraj, P. and Kim, J. H. 2023. Postbiotics: Functional food materials and therapeutic agents for cancer, diabetes, and inflammatory diseases. *Foods*, 13(1): 89.

- Hayes, S. R. and Vargas, A. J. 2016. Probiotics for the prevention of pediatric antibiotic-associated diarrhea. *Explore*, 12(6): 463-466.
- Hertzberger, R., Arents, J., Dekker, H. L., Pridmore, R. D., Gysler, C., Kleerebezem, M. and de Mattos, M. J. T. 2014. H₂O₂ production in species of the *Lactobacillus acidophilus* group: A central role for a novel NADH-dependent flavin reductase. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(7): 2229-2239.
- Hill, M. J. 1997. Intestinal flora and endogenous vitamin synthesis. *European Journal of Cancer Prevention*, 6(2): S43-S45.
- Holanda, D. M., Yiannikouris, A. and Kim, S. W. 2020. Investigation of the efficacy of a postbiotic yeast cell wall-based blend on newly-weaned pigs under a dietary challenge of multiple mycotoxins with emphasis on deoxynivalenol. *Toxins*, 12(8): 504.
- Humam, A. M., Loh, T. C., Foo, H. L., Izuddin, W. I., Zulkifli, I., Samsudin, A. A. and Mustapha, N. M. 2021. Supplementation of postbiotic RI11 improves antioxidant enzyme activity, upregulated gut barrier genes, and reduced cytokine, acute phase protein, and heat shock protein 70 gene expression levels in heat-stressed broilers. *Poultry Science*, 100(3): 100908.
- Izuddin, W. I., Humam, A. M., Loh, T. C., Foo, H. L. and Samsudin, A. A. 2020. Dietary postbiotic *Lactobacillus plantarum* improves serum and ruminal antioxidant activity and upregulates hepatic antioxidant enzymes and ruminal barrier function in post-weaning lambs. *Antioxidants*, 9(3): 250.
- Kaczynska, A., Klosinska, M., Janeczek, K., Zarobkiewicz, M. and Emeryk, A. 2022. Promising immunomodulatory effects of bacterial lysates in allergic diseases. *Frontiers in Immunology*, 13: 907149.
- Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N. and Fakiri, E. M. 2013. Health benefits of probiotics: A review. *International Scholarly Research Notices*, 2: 481651.
- Kvakova, M., Kamlarova, A., Stofilova, J., Benetinova, V. and Bertkova, I. 2022. Probiotics and postbiotics in colorectal cancer: Prevention and complementary therapy. *World Journal of Gastroenterology*, 28(27):3370.
- Larrosa, M., González-Sarriás, A., García-Conesa, M. T., Tomás-Barberán, F. A. and Espín, J. C. 2006. Urolithins, ellagic acid-derived metabolites produced by human colonic microflora, exhibit estrogenic and antiestrogenic activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(5): 1611-1620.
- Liang, B. and Xing, D. 2023. The current and future perspectives of postbiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 15(6):1626-1643.
- Lin, W. Y., Kuo, Y. W., Chen, C. W., Huang, Y. F., Hsu, C. H., Lin, J. H., Liu, C. R., Chen, J. F., Hisia, K. C. and Ho, H. H. 2021. Viable and heat-killed probiotic strains improve oral immunity by elevating the IgA concentration in the oral mucosa. *Current Microbiology*, 78(9):3541-3549.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. and Chandra, N. 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8): 118.

- Lu, Y., Zhang, X., Wang, J. and Chen, K. 2020. Exopolysaccharides isolated from *Rhizopus nigricans* induced colon cancer cell apoptosis *in vitro* and *in vivo* via activating the AMPK pathway. *Bioscience Reports*, 40(1): BSR20192774.
- Majeed, M., Majeed, S., Nagabhushanam, K., Mundkur, L., Rajalakshmi, H. R., Shah, K. and Beede, K. 2020. Novel topical application of a postbiotic, LactoSporin®, in mild to moderate acne: A randomized, comparative clinical study to evaluate its efficacy, tolerability and safety. *Cosmetics*, 7(3):70.
- Ma, L., Tu, H. and Chen, T. 2023. Postbiotics in human health: A narrative review. *Nutrients*, 15(2): 291.
- Malagón-Rojas, J. N., Mantziari, A., Salminen, S. and Szajewska, H. 2020. Postbiotics for preventing and treating common infectious diseases in children: A systematic review. *Nutrients*, 12: 389.
- Malashree, L., Angadi, V., Yadav, K. S. and Prabha, R. 2019. Postbiotics. One step ahead of probiotics. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 8(01): 2049-2053.
- Martorell, P., Alvarez, B., Llopis, S., Navarro, V., Ortiz, P., Gonzalez, N., Balaguer, F., Rojas, A., Chenoll, E., Ramón, D. and Tortajada, M. 2021. Heat-treated *Bifidobacterium longum* CECT-7347: A whole-cell postbiotic with antioxidant, anti-inflammatory, and gut-barrier protection properties. *Antioxidants*, 10(4): 536.
- Mikelsaar, M. and Zilmer, M. 2009. *Lactobacillus fermentum* ME-3—an antimicrobial and antioxidative probiotic. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 21(1):1-27.
- Moradi, M., Molaei, R. and Guimarães, J. T. 2021. A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*, 143: 109722.
- Morrison, D. J. and Preston, T. 2016. Formation of short chain fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. *Gut Microbes*, 7(3): 189-200.
- Motei, D. E., Beteri, B., Hepsomali, P., Tzortzis, G. and Costabile, A. 2023. Supplementation with postbiotic from *Bifidobacterium* Breve BB091109 improves inflammatory status and endocrine function in healthy females: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-groups study. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1273861
- Myeong, J. Y., Jung, H. Y., Chae, H. S., Cho, H. H., Kim, D. K., Jang, Y. J. and Park, J. I. 2023. Protective effects of the postbiotic *Lactobacillus plantarum* MD35 on bone loss in an ovariectomized mice model. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-11.
- Nataraj, B. H., Ali, S. A., Behare, P. V. and Yadav, H. 2020. Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*, 19(1): 1-22.
- Neffe-Skocińska, K., Długosz, E., Szulc-Dąbrowska, L. and Zielińska, D. 2024. Novel *Gluconobacter oxydans* strains selected from Kombucha with potential postbiotic activity. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1): 1-12.

- Nishida, K., Sawada, D., Kawai, T., Kuwano, Y., Fujiwara, S. and Rokutan, K. 2017. Para-psychobiotic *Lactobacillus gasseri* CP2305 ameliorates stress-related symptoms and sleep quality. *Journal of Applied Microbiology*, 123(6): 1561-1570.
- Nowak, A., Zaklos-Szyda, M., Rosicka-Kaczmarek, J. and Motyl, I. 2022. Anticancer potential of post-fermentation media and cell extracts of probiotic strains: An *in vitro* study. *Cancers*, 14(7): 1853.
- Nozari, S., Faridvand, Y., Etesami, A., Ahmad Khan Beiki, M., Miresmaeili Mazrakhondi, S. A. and Abdolalazadeh, J. 2019. Potential anticancer effects of cell wall protein fractions from *Lactobacillus paracasei* on human intestinal Caco-2 cell line. *Letters in Applied Microbiology*, 69(3): 148-154.
- Ohhira, I., Kuwaki, S., Morita, H., Suzuki, T., Tomita, S., Hisamatsu, S., Sonaki, S. and Shinoda, S. 2004. Identification of 3-phenyllactic acid as a possible antibacterial substance produced by *Enterococcus faecalis* TH 10. *Biocontrol Science*, 9(3): 77-81.
- Olle, B. 2013. Medicines from microbiota. *Nature Biotechnology*, 31(4): 309-315.
- Park, M., Joung, M., Park, J. H., Ha, S. K. and Park, H. Y. 2022. Role of postbiotics in diet-induced metabolic disorders. *Nutrients*, 14(18), 3701.
- Park, S. J., Sharma, A. and Lee, H. J. 2023. Postbiotics against obesity: Perception and overview based on pre-clinical and clinical studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7): 6414.
- Patel, B., Patel, K. and Moochhala, S. 2020. Diet-derived post-biotic metabolites to promote microbiota function and human health. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*, 28.2: 21520-21524.
- Patel, S., Verma, V. and Kant, R. 2023. The role of gut microbiome supplementation in COVID-19 management. *Cureus*, 15:10
- Pelton, R. 2020. Postbiotic metabolites: How probiotics regulate health. *Integrative Medicine: A Clinician's Journal*, 19(1): 25.
- Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., Truong, A., Houser, A. K., Padilla, J., Akmel, A., Bhatti, J., Rahaman, S. O. and Biswas, D. 2020 Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4): 1908-1933.
- Piqué, N., Berlanga, M. and Miñana-Galbis, D. 2019. Health benefits of heat-killed (Tyndallized) probiotics: an overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(10): 2534.
- Prajapati, N., Patel, J., Yadav, V. K., Patani, A., Sahoo, D. K. and Patel, A. 2023. Postbiotic production: Harnessing the power of microbial metabolites for health applications. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1306192.
- Rad, A. H., Samadi Kafil, H., Fathi Zavoshti, H., Shahbazi, N. and Abbasi, A. 2022. Therapeutically effects of functional postbiotic foods. *Journal of Clinical Excellence*, 10(2): 33-52.
- Rad, A. H., Abbasi A., Kafil H. S. and Ganbarov K. 2020. Potential pharmaceutical and food applications of postbiotics: A review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(15): 1576-1587.

- Rad, A. H., Aghebati-Maleki, L., Kafil, H. S., Gilani, N., Abbasi, A. and Khani, N. 2021. Postbiotics, as dynamic biomolecules, and their promising role in promoting food safety. *Biointerface Research and Applied Chemistry*, 11(6): 14529-14544.
- Ramakrishna, C., Kujawski, M., Chu, H., Li, L., Mazmanian, S. K. and Cantin, E. M. 2019. Bacteroides fragilis polysaccharide A induces IL-10 secreting B and T cells that prevent viral encephalitis. *Nature Communications*, 10(1): 2153.
- Rooks, M. G. and Garrett, W. S. 2016. Gut microbiota, metabolites and host immunity. *Nature Reviews Immunology*, 16(6): 341-352.
- Salminen, S., Collado, M. C., Endo, A., Hill, C., Lebeer, S., Quigley, E. M., Sanders, M. E., Shamir, R., Swann J. R., Szajewska, H. and Vinderola, G. 2021. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 18(9): 649-667.
- Salminen, S., Stahl, B., Vinderola, G. and Szajewska, H. 2020. Infant Formula Supplemented with Biotics: Current Knowledge and Future Perspectives. *Nutrients*, 12(7): 1952.
- Seo, K. H., Lee, H. G., Eor, J. Y., Jeon, H. J., Yokoyama, W. and Kim, H. 2022. Effects of kefir lactic acid bacteria-derived postbiotic components on high fat diet-induced gut microbiota and obesity. *Food Research International*, 157: 111445.
- Shenderov, B. A. 2013. Metabiotics: Novel idea or natural development of probiotic conception. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 24(1): 20399.
- Silva, Á., Gonzalez, N., Terrén, A., García, A., Martínez-Blanch, J. F., Illescas, V., Morales, J., Maroto, M., Genovés, S., Ramón, D., Martorell, P. and Chenoll, E. 2020. An infant milk formula supplemented with heat-treated probiotic *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* CECT 8145, reduces fat deposition in *C. elegans* and augments acetate and lactate in a fermented infant slurry. *Foods*, 9(5): 652.
- Scott, E., De Paepe, K. and Van de Wiele, T. 2022. Postbiotics and their health modulatory biomolecules. *Biomolecules*, 12(11): 1640.
- Scrinis, G. 2008. Functional foods or functionally marketed foods? A critique of, and alternatives to, the category of 'functional foods'. *Public Health Nutrition*, 11(5): 541-545.
- Soltani, S., Hammami, R., Cotter, P. D., Rebuffat, S., Said, L. B., Gaudreau, H., Bédard, F., Biron, E., Drider, D. and Fliss, I. 2021. Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: Toxicity aspects and regulations. *FEMS Microbiology Reviews*, 45:1.
- Suez, J., Zmora, N., Segal, E. and Elinav, E. 2019. The pros, cons, and many unknowns of probiotics. *Nature Medicine*, (25)5: 716-729.
- Sugawara, T., Sawada, D., Yanagihara, S., Aoki, Y., Takehara, I., Sugahara, H., Hirota, T., Nakamura, Y. and Ishikawa, S. 2020. Daily intake of paraprobiotic *Lactobacillus amylovorus* CP1563 improves pre-obese

- conditions and affects the gut microbial community in healthy pre-obese subjects: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Microorganisms*, 8(2): 304.
- Thorakkattu, P., Khanashyam, A. C., Shah, K., Babu, K. S., Mundanat, A. S., Deliephan, A., Deokar, G. S., Santivarangkna, C. and Nirmal, N. P. 2022. Postbiotics: Current trends in food and pharmaceutical industry. *Foods*, 11(19): 3094.
- Tiptiri-Kourpeti, A., Spyridopoulou, K., Santarmaki, V., Aindelis, G., Tompoulidou, E., Lamprianidou, E. E., Saxami, G., Ypsilantis, P., Lampri, E. S., Simopoulos C., Kotsianidis, I., Galanis, A., Kourkoutas, Y., Dimitrellou, D. and Chlichlia, K. 2016. *Lactobacillus casei* exerts anti-proliferative effects accompanied by apoptotic cell death and up-regulation of TRAIL in colon carcinoma cells. *PloS One*, 11(2): e0147960.
- Tomasik, P. and Tomasik, P. 2020. Probiotics, non-dairy prebiotics and postbiotics in nutrition. *Applied Sciences*, 10(4):1470.
- Topçuoğlu, E. ve Yılmaz Ersan, L. 2020. Fonksiyonel beslenmede bademin önemi. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2): 427-441.
- Tsilingiri, K. and Rescigno, M. 2013. Postbiotics: what else? *Beneficial microbes*, 4(1), 101-107.
- Vallejo-Cordoba, B., Castro-López, C., García, H. S., González-Córdova, A. F. and Hernández-Mendoza, A. 2020. Postbiotics and paraprobiotics: A review of current evidence and emerging trends. *Advances in Food and Nutrition Research*, 94:1-34.
- Vasiljevic, T. and Shah, N. P. 2008. Probiotics—from Metchnikoff to bioactives. *International Dairy Journal*, 18(7): 714-728.
- Venegas, D. P., De la Fuente, M. K., Landskron, G., Gonzalez, M. J., Quera, R., Dijkstra, G., Harmsen, H. J. M., Hermeso, M. A. and Faber, K. N. 2019. Short Chain Fatty Acids (SCFAs)-Mediated gut epithelial and immune regulation and its relevance for inflammatory bowel diseases. *Frontiers in Immunology*, (10): 277.
- Vinderola, G., Sanders, M. E. and Salminen, S. 2022. The concept of postbiotics. *Foods*, 11(8): 1077.
- Vinderola, G., Sanders, M. E., Cunningham, M. and Hill, C. 2024. Frequently asked questions about the ISAPP postbiotic definition. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1324565.
- Wegh, C. A., Geerlings, S. Y., Knol, J., Roeselers, G. and Belzer, C. 2019. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond. *International Journal of Molecular Sciences*, 20 (19): 4673.
- Wu, Y., Wang, Y., Hu, A., Shu, X., Huang, W., Liu, J., Wang, B., Zhang, R., Yue, M. and Yang, C. 2022. *Lactobacillus plantarum*-derived postbiotics prevent *Salmonella*-induced neurological dysfunctions by modulating gut-brain axis in mice. *Frontiers in Nutrition*, 9: 946096.
- Yang, K. M., Kim, J. S., Kim, H. S., Kim, Y. Y., Oh, J. K., Jung, H. W., Park, D. S. and Bae, K. H. 2021. *Lactobacillus reuteri* AN417 cell-free culture supernatant as a novel antibacterial agent targeting oral pathogenic bacteria. *Scientific Reports*, 11(1):1631.
- Yeşilyurt, N., Yılmaz, B., Ağagündüz, D. ve Capasso, R. 2021. Involvement of probiotics and postbiotics in the immune system modulation. *Biologics*, 1(2): 89-110.

- Yılmaz-Ersan, L.ve Topçuoğlu, E. 2019. Badem sütü ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların mikrobiyolojik ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2): 321-339.
- Zendeboodi, F., Khorshidian, N., Mortazavian, A. M. and da Cruz, A. G. 2020. Probiotic: Conceptualization from a new approach. *Current Opinion in Food Science*, 32:103-123.



İklim Değişikliğinin Tarım Ürünleri ve Böcekler Üzerindeki Etkisi^A

Meltem ERDEM KÜÇÜK^{1*}, Hilal TUNCA COSİC²

Öz: İklim değişikliği ve küresel ısınma, dünya genelinde tarım endüstrisini büyük ölçüde etkilemekte ve günümüz toplumunda en çok tartışılan konular arasında yer almaktadır. İklim değişikliği sonucunda sıcaklıkların yükselmesinin, atmosferde CO₂ konsantrasyonlarının artmasının ve değişen yağış miktarı gibi olumsuz koşulların tarımsal üretim ve tarım zararlısı böcekler üzerine önemli etkisi bulunmaktadır. İklim değişiklikleri zararlı ve faydalı böcekleri çeşitli şekillerde etkileyebilir. Bu etkiler tarım zararlısı böceklerin coğrafi dağılımlarının genişlemesine, kışı canlı geçiren türlerin hayatta kalma oranının artmasına, döl sayısının yükselmesine, bitkiler ve zararlılar arasındaki dengenin değişmesine, türler arası etkileşimin değişmesine, göç eden zararlılar tarafından istila riskinin artmasına, böceklerle bulaşan bitki hastalıklarının görülme sıklığının artmasına ve özellikle biyolojik mücadele etmenlerinin etkinliğinin azalmasına neden olabilir. Bu sebepler nedeniyle, tarımsal üretimde ürün kaybı ve gıda güvenliği ciddi bir sorunla karşı karşıya kalabilir. Zararlı böcekler ile bu böceklerin predatörleri ve parazitoitleri iklim değişikliğine farklı şekillerde cevap verirler. Yüksek sıcaklık böceklerin doğal düşmanları tarafından saldırıya uğrayacakları dönemleri daha kısa sürede geçirmelerine sebep olur. Dolayısıyla zararlı böcek ve onun doğal düşmanı arasındaki ilişki sıcaklığın artmasından dolayı önemli derecede etkilenmiş olacaktır. Bu çalışmada iklim değişikliğinin tarım zararlısı böcekler üzerindeki etkilerine karşı yapılacak olan öncelikli araştırmalar tartışılmaktadır. Bu öncelikli araştırmalar arasında, modifiye edilmiş entegre zararlı yönetimi stratejileri, iklim ve zararlı böcek popülasyonlarının izlenmesi ve modelleme tahmin araçlarının kullanımı sayılabilir. Sonuç olarak, iklim

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Meltem ERDEM KÜÇÜK Zonguldak Bülent Ecevit University, Ahmet Erdoğan Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Zonguldak, ^{1*} meltem.erdem@beun.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3107-8946](https://orcid.org/0000-0003-3107-8946)

² Hilal TUNCA COSİC Ankara University, Faculty of Agriculture Department of Plant Protection, Ankara Turkey, htunca@ankara.edu.tr, [OrcID 0000-0003-3073-6628](https://orcid.org/0000-0003-3073-6628)

değişikliğinin tarım zararlısı böcekler üzerine olumsuz etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış ve gelecekte ihtiyaç duyulan zararlı böceklerle mücadele yönetim stratejileri ve uyulması gereken mevzuat detaylı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, böcek popülasyonlarını korumak için uygun yöntemlerin neler olabileceği değerlendirilmiş olup iklim değişikliği sorunu ile başa çıkmak için proaktif ve bilimsel bir yaklaşımın gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, küresel ısınma, tarım, böcekler.

The Effect of Climate Change On Agricultural Products and Insects

Abstract: Climate change and global warming greatly affect the agricultural industry worldwide and are among the most discussed topics today. Various factors, such as temperature increases as a result of climate change, increased CO₂ concentration in the atmosphere, and changing rainfall amounts as a result of climate change, cause very negative effects on crop production, beneficial insects and agricultural pests. The most significant environmental factor influencing the dynamics of insect populations is temperature, so it is anticipated that rising global climate warnings will cause an increase in their geographic range, overwintering survival, number of generations, risk of invasive insect species and plant diseases, and interactions with natural enemies and host plants. Future pest management strategies are desperately needed as climate change makes the pest problem worse. Pests and their predators and parasitoids respond to climate change in different ways. High temperatures cause insects to have a shorter period of time when they will be attacked by their natural enemies. Therefore, the relationship between the pest and its natural enemy will be significantly affected by the increase in temperature. These include the use of the modelling prediction tools that are provided here, the monitoring of the climate and pest populations, and updated integrated pest control strategies. As a result, studies on the negative effects of climate change on agricultural pests have been investigated, and management strategies for combating pests needed in the future and legislation to be followed have been evaluated in detail. Additionally, appropriate methods to protect insect populations were evaluated, and it was concluded that a proactive and scientific approach is required to deal with the problem of climate change.

Keywords: Climate change, global warming, agriculture, insects.

Giriş

Dünya, son yıllarda bilim ve teknolojinin gelişmesiyle tarımsal üretimde önemli ilerlemeler kaydetmiştir (Pingali ve Abraham, 2022). Teknolojik yenilikler ve sanayi devrimi, tarımsal uygulamaları büyük ölçüde etkileyerek üretimin artmasına neden olmuştur. Ancak 20. yüzyıl ve 21. yüzyılın ilk yılları hem çevresel istikrarı hem de gıda güvenliğini tehdit eden küresel nüfusta önemli bir artışa tanık olmuştur (Wudil ve ark., 2022). 2050 yılına

kadar hızla artan nüfus nedeniyle gıda talebini karşılamak için tarımsal üretimin artması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar, artan nüfus için yeterli gıda tedarikini sağlamanın en iyi yolunun, araziyi genişletmek yerine tarımsal üretimi artırmanın ve üretilen ürünleri yönetmenin daha iyi olduğunu ileri sürmektedir (Fróna ve ark., 2019). Üretilen gıdanın yönetilmesi, gıda yeterliliğini ve erişilebilirliğini sağlamak açısından önemlidir ancak bu incelemenin kapsamı dışındadır. Ancak küresel ısınma, sık yaşanan kuraklıklar, değişen atmosferik karbondioksit (CO₂) konsantrasyonları, hava koşullarındaki bozulmalar ve iklimle ilgili diğer değişkenler gibi faktörler, ürün verimini olumsuz yönde etkilemeye devam etmektedir (Lin ve ark., 2022; Dinç ve ark., 2022). Bu abiyotik faktörler aynı zamanda zararlı böcek biyolojisini, performansını, popülasyon dinamiklerini ve bunların bitkilerle ve doğal düşmanlarla olan etkileşimlerini de etkiler; bunların tümü ürün veriminin belirlenmesinde kritik faktörlerdir (Cannon, 1998; Yaşar ve ark., 2021; Subedi ve ark., 2023). Artan zararlı popülasyonları ve hava koşullarındaki bozulmalar ve iklimle ilgili değişiklikler nedeniyle sık sık ortaya çıkan salgınlar, ürün verimliliğini ve bulunabilirliğini olumsuz yönde etkileyerek sonuçta gıda güvenliğini tehdit edebilir. Bu çalışma, iklim değişikliğinin özellikle artan CO₂ konsantrasyonları, kuraklıklar ve sıcaklıkların böceklerin biyolojisi ve ekolojisi üzerindeki devam eden ve beklenen etkilerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Buna ek olarak, makale, iklim değişikliğinin etkilerini göz önünde bulundurarak, sonuçta yeterli gıda üretimini garanti altına alırken, zararlı adaptasyonu ve ürünler üzerindeki baskıyı etkili bir şekilde mücadele edebilecek veya yönetebilecek değiştirilmiş entegre zararlı yönetimi (IPM) stratejileri oluşturmak için modern zararlı izleme teknolojileri ve tahmin araçlarını sunmaktadır.

İklim Değişikliği, Tarım Ürünleri ve Tarım Zararlısı Böcekler

İklimin sürekli değiştiği, bilim adamları tarafından bu iddiayı destekleyen kanıtlarla belgelenmiştir (Field ve ark., 2014). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) iklim değişikliğini “İklim, belli bir bölgede meteorolojik özelliklerin ortalamasında ve/ya da değişkenliğinde (istatistiksel testler kullanılarak) tanımlanabilen ve uzun bir süre (genellikle onlarca yıl veya daha uzun bir süre) devam eden bir değişiklik” olarak ifade etmektedir (Pingali ve Abraham, 2022). Sıcaklık, su mevcudiyeti ve CO₂ konsantrasyonu gibi iklimle ilgili değişkenler, tatlı su ve deniz sistemleri, tarım ve ormancılık dahil olmak üzere tarımsal üretim yapılan ekosistemlerin özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu değişkenlerde yapılacak herhangi bir değişiklik küresel gıda üretimini tehdit etmektedir (Pingali ve Abraham, 2022; Subedi ve ark., 2023). İnsan faaliyetleri, özellikle de fosil yakıtların kullanımı ve sanayileşme, geçtiğimiz yüzyılda gözlemlenen küresel ısınmanın büyük ölçüde sorumlusu olmuştur (Metz ve ark., 2001). İklim modelleri, önümüzdeki yüzyılda Dünya'nın sıcaklığında 1,4–5,8 °C'lik bir artış yaşanacağını öngörmektedir (Pachauri ve ark., 2014). Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarındaki, özellikle de CO₂'deki artış, küresel ısınmanın temel nedenidir. Dünya yüzeyinden yansıyan termal kızılötesi radyasyon, CO₂, metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O) ve klorokarbonlar (CFC'ler) dahil olmak üzere sera gazları tarafından emilir ve daha sonra yüzeye geri salınarak daha fazla ısı enerjisi hapseder ve küresel ısınmaya neden olur (Streck, 2005; Subedi ve ark., 2023). Antropojenik etkiler ayrıca 1950'lerden sonra sıcak hava dalgaları, aşırı sıcaklıklar, artan kuraklık ve su baskınları gibi aşırı hava ve

iklim olaylarıyla da ilişkilendirilmektedir. İklim değişikliği nedeni ile de sıcak hava dalgalarının ve yoğun yağış olaylarının hız ve şiddetinde de artış beklenmektedir (Ripple ve ark., 2022).

1. İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Üzerindeki Etkileri

Tarımsal faaliyet öncelikle sıcaklık, su mevcudiyeti ve tarımsal üretim için hava koşulları da dahil olmak üzere iklim değişkenlerine bağlıdır. Tarımın iklim değişkenlerine yoğun bağımlılığı nedeniyle, bu değişkenlerdeki herhangi bir değişiklik veya aksaklık, ürün verimini ve üretkenliğini büyük ölçüde etkileyebilir (Deshar ve Koirala, 2019; Myers ve ark., 2022; Subedi ve ark., 2023). Bu değişkenlerin tarımsal üretim üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmalar, hem bireysel hem de popülasyon düzeyinde olumlu ve olumsuz raporlandığını göstermiştir (Subedi ve ark., 2023). Bu nedenle, iklim değişikliğinin zararlı böcekler üzerindeki etkilerini iyi bir şekilde yönetmek ve anlamak için, zararlı böceklerin hayatta kalmaları ve üremeleri için ihtiyaç duydukları ürünler üzerindeki etkilerini anlamak gerekmektedir.

1.1. Sıcaklık Artışı

İklim değişikliğinden kaynaklanan küresel sıcaklıktaki artış bitki büyümesini, üretimini ve dağıtımını tehdit etmektedir (Priya ve ark., 2019). Tahminlere göre, tarımsal üretimin 21. yüzyılın ortalarına kadar yaklaşık %10 oranında azalarak küresel gıda güvenliğini tehlikeye atması beklenmektedir (Tai ve ark., 2014). Ek olarak, 2050 yılında ortalama günlük kalori alımının günde 3600 kcal'a (ABD'deki mevcut beslenmeye eşdeğer) yükselmesi halinde, gıda üretiminde %70'lik bir artış gerekli olacaktır (Alexandratos ve Bruinsma, 2012). Sıcaklık, ürünün fizyolojisini doğrudan etkilemektedir ve ürünün büyüme, gelişme, verim, coğrafi dağılım gibi çeşitli faktörlerine sınırlamalar getirir. Yetiştirme mevsimlerinin daha kısa olduğu kuzey bölgelerde, hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak artan sıcaklığın tarımsal üretimi artırdığı gözlemlenmiştir (Lobell ve ark., 2011a,b). Bununla birlikte, küresel sıcaklıklar artmaya devam ettikçe, mevcut olumlu sonuçlara rağmen iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin gelecekte daha da kötüleşmesi beklenmektedir (Arnell ve ark., 2019). 21. yüzyılın sonuna gelindiğinde, ortalama yetiştirme dönemi sıcaklığının geçtiğimiz yüzyılda kaydedilen en yüksek sıcaklıkları aşacağı tahmin edilmektedir (Battisti ve Naylor, 2009). Ek olarak, günlük maksimum sıcaklığa (T_{max}) kıyasla günlük minimum sıcaklıktaki (T_{min}) hızlı artış, potansiyel olarak sıcaklığa duyarlı bitki fizyolojik parametrelerini ve sonuçta tarımsal üretimi etkileyebilir (Peng ve ark., 2004). Örneğin, Avustralya'da buğday veriminde %50'lik bir düşüşün iki derecelik ortalama büyüme mevsim sıcaklık değişimi ve artan yaprak yaşlanması nedeniyle olacağı tahmin ediliyordu (Asseng ve ark., 2011). İklim değişikliğiyle birlikte sel, kuraklık ve sıcak havalardan sıklığının artacağı, bunun da ürün yetiştirme sezonlarının kısalmasına yol açacağı tahmin edilmektedir (Arnell ve ark., 2019; Lesk ve ark., 2022). İklim modeli simülasyonları, sıcaklıktaki artışın mısır, kışlık buğday ve pirinç için yetiştirme mevsimlerinde daha düşük yağış riskini artırdığını göstermiştir, ancak soya fasulyesi ve baharlık buğday için farklı sonuçlar rapor edilmiştir (Arnell ve ark., 2019). Büyük sıcak hava dalgalarının da daha sık olacağı ve ürün verimliliğini daha da etkileyeceği tahmin edilmektedir (Wang ve ark., 2023). Artan hava sıcaklığı, buhar basıncı açığına, bu da atmosferdeki su talebinin artmasına neden olmaktadır. Atmosferdeki bu

buhar basıncı açığı da daha sonra topraktaki nemin buharlaşması yoluyla karşılanmaktadır (Dai ve ark., 2018). Sonuç olarak toprakta meydana gelen nem kaybı su kıtlığına, sık kuraklık dönemlerine ve ürün veriminin azalmasına neden olabilir.

1.2. Yüksek Karbondioksit Seviyeleri

Bitkilerde su ve CO₂ kullanımı yoluyla güneş ışığını şekere ve nişastaya dönüştüren birincil fizyolojik süreç olan fotosentez, ürün veriminin belirlenmesinde kritik bir rol oynar. Fotosentez için gerekli olan CO₂ bitkiye öncelikle yapraklarda bulunan ve daha az olarak gövdelerde bulunan stoma açıklıklarından girer. Yüksek CO₂ konsantrasyonları, karbonun daha hızlı edinilmesine ve asimilasyonuna neden olarak bitkinin hızlı büyümesini ve gelişmesini teşvik eder (Holley, 2022). 400'den fazla örnekle gerçekleştirilen kapsamlı bir araştırmaya göre, 340 ppm olan iki kat ortam CO₂ konsantrasyonu altında C3 bitkilerinin veriminde önemli bir artış gözlemlenmiştir (Kimball, 1983). C3 bitkileri yüksek CO₂ konsantrasyonuna maruz bırakıldığında (ortam 353 ppm'den yüksek 550 ppm'ye kadar) ve yeterli su ve besinle yetiştirildiğinde, ürün veriminde %19'a kadar varan bir artış rapor etmişlerdir ve bu sonuçla birlikte yüksek CO₂ konsantrasyonu ile ürün veriminin artacağına dair önceki bulguları da güçlendirmişlerdir (Kimball, 2016). Bununla birlikte, literatürde, yüksek CO₂ konsantrasyonları ile C4 bitkileri (mısır gibi) arasında çelişkili sonuçlar gösteren çalışmalar bulunmaktadır; bazı çalışmalar pozitif sonuçlar (Höhn ve Rötter, 2014) bazıları ise nötr sonuçlar bildirmektedir (Wang ve ark., 2022). Ayrıca yüksek CO₂ konsantrasyonu, terlemenin (Kimball, 2016) ve stoma iletkenliğinin (%19-%22'ye kadar) (Purcell ve ark., 2018) azalması nedeniyle bitkilerde fotosentez oranının artmasına yol açmaktadır, böylece ürünün su kaybı %10'a kadar azalır (Kimball, 2016) ve su kullanım verimliliğini artırmaktadır (Wang ve ark., 2008).

1.3. Su Mevcudiyeti

Su, tarımsal üretimi etkileyen en önemli faktörlerden biridir ve küresel gıda güvenliği için bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Kang ve ark., 2009; Timmer, 2012). İklim değişikliği; yağış, toprak nemi ve buharlaşma gibi birçok süreci etkilemektedir. Yağmur, dünya çapındaki toplam tarımsal üretimin yaklaşık %80'i için birincil su kaynağıdır (Olesen ve Bindi, 2002); dolayısıyla yağış düzenindeki herhangi bir bozulma küresel ölçekte gıda üretimi için olumsuz sonuçlar doğurabilir. Önemli sayıda araştırma küresel hidrolojik döngünün esas olarak sıcaklık artışı nedeniyle güçleneceğini ileri sürmektedir (Huntington, 2010; Haddeland ve ark., 2014). Dünya çapında pek çok ülke, kuraklık dönemlerinin görülme sıklığının arttığını bildirmektedir (Dai, 2011; Thornton ve ark., 2014). Thornton ve ark., (2014)'de yapmış oldukları bir çalışmada sanayi öncesi dönemden 21. yüzyılın başlangıcına kadar kuraklığın %17'den %27'ye kadar arttığını bildirmiştir. Kuraklık, (Lobell ve ark., 2011a) 'nın araştırmalarında kanıtlandığı gibi tarım üretimini olumsuz yönde etkileyebilir. Aynı araştırmacılar kurak ve sıcak iklim (30 °C'den fazla) koşulları altında mısır veriminde neredeyse %2' lik bir düşüş olduğunu göstermişlerdir. Son raporlara göre, 21. yüzyılın sonuna gelindiğinde küresel ısınma nedeniyle tarım ürünleri için sulama gereksinimleri %5-20 oranında artabilmektedir (Fischer ve ark., 2007; Gornall ve ark., 2010). İklim değişikliği kentsel ve endüstriyel başta olmak üzere diğer toplumsal ihtiyaçlar için artan tatlı su talebi tarımsal üretim içinde kullanılacağından dolayı büyük ölçüde sınırlı miktarda kalacaktır (Santos ve ark., 2009).

2. İklim Değişikliğinin Böcekler Üzerindeki Etkisi

2.1. Böceklerin Artan Sıcaklığa Karşı Tepkisi

Modern tarım uygulamaları ve bilimsel araştırmalar, yüksek sıcaklıklar, artan CO₂ konsantrasyonları, seller ve kuraklıklar başta olmak üzere iklim değişikliğinin sonuçları üzerine odaklanmaktadır (Skendžić ve ark., 2021). İklim değişikliği, önemli bir biyotik faktör olan zararlı böcekleri ve tarım ürünlerini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir (Cannon, 1998; Skendžić ve ark., 2021). İklim değişikliği, zararlıların üremesini, gelişmesini, hayatta kalmasını ve yayılmasını doğrudan etkilediği gibi; predatörler ve parazitoitler de dahil olmak üzere hem böcek türleri arasında hem de bunların çevreleriyle olan etkileşimlerini dolaylı olarak etkilemektedir (Nyamukondiwa ve ark., 2022). Poikilothermal olan böcekler sıcaklık değişimlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Sıcaklık dalgalanmaları böcek fizyolojisini büyük ölçüde etkiler ve her 10 derecelik artış için metabolik hızlarını ikiye katlar (Skendžić ve ark., 2021). Yüksek sıcaklıklar böceklerin beslenmesini, performansını ve dağılımını artırır ve bu da popülasyon dinamiklerini değiştirmektedir (Bale ve ark., 2002). Sıcaklık, metabolizmayı, metamorfozu, hareketliliği ve konukçunun mevcudiyetini etkileyerek zararlı böcek popülasyonunu ve dinamiklerini etkilemektedir (Shrestha, 2019). Küresel ısınma böcek popülasyonlarını artırabilir, bu da daha erken istilalara ve ürünlerin zarar görmesine neden olabilir (Yamamura ve Yokozawa, 2002; Kocmánková ve ark., 2010). Bununla birlikte, sıcaklık etkisi nedeniyle zararlı böceklerin yoğunluğunda ve ürün kayıplarında eşit oranda bir artış beklenmemektedir (Lehmann ve ark., 2020). Değişen sıcaklıkların zararlı böcekler üzerindeki en dikkate değer etkilerinden biri bunların dağılım ve sayılarındaki değişimdir. Yüksek sıcaklık ve nem ile artan beyaz sinek popülasyonu arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır (Pathania ve ark., 2020). Son zamanlardaki ısınma batı çam böceğinin (*Dendroctonus brevicomis* LeConte) (Coleoptera: Curculionidae) gelişmesini hızlandırmış ve kış mevsiminde böceğin ölüm oranını azaltmıştır, bu da kuraklık sonucu nüfus artışına yol açmıştır (Robbins ve ark., 2022). Araştırmalar, artan sıcaklıkların böceklerin daha erken ortaya çıkabileceğini ve daha uzun yaşam döngülerine sahip olabileceğini göstermektedir (Robinet ve Roques, 2010). Evans ve ark., (2013)'de sıcaklık artışının, predatör ve avı arasında biyolojik bir uyumsuzluğa yol açarak biyolojik mücadele faaliyetini bozduğunu göstermiştir. Aynı zamanda yüksek sıcaklıklar yaprak biti ve lahan keleşi gibi multivoltin böceklerin daha hızlı gelişmesine neden olmaktadır (Bale ve ark., 2002). İklim değişikliğine bağlı olarak zararlı böceklerin konukçu menzilineki değişimler giderek daha yaygın hale gelmekte ve tarımsal üretimi büyük ölçüde etkilemektedir (Meynard ve ark., 2013; Skendžić ve ark., 2021). Bu zararlı böcekler, ürün veriminde ve zararlılarla mücadelede önemli ekonomik kayıplara neden olabileceğinden tarım sektörünü tehdit etmektedir. Sıcaklıklarda öngörülen artışla birlikte, tarımsal ve bilimsel araştırmaların, iklim değişikliğinin böcekler üzerindeki etkilerini ve bunların ürün üzerindeki etkilerini incelemeye ve ele almaya devam etmesi gerekmektedir. Yaprak bitlerinin sıcaklık değişimlerine karşı duyarlılığı yapılan araştırmalarla gösterilmiştir (Wang ve ark., 2015). Küçük vücut boyutuna ve hızlı yaşam döngüsüne sahip olan bu böcekler, sıcaklık artışlarına bağlı olarak göç düzenlerinde önemli değişiklikler yaşayabilmekte, bu da tarım ve ormancılıkta ani salgınlara ve önemli ekonomik kayıplara yol açabilmektedir (Wu ve ark., 2020). Küresel ısınma *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuoidea) ve pamuk kurdu gibi zararlıların kış boyunca

hayatta kalma oranlarının artmasına bunun sonucunda ise böceklerin coğrafi dağılımlarının genişlemesine yol açmıştır. Bu durum ürün verimi ve zararlılarla mücadele için oldukça önemli zorlukların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Pareek ve ark., 2017). Ayrıca artan sıcaklıklar, bazı böcekler için gelişim süresinin kısalmasına neden olarak büyüme mevsimi başına düşen döl sayısını da artırabilmektedir (Bale ve ark., 2002; Dell ve ark., 2005; Altermatt, 2010). Bu böcek davranışı ve dağılımındaki değişiklikler, zararlı böcekler ile konukçu bitkilerin yetiştiği bölgelerdeki değişme nedeniyle çiftçiler için muhtemel yeni ve ciddi zararlı sorunları oluşturacaktır (Skendžić ve ark., 2021).

2.2. Böceklerin Artan CO₂ Konsantrasyonuna Karşı Tepkisi

Geçtiğimiz 50 yılda, atmosfer bileşiminde atmosferdeki CO₂ seviyesindeki artışla birlikte dikkate değer bir değişiklik gözlemlenmiştir (Prentice ve ark., 2001). CO₂ fotosentez için gereklidir ve yüksek konsantrasyonlar bitki fizyolojisini etkileyebilir. Yüksek CO₂ konsantrasyonu terleme yoluyla su kaybının azalmasına, stoma açıklıklarının ve fotosentez hızının artmasına yol açar. CO₂ konsantrasyonu yükseldikçe yapraklardaki karbonhidrat miktarı artar ancak nitrojen miktarı azalır (DeLucia ve ark., 2012). Yüksek CO₂ konsantrasyonu, bitki besin düzeylerini, özellikle de protein miktarını değiştirebilir ve böylece böcekler için bitki savunma mekanizmalarını etkileyebilir (Zhang ve ark., 2020). Yüksek CO₂ konsantrasyonu bitkilerde savunma hormonu olarak görev yapan jasmonik asit (JA) birikimini azaltır ve salisilik asidi (SA) birikimini artırır (DeLucia ve ark., 2012). Yapılan bir çalışma yüksek CO₂ konsantrasyonunun, JA birikimini baskılayarak domatesin, *Helicoverpa armigera*'ya (Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)) karşı direncini azalttığını göstermiştir (Guo ve ark., 2012). Yüksek CO₂ konsantrasyonu, zararlı böceklerin gıda tüketim oranını, büyümesini, üremesi ve popülasyon büyüklüğünü etkileyebilir (Führer, 2003). Yüksek CO₂ konsantrasyonu, *Popillia japonica*'nın Newman (Scarabaeidae: Coleoptera) ve *Diabrotica virgifera virgifera*'nın (Coleoptera: Chrysomelidae) beslenmesini ve üremesini olumlu etkilemiştir (Hamilton ve ark., 2005; Schroeder ve ark., 2006; O'Neill ve ark., 2008; Zavala ve ark., 2009). Bu olumlu etkinin yanı sıra, yüksek CO₂ konsantrasyonu yer fıstığı ve rami yapraklarında nitrojen miktarını azaltmıştır, bu da *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) ve *Achaea janata* Linn (Lepidoptera: Noctuidae) gibi böceklerde besin tüketiminin artmasına neden olmuş ve bu da böceklerde daha yavaş büyüme hızına yol açmıştır. Nohut ve *H. armigera* ile yapılan çalışmada, yüksek CO₂ konsantrasyonuna maruz kalan *H. armigera*'nın neden olduğu zararın etkisinin azaldığına ve ayrıca böceklerin hayatta kalma oranının daha düşük olduğunu göstermiştir (Sharma ve ark., 2016). Bitkilerde yüksek CO₂ konsantrasyonunun etkisi olarak fotoasimilatların savunma metabolitlerine yeniden dağıtılması sonucu karbonhidrat depolarının azalmasına ve onları böcek larvaları için daha az çekici ve hatta toksik hale getirmesine neden olmaktadır (Bhargava ve Mitra, 2021). Yüksek CO₂ konsantrasyonu, bitkilerle beslenen böceklerin varlığını, sayısını ve işlevini etkileyebilir (Skendžić ve ark., 2021). Örneğin, yüksek CO₂ konsantrasyonu yaprak biti yoğunluğunu artırır ancak parazitoit oranını etkilemez. Yüksek CO₂ konsantrasyonu aynı zamanda nitrojen içeriğinin azalması nedeniyle bitki besin kalitesini de düşürür, bu da böceklerin besin tüketiminin artmasına neden olur (Trębicki ve ark., 2016; Rehman ve ark., 2018). CO₂ konsantrasyonundaki artış böceklerin davranışını etkileyebilir. Örneğin yüksek CO₂ konsantrasyonu yaprak biti metabolizma hızını ve beslenme davranışını artırmaktadır (Robinson ve ark., 2012; Trębicki ve ark., 2016). Bununla birlikte yapılan çalışmalarda,

yüksek CO₂ konsantrasyonunun yaprak biti gelişim süresi üzerindeki etkisinin belirsiz olduğunu, buğdayda zararlı olan *Rhopalosiphum padi* L.'yi (Hemiptera: Aphididae) etkilememiş ancak dolmalık biberde yetiştirilen *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)'nin gelişim süresini arttırdığını belirtmişlerdir (Dáder ve ark., 2015). Bu değişiklikler, zararlıların en aktif olduğu dönemleri önlemek için ekim ve hasat zamanları gibi ürün yönetim stratejilerinde değişiklikler yapılmasını gerektirebilir.

2.3. Böceklerin Değişken Yağış Rejimi Üzerine Tepkisi

Çoğu zararlı böceğin hayatta kalması ve üremesi, yağıştaki değişikliklere bağlıdır ve bu durum onların popülasyonlarında değişikliklere yol açabilir (Skendžić ve ark., 2021). Yağış düzenlerindeki değişiklikler tel kurdu popülasyonlarını etkileyerek tarım ürünlerinde büyük zarara neden olmaktadır (Staley ve ark., 2007; Johnson ve ark., 2008; Gregory ve ark., 2009). Ancak, yoğun yağışlar yaprak bitleri, akarlar, jassidler ve beyaz sinekler gibi küçük boyutlu zararlı böcekleri sürükleyip temizleyebileceğinden tarımsal ürünler için faydalı olabilmektedir (Pathak ve ark., 2012). Yağıştaki değişiklikler aynı zamanda herbivorlar tarafından tüketilen bitkilerin besin kalitesini de değiştirerek performanslarını etkileyebilir (Cannon, 1998). Kuraklık, kabuk böceği popülasyonlarını artırabilmekte (Netherer ve ark., 2019), orta derecede kuraklık stresi altındaki ağaçlar ise kabuk böceklerine karşı daha dirençli hale gelebilmektedir (Netherer ve ark., 2015). Kuraklık zararlı böceklerin doğal düşmanlarının aktivitelerini ve sayılarını olumsuz etkileyebilmektedir. Uzun süreli kuraklıkların ardından şiddetli yağışlar, *Mythimna separata* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) popülasyonlarında artışa neden olabilmektedir (Sharma ve ark., 2010). Ayrıca araştırmalar, su stresinin bitkilerin biyolojik parametreleri üzerinde olumsuz bir etkiye yol açarak onları hastalıklara ve zararlılara karşı daha hassas hale getirdiğini göstermiştir (Zayan, 2019). Ayrıca çalışmalar, su stresi altındaki bitkilerde beslenen yaprak bitlerinin, konukçunun boyutunun ya da mevcudiyetinin azalması nedeniyle daha düşük parazitlenme oranına sahip olduğunu göstermiştir (Ahmed ve ark., 2017). Son olarak, herbivor böcekler gibi bitki özsuyu ile beslenen böceklerle yapılmış bir çalışmada, sürekli su stresi altındaki ağaçlarla beslenmek yerine böceklerin aralıklı su stresi yaşayan ağaçlarla beslendiklerinde daha iyi performans sergilediğini göstermişlerdir (Sconiers ve Eubanks, 2017).

2.4. Böceklerin Dağılımı Üzerine Etkisi

İklim değişikliğinin zararlı böcekler üzerindeki etkileri araştırılmaktadır ve özellikle sıcaklık değişikliklerinin oldukça etkili olacağı tahmin edilmektedir. Bu değişiklikler böceklerin büyüme, üreme ve hayatta kalma gibi biyolojik parametrelerini doğrudan etkileyebileceği gibi rekabet ve doğal düşman baskısı şeklinde de dolaylı olarak etkileyebilmektedir (Frank, 2021). Yağış rejimindeki değişiklikler zararlı böceklerin biyolojisini ve dağılımını önemli ölçüde değiştirmektedir ve bu durum ürün verimini de etkilemektedir (Liliane ve ark., 2020). Küresel ısınmanın etkisi ile böceklerin kuzeye ve daha yüksek rakımlara doğru hareket etmesi öngörülmektedir (Hill ve Thomson, 2015). Ürünlere zarar veren böceklerin göçleri, iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenmektedir özellikle sıcaklık ve yağış bu değişikliklerde kritik rol oynayacaktır (Peng ve ark., 2020). Kuraklık sonucunda su kıtlığı nedeniyle salgınların sıklığı azalırken, yağışlar da dahil olmak üzere aşırı hava olaylarında beklenen artış, yeni bölgelerde benzeri görülmemiş salgınların meydana gelmesine neden olabilmektedir. Çin'de

artan sıcaklık *Agrotis ipsilon* güvesinin göç alanının genişlemesine neden olmuştur (Zeng ve ark., 2020). Bununla birlikte, iklim değişikliği bazı bölgelerde böceklerin döl sayısını artırırken bazı bölgelerde döl sayısının azalmasına neden olmaktadır (Skendžić ve ark., 2021). *Icerya aegyptiaca*'nın (Douglas) (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae) Afrika, Güney Amerika ve Asya'da daha fazla yaşanabilir alana sahip olması beklenirken, *I. purchasi* Mask'in (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae)'nin Asya, Avrupa ve Güney Amerika'da yaygın olması beklenmektedir (Liu ve Shi, 2020). Mısırdaki hastalık yapan ve önemli bir vektörü olan mısır yaprak zararlısı *Dalbulus maidis* (DeLong) (Homoptera: Cicadellidae)'nin, kendi doğal yayılışında (örneğin, Brezilya) bir azalma olacağı tahmin edilmektedir, ancak Afrika kıtası ülkelerindeki yayılması nedeniyle önemli bir tehdit oluşturabilir (Santana ve ark., 2019). Sonuçta, iklim değişikliğinin zararlı popülasyonlarının coğrafi dağılımlarının etkilerini artırması ve bunun da tarımsal üretiminin ve gıda güvenliğinin azalmasına yol açması beklenmektedir (Sutherst ve ark., 2011; Lehmann ve ark., 2020).

2.5. Böceklerin Kışlama Süresinin Uzamasının Canlı Kalma Oranına Etkisi

Böcekler poikilothermal yani soğukkanlı hayvanlardır ve bu nedenle ortam sıcaklığındaki değişikliklere karşı sınırlı bir kapasiteye sahiptirler. Böcekler termal açıdan stresli çevresel koşullar altında hayatta kalmak için çeşitli stratejiler geliştirirler (González ve ark., 2020). Pek çok zararlı böcek için en kritik mevsim kış mevsimidir. Çünkü düşük sıcaklıklar ölüm oranını önemli ölçüde artırabilir ve böylece bir sonraki mevsimde böcek popülasyonlarını azaltabilir (Hill, 1987). Yapılan çalışmalar, küresel ısınmanın etkilerinin en çok kış mevsiminde yüksek enlemlerde belirgin olduğunu göstermiştir (Pachauri ve Reisinger, 2007). Kışlama stratejileri açısından, böcekler genellikle iki gruba ayrılırlar: dona dayanıklı böcekler ve dondan kaçınan böcekler. Birinci grup böcekler diyapoz girerek fizyolojik bir adaptasyon stratejisi kullanırken, ikinci grup böcekler ise davranışsal kaçınma veya göç şeklinde bir strateji kullanır (Bale ve Hayward, 2010).

Diyapoz, böcek yaşam döngüsünün mevsimsel düzenlenmesinde önemli bir rol oynayan, sıcaklık, fotoperiyot ve nem gibi çevresel faktörlerden etkilenen adaptif bir özelliktir (Gill ve ark., 2017). Bazı böcek türleri, inaktif evre olan yumurta veya pupa dönemlerinde diyapoz geçirirken, bazıları ise bunu larva, nimf veya ergin olarak yapmaktadır. Böceklerde inaktif evrede diyapoz meydana gelirse, soğuğa karşı dayanıklılık artar ve buna metabolik hızda bir düşüş eşlik eder (Bale ve Hayward, 2010). Yeraltında yaşayan herbivor böcekler düşük sıcaklıklardan korunmak için larva evresinde diyapoz girebilir ve bu sırada beslenme devam edebilir ve gelişme tamamen durmak yerine yavaşlayabilir. Diyapoz, univoltin türlerde yaşam döngüsünün zorunlu bir parçasıyken, multivoltin türlerde fakültatif ve fotoperiyot gibi çevresel bir tetikleyiciye bağlıdır (Tauber ve ark., 1986). Böceklerin ekosistemde oynadıkları karmaşık roller göz önüne alındığında, bitki tüketimi, tozlaşma veya türler arası etkileşimler gibi diğer birçok süreç onların diyapoz programıyla uyumludur. Sonuç olarak, antropojenik iklim değişikliğinin bir sonucu olarak diyapozdaki tek bir bozulma, tüm ekosistemin istikrarı üzerinde derin etkilere sahip olabilir. Genellikle ilkbahar aylarında daha yüksek sıcaklıkların meydana gelmesi sonucunda birçok böcek türünün diyapoz sıklığını ve süresini azaltması muhtemeldir (Bale ve Hayward, 2010). *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy (Diptera: Calliphoridae) sineğinde 15 °C ve 20 °C'de yetiştirilen ergin sineklerden elde edilen larvarın diyapoz süresi karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 20 °C 'de yetiştirilen sineklerin diyapoz süresi 15 °C ' ye kıyasla daha kısadır (McWatters ve Saunders, 1998). Diyapoz süresi birçok faktörden etkilenebilir:

birikmiş soğutma (accumulated chilling), nem, yiyecek ve fotoperiyot (Tauber ve ark., 1986). Bununla birlikte, birçok tür için genel ilke, diyapoz süresinin daha yüksek sıcaklıklarda daha kısa olmasıdır. Diyapoz süresinin sıcaklıkla ilişkisini anlamak için yapılan bir çalışmada laboratuvarında yetiştirilen *Sarcophaga crassipalpis* Macquart (Diptera: Sarcophagidae), 17 °C'de 118 gün, 25 °C'de 70 gün ve 28 °C'de 57 gün boyunca diyapozda kalmıştır (Bale ve Hayward, 2010; Hahn ve Denlinger, 2011). Bunun nedeni, daha sıcak kış sıcaklıklarının, diyapozun metabolik hızını artırarak daha kısa bir diyapoz ile sonuçlanmasıdır. Bu farklı sıcaklıklarda böcekte metabolik hızların ve diyapoz süresinin karşılaştırılması, enerji kaynakları kritik bir noktaya ulaştığında diyapozun sona erebileceğini bize göstermektedir. Metabolik hız yüksek olduğunda, enerji kaynakları hızla tükenmektedir aksine metabolik hız düşük olduğunda ise bu kaynaklar daha uzun süre kullanılmaktadır ve bu da daha uzun bir diyapoz ile sonuçlanmaktadır (Hahn ve Denlinger, 2011).

Çevre ve konukçu bitki ile uyumlu ilişki, herbivor böceklerin habitatlarına iyi uyum sağladıkları anlamına gelir (Parmesan, 2007). Bununla birlikte, iklim değişikliği, diyapoz sırasında metabolik dengeyi bozabilir, bu da çıkış zamanlamasını önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle böceklerin bahar mevsiminde çıkışındaki herhangi bir değişiklik, çevre veya konukçu bitki arasında uyumsuzluğa neden olmaktadır (Parmesan, 2007; Bale ve Hayward, 2010). Örneğin, birçok böcek, bitkilerde tomurcuklanma (veya çiçeklenme) zamanı ile beslenme arasındaki uyuma güvenir. Mevcut iklim değişikliği tahminleri altında, trofik seviyeler arasındaki ilişki bireysel türlerin fenolojisinde çevresel farklılıkların bir sonucu olarak ayrışabileceğini göstermektedir (Harrington ve ark., 1999; Harvey ve ark., 2023). Diyapoza girmeyen, dona duyarlı türler ve aktif evrelerinde kışı geçirebilen türlerin, daha sıcak kış koşullarında hayatta kalma oranlarının arttığı görülmektedir. Bu böceklerin popülasyonlarını oluşturmaları ve oradaki ortalama sıcaklıklar arttıkça coğrafi dağılımlarını daha yüksek rakımlara doğru genişletmeleri beklenmektedir (Bale ve ark., 2002). Kış mevsiminde görülen aşırı düşük sıcaklıklar böcek ölümlerini artırmaktadır, bu da pek çok ılıman böceğin, özellikle de diyapoza girmeyen ancak sıcaklık izin verdiğinde kışı aktif halde geçirenler için önemli bir durum haline gelmektedir (Harrington ve ark., 2001). Bu nedenle, daha sıcak kışların ya da aşırı soğuk dönemlerin sıklığındaki azalma bu türlerin hayatta kalmalarını sağlayabilir (Bale ve Hayward, 2010). Bununla birlikte böcekler, lethal düşük sıcaklık tehdidiyle ilişkili olarak çeşitli stratejiler sergiler ve bunlar daha sıcak kış koşullarının etkisini kısmen belirler (Bale, 1993). Kışlama döneminde hayatta kalma süresindeki artış, kışı geçiren popülasyonlarda bir artışa ve dolayısıyla yılın daha sıcak döneminde bitkiler üzerinde daha fazla böcek yoğunluğuna yol açabilir. Sonuç olarak, küresel ısınma, yeni böcek popülasyonlarını meydana getirerek erken istilalara ve bunun sonucunda da zararlı böceklerden kaynaklanan ürün hasarının artmasına neden olmaktadır (Yamamura ve Yokozawa, 2002).

2.6. Döl Sayısındaki Artış

Sıcaklık daha önce de bahsedildiği gibi böcekler için en önemli çevresel faktördür ve esas olarak böceklerin fenolojilerini etkilemektedir. Ortam enerjisi hipotezi, büyüme ve üremenin yüksek sıcaklıklarda daha fazla olduğunu öne sürer. Bu nedenle, daha yüksek sıcaklıklar ve küresel ısınma, böceklerin daha yüksek popülasyonlara ulaşmasını sağlar, bu da ortamda daha fazla sayıda türün meydana gelmesine olanak sağlar (Menéndez ve ark., 2007). Küresel ısınma senaryosuna göre tercih edilen belirli bir sıcaklık aralığındaki artış böceklerde üreme oranını artırarak beraberinde böcek türünün döl sayısındaki artışa ve bunun sonucunda da daha

fazla tarımsal ürün kaybına neden olur (Yamamura ve Kiritani, 1998). Yaprak bitleri ve Lepidoptera takımında bulunan *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae) gibi multivoltin (ikiden fazla döl verebilen) böcekler için, diğer tüm parametreler eşitken daha yüksek sıcaklıkların bir yıl içinde fazladan döllerin oluşmasına imkân verecek şekilde daha hızlı gelişme sürelerine olanak sağlayacağı tahmin edilmektedir (Bale ve ark., 2002). Yıllık yaşam döngüsüne sahip türler daha uzun yaşam döngüsüne sahip türlerden genellikle daha hızlı gelişir (Bale ve ark., 2002). Birkaç model kullanılarak yapılan çalışmalarda, sıcaklıktaki 2°C'lik bir artışın yılda 1 ila 5 arasında ekstra bir yaşam döngüsüne neden olabileceği tahmin edilmektedir (Prentice ve ark., 2001). Bu konudaki en önemli örnek, düşük gelişme kapasiteleri ve kısa üreme süreleri nedeniyle yılda dört ila beş fazladan döl verebilen yaprak bitleridir. Bu nedenle yaprak bitleri, özellikle sıcaklık değişikliklerinin hassas göstergeleri olabilir (Menéndez ve ark., 2007). Yüksek sıcaklıklar böceklerin larva ve nimf evrelerindeki (predatörler tarafından yüksek oranda tehdit altında olduklarında) gelişme sürelerini kısaltmak için yararlı bir etkiye sahiptir ve türlerin daha erken ergin hale gelmesine olanak sağlar (Bernays, 1997; Menéndez ve ark., 2007).

Sıcaklık artışı böceklerde ergin çıkış zamanlaması ve ergin uçuş süresinde bir artışa neden olmaktadır (Menéndez ve ark., 2007). Voltinizmdeki değişiklikler uçuş periyodunun daha erken başlamasına neden olmaktadır bu da fazladan bir neslin oluşmasını sağlayabilir (Altermatt, 2010). Sıcaklığın etkisiyle birlikte böcekler büyüme mevsiminden daha erken uçmaya başlarsa bunun sonucu olarak ilk nesil daha erken üreyebilir. Ek olarak, daha yüksek sıcaklıklar nedeniyle daha hızlı larva gelişimi meydana gelir, fotoperiyot ve sıcaklık koşulları hala uygun olduğundan sonraki nesilden daha fazla birey gelişebilir, bu da onların larva olarak diyapoz yerine doğrudan aynı mevsimde gelişmelerine olanak tanır (Altermatt, 2010). Ergin çıkış zamanlaması feromon ya da ışık tuzakları ile tespit edilebilir. Böcek fenolojisi üzerine uzun vadeli veri analizleri, zararlı böceklerin ortaya çıkma zamanlamasının iklim değişikliği altında değiştiğini göstermektedir (Pathak ve ark., 2014). Vakumlu böcek yakalama tuzağından elde edilen veri analizleri, *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) bahar uçuşunun, Ocak ve Şubat aylarında ortalama sıcaklıktaki her 1°C'lik artış için iki hafta önce başladığını göstermiştir (Shrestha, 2019). İspanya'da salkım güvesi (*Lobesia botrana* Denis ve Schiff.) erken çıkış zamanı voltinizmi artırmıştır. Bu zararlı böcekler genellikle Akdeniz enlemlerinde trivoltindir, ancak bazen küresel ısınma nedeniyle ilkbaharın başlarında ortaya çıkma eğilimi gösterirler ve bunun sonucunda da fazladan dördüncü bir uçuşa sahiptirler (Martín ve ark., 2010). 1980'lerden bu yana, birçok Avrupa'da görülen birçok Lepidoptera türünde yıllık döl sayısı artmıştır ve bazı univoltin ya da bivoltin (iki döl) türler sırasıyla bivoltin ya da multivoltin yaşam döngülerine geçiş yapmıştır. Kısmen bivoltin veya multivoltin türlerin, ikinci veya sonraki nesillerinde bir artış (yoğunluk) yaşaması beklenmektedir (Harrington ve ark., 2007).

Zararlı böceklerin çeşitliliği göz önüne alındığında, iklim değişikliğinin her bir tür için kesin etkilerini, çevre koşullarını ve etkileşimde buldukları ekosistemleri tanımlamak imkansız görünmektedir (Bale ve ark., 2002). Bununla birlikte, iklim değişikliği ile böcek özellikleri arasındaki ilişkinin, (örneğin fenolojideki değişiklikler ve önemli bir zararlı böcek türü için voltinimler gibi, doğru şekilde ölçülmesi), bu spesifik değişikliklerin diğer böcek türlerinde nasıl ortaya çıkabileceğine dair görüş sağlayabilir (Tobin ve ark., 2000). Döl sayısındaki belirlenen değişiklikler, böceklerin çevresel değişime yüksek düzeyde uyum sağlayabildiklerini doğrulamaktadır, bu nedenle küresel ısınmaya yanıt veren organizmalar arasında yer alırlar (Yamamura ve Kiritani, 1998).

2.7. İstilacı Yabancı Böcek Türlerinde Artan Risk

İstilacı yabancı türler (IYT), kendi doğal dağılım alanlarının dışında, kasıtlı veya kazara bir ekosisteme dahil edilen organizmalardır. İstilacı böcekler genellikle tarım, depolanmış ürün, orman ve ev zararlılardır ve sıklıkla çeşitli hastalık ya da parazitlerin vektörleri olabilirler (Ward ve Masters, 2007; Burkett ve Vittor, 2018; Skendžić ve ark., 2021). Son bin yılda, türlerin orijinal dağılım alanları dışındaki bölgelere yayılması, uluslararası seyahat, küresel ticaret ve tarım nedeniyle artış göstermiştir. (Ricciardi, 2013). İstilacı yabancı türler, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nde (BCS, 2018) dünya çapında en büyük tehlike olarak gösterilmektedir. Ayrıca bu türler tarım, ormancılık ve su ekosistemler için önemli maliyetler oluşturmaktadır (Shrestha, 2019). Yeni tanıtilen istilacı yabancı türlerin yalnızca küçük bir kısmının yerleşik hale geldiği ve bu türlerin yalnızca küçük bir bölümünün yayıldığı ve ekonomik zararlılar haline geldiği varsayılmaktadır. Bu genellikle "10 kuralı" olarak adlandırılır; buna göre, getirilen türlerin yaklaşık 10'da 1'i çevreye kaçar, bu tanıtilen yeni türlerin 10'da 1'i çevreye yerleşir ve bu yerleşik türlerin 10'da 1'i ekonomik zararlı haline gelir (Vander, 2005).

Birçok araştırmacı, tahmin edilen iklim değişikliği senaryoları (Bale ve ark., 2002; Harrington ve ark., 2007) altında istilacı zararlı böcek türleri için, genişleyen coğrafi alan, artan nüfus yoğunluğu ve voltinizmi öngörmektedir. Bunun sonucunda ise sürdürülebilir tarımsal üretim için ciddi sonuçlar meydana gelebileceğini bildirmişlerdir (Verberk ve ark., 2021). Ayrıca, iklim değişikliğinin biyolojik istilanın baskın gücü olmadığını belirtmek önemlidir. İstilacı olmak için, yabancı böceklerin yeni bir yaşam alanına başarılı bir şekilde ulaşması, verilen koşullarda hayatta kalması ve gelişmesi gerekir. İklim değişikliği, bu istilacı yolun bileşenlerini olumlu veya olumsuz etkileyebilir. İklim çevre özellikleriyle birlikte, bu türlerin yayılımının sınırlarını, yeni bir habitatta gelişmelerini, büyümelerini ve hayatta kalmaları için gerekli mevsimsel koşulları belirler (Masters ve Norgrove, 2010). Bu habitatlar geçmişte uygun olmayabilir ve bir sıradağ veya deniz gibi fiziksel bir engel uygun uzak habitatlara dağılmayı da engellemiş olabilir (Vanhanen, 2008). Tüm biyolojik sistemlerin termal sınırları vardır. Bu nedenle sıcaklık artışının ekosistemler ve içinde yaşayan türler üzerinde büyük etkisi olacaktır.

Uygun şartlar altında yeterli miktarda sağlıklı birey uygun bir habitata yerleşirse, kendi kendine yeten kalıcı bir popülasyonu oluşturabilir (Simberloff, 2009). Yayılma baskısı bitki ticaretinin kapsamı, yabancı böceklerin bu bitkiler üzerinde taşınma olasılığı ve tespit edilmeden sınır kontrollerinden geçme olasılığı ile ilgilidir (Bacon ve ark., 2014). Bu tür bir bulaşma yolunun en son örneklerinden biri olan, oldukça polifag (birçok çeşit besin ile beslenen) *Drosophila*'nın (*Drosophila suzukii* Matsamura Diptera: Drosophiladea) Kuzey ve Güney Amerika ve Avrupa'daki istilasidir. Giriş yolunun, taze meyve ticareti olduğu düşünülmektedir ve ilk yayımları, Güney Doğu Asya üzerinden ticareti yapılan büyük miktarlarda taze meyve üzerindeki bu böceğin yumurta veya larva aşamasında tespit edilememesinden kaynaklanmaktadır (Cini ve ark., 2014). İklim değişikliği nedeniyle istilacı zararlı böcek türlerinin yayılması aslında yavaştır (Parmesan ve Yohe, 2003). İklim değişikliği nedeniyle böcek türlerinin her on yılda ortalama 6,1 km hızla yayıldığını belirlemiştir. Bu sonuç, bu bölgelerdeki sıcaklığın artmasından kaynaklanmıştır ve bu sıcaklık artışı da böceklerin daha önce gelişemedikleri yerlerde hayatta kalmasını sağlamıştır (Raza ve ark., 2015).

İstilacı türler genellikle yerli böceklerden daha geniş bir tolerans aralığına yani biyoiklimsel aralığa sahiptir, bu durum da yabancı böceklerin daha geniş uygun bir yaşam alanı bulmasına izin verir (Walther ve ark., 2009).

Böcek türlerinin iklim değişikliğine karşı oldukça hassas olduğu bilinmektedir. Duyarlılık, fizyolojik süreçlerinin çoğunun sıcaklığa bağlı olmasından kaynaklanmaktadır (Vermeij, 1996). Adaptasyonlar fenotipik, davranışsal, gelişimsel ve fizyolojik özellikler şeklinde olabilir. Fizyolojik ve davranışsal esneklik, çevresel koşullardaki farklılıklardan (örn. sıcaklık, nem, fotoperiyot), mevcut besinden, avcılardan ve rakiplerden gelen baskıdan kaynaklanabilir (Abram ve ark., 2017). Davranışsal tepkiler uyarlanabilir olabilir ve yeni ortamları işgal ederken konukçu bitki türlerini bulabilir. Yiyecek arayan böceklerin yeni ortamlara karşı oluşturduğu tepkilerden biri, yiyecek seçeneklerini değiştirmek veya genişletmektir. 30'dan fazla bitki türü ile besin seçiminde aşırı esneklik gösteren *D. suzukii* gibi bazı türler için, besin muhtemelen istila başarısından sorumlu en önemli özelliktir (Poyet ve ark., 2015). Böceklerin farklı mekanizmalarında meydana gelen evrim iklim değişikliğine verilen tepkiler sonucunda gerçekleşmektedir (Snell ve ark., 2018). Snell ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada böceklerde seçici süreçler sonucunda gelişen genel mekanizmaların, (özellikle koşulların yüksek sıcaklık değişimleri gibi) doğal ortamın normal aralığını aştığında, yeni ortamlarda da hayatta kalmanın mümkün olacağını bildirmiştir. Böceklerde enerji metabolizmasını kontrol eden davranışsal özellikler aracılığıyla termal adaptasyon meydana gelebilir (Chevin ve ark., 2010).

2.8. İklim Değişikliğinin Doğal Düşmanlar Üzerine Etkisi

İklim değişikliklerinin, biyolojik mücadele etkinliğini tehlikeye sokarak zararlıların ve doğal düşmanların miktarını ve zamanlamasını büyük ölçüde etkilemesi beklenmektedir (Nechols, 2021). Bitkilerle beslenen fitofaj böcekler, hem doğal düşmanlar hem de konukçu bitkilerin varlığı ve kalitesi tarafından düzenlenmektedir (Mandal ve ark., 2020). Böcekler ve doğal düşmanlar arasındaki bu etkileşimler ekosistemde, özellikle tarım, ormancılık ve diğer alanlarda çok önemli bir rol oynamaktadır (Edosa ve ark., 2019). İklim değişikliği bu böceklerin ve doğal düşmanlarının biyolojisini ve fizyolojisini etkileyerek popülasyon dinamiklerini ve davranışlarını değiştirmektedir. Bu değişiklikler konukçu bitkiler, böcekler ve doğal düşmanlar arasındaki tri-trofik ilişkinin bozulmasına neden olarak biyolojik mücadele başarısını da etkileyebilir (Thomson ve ark., 2010). Sıcaklık değişikliklerinin doğrudan etkileri ve her bileşen türünün farklı tepkileri, zararlıları ve onların doğal düşman dinamiklerini bozabilir (Kiritani, 2006). Yaprak bitleri, parazitoit arıları ve uğurböcekleri gibi çeşitli doğal düşmanlar tarafından kontrol altında tutulan bir tür zararlı böcektir (Eigenbrode ve Trumble, 1994). Ancak küresel ısınmanın etkileri bu türlerin farklı tepkilerine yol açabilir. Sıcaklık artışı, doğal düşmanların gelişimini avlarından daha hızlı bir şekilde hızlandırma potansiyeline sahiptir ve bu durumun uzun bir süre boyunca tekrar tekrar meydana gelmesi halinde doğal düşmanların olası bir şekilde yok olmasına neden olabilir (Skendžić ve ark., 2021). Sıcaklık artışları tahıl yaprağı böceğinin biyolojik mücadelesini olumsuz yönde etkilemiştir. Çünkü artan sıcaklık bu böceğin predatörünü daha fazla etkileyerek biyolojik mücadele gücünü zayıflatmıştır (Eigenbrode ve Trumble, 1994). İklim değişikliği, ürün dağılımının değişmesine neden olabilir, bu da herbivorların doğal düşmanları tarafından takip edilebilecekleri veya edilemeyecekleri alanlara göç etmelerine yani mekansal senkronizasyonun bozulmasına yol açabilir (Fróna ve ark., 2019; Skendžić ve ark., 2021). Sonuç büyük olasılıkla mevcut doğal düşmanın menzil genişletme yeteneğine veya yeni doğal düşmanın yeni habitatta ortaya çıkmasına bağlı olacaktır (Menéndez ve ark., 2008). Doğal düşmanların etkinliği, olumsuz veya yeni çevre koşullarını tolere etme ve avlarına ve konakçalarına ayak uydurma yeteneklerine bağlıdır (Thomson ve

ark., 2010). Artan CO₂ konsantrasyonları, yağış düzenindeki değişiklikler ve yüksek sıcaklıklar, bitkilerin zamanlamasını ve üretkenliğini değiştirerek herbivorların gelişimini ve popülasyonlarını etkiler (Cannon, 1998; Fróna ve ark., 2019; Lin ve ark., 2022). Araştırmalar, CO₂ seviyelerinde, aşırı sıcaklıklarda ve azalan yağışlarda yetişen bitkilerin herbivorlar için çeşitli besin kaynakları sunduğunu, dolayısıyla predatör ve herbivorların parazitoitlerinin canlılığını etkilediğini göstermiştir (van Doan ve ark., 2021). Yüksek CO₂'nin bir tür üzerindeki genel etkisi, onun yaşam şartlarına bağlıdır (Ward ve Masters, 2007). Başka bir çalışmada da eş zamanlı sıcaklık artışlarının ve yüksek CO₂ konsantrasyonlarının yonca bitkisinin besin özelliklerini olumsuz etkilediği, bunun da Pancar tırtılıyla beslenen parazitoit neslinin tükenmesine yol açtığı bildirilmiştir (Skendžić ve ark., 2021). Artan CO₂'nin predatör verimliliği üzerindeki etkisi tam olarak anlaşılammıştır, ancak bir çalışma Asyalı uğur böceğinin yüksek CO₂ altında yaprak bitlerini avlamayı tercih ettiğini, ancak avlanma performansı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını bildirmiştir (Draper ve Weissburg, 2019). İklim değişikliği, predatörler de dahil olmak üzere daha yüksek trofik seviyeleri doğrudan onların davranışlarını değiştirerek veya dolaylı olarak bitkiler ve herbivorların fizyolojisi ve davranışı da dahil olmak üzere daha düşük trofik seviyeleri etkilemektedir. Bu nedenle iklim değişikliğinin sonuçlarını analiz ederken trofik sistemin tamamını değerlendirmek kritik öneme sahiptir. Bu nedenle iklim değişikliğinin etkisini değerlendirirken tüm trofik düzeylerin dikkate alınması son derece önemlidir.

3. İklim Değişikliğinin Zararlı Böcekler Üzerine Etkisi: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum Stratejileri

Böceklerde iklim değişikliğine uyum, var olan risk yönetimi stratejilerini uygulamaya ve iklim değişikliği etkilerinden kaynaklanan potansiyel riski azaltmaya yönelik devam eden bir süreç olarak görülebilir (Howden ve ark., 2007). İklim değişikliği sonucunda zararlı böcek türü istilasının daha öngörülemez hale gelmesi ve zararlı böceklerin coğrafi yayılım alanlarının artması beklenmektedir. Tarımsal üretimde uyum sağlama kapasitesi, çeşitli biyolojik, ekonomik ve sosyolojik faktörlere bağlı olacaktır (Sutherst ve ark., 2011). İklim değişikliği ve küresel ticaretin hızlanması var olan ve yeni bulaşacak zararlıların görülme sıklıklarını artırmaktadır. Bu nedenle böceklerin iklim değişikliklerine hızla uyum sağlama yeteneklerini artırması çok daha önemli hale gelmektedir (Barzman ve ark., 2015). Yeni zararlı böceklerin ve bu böceklerle taşınan hastalıkların yayılma risklerini azaltmak için potansiyel adaptasyon stratejileri belirlenmiştir. En sık bahsedilen stratejiler içerisinde modifiye edilmiş entegre zararlı yönetimi (IPM) uygulamaları, iklim ve zararlı böcek popülasyonlarının izlenmesi ve modelleme tahmin araçlarının kullanımınıdır (Raza ve ark., 2015; Skendžić ve ark., 2021).

3.1. Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) Uygulamaları

IPM (Entegre Zararlı Yönetimi), zararlılarla mücadelede tüm mücadele yöntemlerinin bir arada kullanıldığı mücadele şekli olarak ifade edilir. Sürdürülebilir tarım stratejisinde uygulanan bitki koruma sürecinde kontrol veya doğrudan önlemler uygulanmadan önce yapılması gereken en önemli noktalardan biri koruyucu önlemler üzerine alınacak tedbirlere odaklanmasıdır. Koruyucu uygulamalar ekonomik kayıpları önleyemediği takdirde,

doğrudan zararlı böceklerle mücadele uygulanmalıdır (Skendžić ve ark., 2021). Gıda ve Tarım Örgütü, küresel ve bölgesel düzeylerde eyleme dayalı ikili bir strateji ve hepsinden önemlisi mevcut erken tespit ve kontrol sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik önemli uygulamalar önermektedir. Bu, yeni tarım uygulamalarının geliştirilmesini ve zararlıların yayılımını kontrol altına almak için entegre zararlı yönetimi ilkelerinin uygulanmasını gerektirir (Gomez ve ark., 2020).

Yetiştiriciler ve araştırmacılar, çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirirken ürün verimini ve ekonomik getirileri en üst düzeye çıkarmak için IPM stratejileri tasarlarlar (Skendžić ve ark., 2021). Pek çok araştırmacı, değişen bir iklime sahip yeni bir çevrede zararlı yönetimi problemini ve iklim değişkenliğini tolere edecek kadar esnek olan tarımsal ekosistemleri geliştirmek için mevcut önleyici tarım uygulamalarını ve IPM stratejilerini yeniden gözden geçirme ihtiyacı olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, son yıllarda, küresel ısınmanın önemli etkilerine yanıt vermek için araştırmacıların ve tarımsal ürün yetiştiricilerinin dikkatle oluşturulmuş bu IPM stratejilerinin birçoğunu değiştirmeleri gerekeceği de tahmin edilmektedir (Barzman ve ark., 2015). Pek çok IPM programı, ekonomik veya mücadele eşikleri olarak da bilinen ekonomik verim kayıpları meydana gelmeden önce kaç zararlı böcek türü tolere edilebileceğine dair kapsamlı bilgiye dayalı kararlara odaklanmıştır. IPM, yerleşik eşiklerin kullanımının iyi sonuçlar verdiği zararlı yönetimi alanında tarihsel olarak gelişmiştir. Mücadele eşikleri, IPM'de önemli bir rol oynamasına rağmen her zaman ilişkili, yeterli veya mümkün değildir. Erken uyarı sistemleri mevcut olmadığında veya uygun olmadığında, eşiklerin kullanımı ihmal edilir (Barzman ve ark., 2015). Çevrenin bitki ve zararlı böcek türü gelişimini nasıl etkilediğini anlamak çok önemlidir. Kuraklık stresi gibi çevresel faktörler bitki koruma stratejilerini temelden etkiler. Bir tarım ürünü kuraklık karşısında stres yaşar ve bu strese bir de herbivor böceklerle mücadele eklenirse hayatta kalma başarısı tehlikeye girebilir (Lamichhane ve ark., 2015). Böceklerin daha yüksek sıcaklıklarda daha hızlı gelişmesi nedeniyle, popülasyonlar daha hızlı gelişir ve ürün zararı şu anda beklenenden daha erken gerçekleşir. Bu nedenle, tolere edilemeyecek kadar yüksek verim kayıplarını önlemek için bitki başına düşen böcek miktarına bağlı mücadele kriterleri azaltılmalıdır (Trumble ve Butler, 2009). Değişen bir iklimde tarımsal zararlıların ürünler üzerindeki etkisini azaltmak için modifiye edilmiş ürün uygulamalarına ve uyarlanabilir yönetim stratejilerine ihtiyaç vardır. Bunlar şunları içerebilir: (I) farklı ürün çeşitlerinin ekilmesi; (II) zararlı böcek salgınlarına maruz kalmayı en aza indirmek için yılın farklı zamanlarında ekim ve (III) doğal düşmanların sayısını artırmak için tarla kenarlarında biyolojik çeşitliliği artırmak (Thomson ve ark., 2010; Andrew ve Hill, 2017). Feromonların ve allelokimyasalların (bitkilerde fitotoksin olarak görev yapan sekonder metabolitlerin) kullanımı, böceklerin çevrelerini algılamalarında önemli bir yöntemdir. Biyolojik mücadele, çiftleşme davranışını bozma, cezbedici-uzaklaştırıcı stratejileri, izleme ve yakalama gibi çeşitli IPM tekniklerinde önemli rol oynarlar (Heuskin ve ark., 2011). İklim ısındıkça ve mikro iklimler daha değişken hale geldikçe, feromonların ve allelokimyasalların mevcut hallerinin kullanımının daha az etkili olması beklenmektedir ve yüksek sıcaklık koşullarında uçuculuklarını azaltmak için bir sinerjist veya başka bir adjuvan gerektirebilir (Andrew ve Hill, 2017). Ek olarak, entomopatojen virüsler, funguslar, bakteriler ve nematodlara dayalı bazı biyopestisitler, çevresel değişikliklere karşı son derece hassastır. Sıcaklıktaki bir artış ve bağıl nemdeki bir azalma, bu yönetim tekniklerinden bazılarının daha az etkili olmasına neden olabilir ayrıca sentetik kökenli

insektisitler için de benzer bir sonuç beklenir (Skendžić ve ark., 2021). Bu nedenle, yeni zararlı yönetimi stratejilerinin ve olası yeni insektisit formülasyonlarının yanı sıra cezbedici ve uzaklaştırıcıların geliştirilmesine odaklanılmalıdır. Küresel ısınmanın birçok sentetik böcek ilacının etkinliği, doğada kalıcılığı ve ayrıca zararlı böcek popülasyonlarında direncin gelişimi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Vadez ve ark., 2012). Buna ek olarak etkili biyolojik mücadele etmenlerinin kullanımının ve geleneksel genetik ıslah veya genetik mühendisliği yoluyla elde edilen zararlı böceklere dayanıklı bitki çeşitlerinin daha detaylı bilinmesi gerekmektedir (Gomez ve ark., 2020).

Ülkemizde iklim değişikliği ile mücadele sürecinde sera gazı emisyonlarının azaltılması en önemli uygulamadan biridir. Sera gazı emisyonlarının azaltılması, sürdürülebilir gıda güvenliğinin sağlanması ve ekosistem sağlığı için düşük karbonlu ve iklime dayanıklı bir dizi entegre tarım sisteminin geliştirilmesi önerilmektedir. Burada adı geçen entegrasyon kelimesi, tarımsal bir ekosistemde sera gazı emisyonlarının azaltılmasını, dayanıklılık ve sürdürülebilirlik işlevlerini geliştiren uygulamaların kullanımını ifade etmektedir. Yukarıda bahsedilen bu bütüncül önlemler sayesinde arazi yönetim sistemlerinden biyofiziksel, sosyo-kültürel ve ekonomik faydalar sağlamak amaçlanmaktadır. Bu entegre sistemler arasında agroekoloji, iklim dostu akıllı tarım, ekosistem tabanlı tarım, koruyucu tarım gibi doğa temelli çözümler de bulunmaktadır. Karbon yakalama ve depolama yeteneği bulunan orman, sulak alan, deniz ve kıyı ekosistemleri ile çayır ve tarımsal alanlar gibi bölgelerin mevcut durumlarının korunması ve iyileştirilmesi sera gazı emisyonlarının azaltılması sonucunda iklim değişikliğinin etkilerini gidermek mümkün olacaktır. Tüm bu sistemlerde hedeflenen temel amaç toprak organik miktarının artırılması, suyun etkin kullanılması, arazi kullanımlarının doğru planlanması ve biyoçeşitliliğin artırılmasıdır (Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, 2021) (<https://fliphtml5.com/epixd/xtbh/basic/>). Sonuçta, iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya tepki olarak farklı habitatların yönetiminde, böceklerin mutlaka bağımsız olarak faaliyet göstermeyen çok sayıda antropojenik stresle karşı karşıya olduğu dikkate alınmalıdır (Wagner ve ark., 2021; Harvey ve ark., 2023). Bu nedenle, habitat kaybı ve parçalanması, istilacı türler, yoğun tarım uygulamaları, çeşitli kirlilik biçimleri (örneğin sentetik pestisitler ve gübre) ve diğer stresler gibi faktörlerin koruma yönetimi yaklaşımlarına tam olarak entegre edilmesi önemlidir. Böceklerdeki azalma ancak bu şekilde dengelenebilir veya tersine çevrilebilir (Skendžić ve ark., 2021; Hof, 2021).

3.2. Yoğunluk ve Dağılımın İzlenmesi

İklim değişikliğinin zararlı böcek türlerinin popülasyon dinamiklerini değiştirip değiştirmediğini belirlemenin en önemli ön koşullarından biri uzun vadeli verilerin olmasıdır (Yamamura ve Kiritani, 1998). Bu önemli temel veriler olmadan, değişen iklim rejimleri altında zararlı böcek türü popülasyonlarındaki değişiklikleri tam olarak değerlendirmek ve ayrıca gelecekteki popülasyon dinamiklerini tahmin etmek son derece zordur (Andrew ve Hill, 2017). Özellikle iklim değişikliğine duyarlı bölgelerdeki zararlı böcek popülasyonlarının ve davranışlarının uzun vadeli izlenmesi, iklim değişikliğine biyolojik tepkiler için ilk ipuçlarından bazıları sağlayabilir. Vektörlerin, hastalıkların ve konukçu popülasyonların dinamiklerinde meydana gelen değişiklikler normalde buldukları bölgede nasıl izleniyorsa, coğrafi dağılımlarında benzer şekilde izlenmesi gerekmektedir. İklim değişikliğinin de etkisiyle dünyanın birçok yerinde yeni istilacı türler ortaya çıkmaktadır. İstilacı türlerin yeni coğrafi bölgelerde ekonomik açıdan zararlı hale gelmesini önlemek amacıyla etkili izleme ve yönetim

sistemlerine ihtiyaç vardır (Heeb ve ark., 2019). Sonuç olarak hem zararlı kontrolünde hem de biyogüvenliğe uyarlanabilir çözümlere ihtiyaç duyulacaktır.

Tespit, tahmin, fiziksel, kimyasal ve biyolojik mücadele gibi zararlı yönetim stratejileri, iklim değişikliğine yanıt olarak zararlılarla mücadele için kullanılabilir (Heeb ve ark., 2019). Pek çok zararlı böcek türünün göç etme doğası nedeniyle, izleme ve risk değerlendirmesinin etkili olabilmesi için küresel bir yönetim yaklaşımına ihtiyaç vardır. Böcekler, istilacı yabancı türler, hastalıklar, ekolojik koşullar ve hava durumu verileri de dahil bu önemli veriler bölgeler arasındaki bilgi paylaşımı için küresel bir sisteme ihtiyaç vardır. Bu nedenle, ulusal, bölgesel ve küresel kuruluşlar dahil olmak üzere ülkeler ve bölgeler arasındaki iş birliğini geliştirmek önemlidir (Perrings ve ark., 2010). İstilacı tür yönetimi için, ABD Tarım Bakanlığı'nın (USDA) Erken Uyarı ve Hızlı Müdahale Programı ile Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü'nün (EPPO) IAS Erken Uyarı ve Bilgi Sistemi tarafından gösterildiği gibi, giriş noktası izleme ve hızlı yok etme uygulamalarına odaklanmaya devam edecektir (Joyce ve ark., 2013; Skendžić ve ark., 2021). Ek olarak, çiftçiler, iklim ve zararlı risk tahmini hakkındaki bilgileri izleyerek, beklenen zararlı sorunlarının gelişimini ve artışı azaltmak amacıyla önleyici özel zararlı böcek mücadele uygulamalarını da benimseyebilirler (Heeb ve ark., 2019).

3.3. İklim Tahmin Modeli Geliştirme

Dünyadaki ortalama sıcaklık ve diğer iklim parametrelerindeki değişikliklerin heterojenliği nedeniyle, belirli ulusal veya küresel iklim değişikliği senaryoları için önceden iklim değişikliği uyum stratejileri tasarlamak imkansızdır. İklim değişikliğine uyum stratejileri, tarımsal üretimin tüm yönlerini dikkate alan entegre bir stratejinin bileşenlerinden biri olmalıdır. Zararlı yönetimi stratejileri, bölgesel iklim değişikliğini ve onun belirsizliklerini tolere etmelidir. Bu strateji, yeni çevresel koşullar altında zararlı yönetimi için adaptasyon önlemleri tasarlarken zararlı yönetimi personelini bilgilendirmede yararlı bir araç olabilir (Sutherst ve ark., 2011). İklim modelleri, belirli bir zararlı böcek türünün çevresel ihtiyaçları ile eşleştirildiğinde, küresel ölçekte potansiyel değişiklik aralığını tahmin etmek için yararlı bir araç olabilir. Bu nedenle, bir böcek istilasının sonuçlarını tahmin etme kapasitesi, konukçu bitkinin iklim değişikliğine tepkileri ve zararlı böcek riskinin modellenmesiyle geliştirilebilir (Raza ve ark., 2015). Zararlı böcek türlerinin genel olarak dağılımı, öncelikle ekolojik niş modelleri (ENM'ler) ile tahmin edilmektedir. En sık kullanılan bağıntılı modeller MaxEnt, Bioclim, Random Forest, vb. modellerdir (Kumar ve ark., 2014). CLIMEX, belirli türler için uygun habitatlar veya bölgeler hakkında tahminler yaparak türlerin fizyolojik ve davranışsal parametrelerini ve iklim değişkenlerinin değerlerini kullanan yarı mekanik modelleme yazılım aracına iyi bir örnektir (Kriticos ve ark., 2015). Ek olarak, yukarıda açıklanan modellerin geliştirilmesiyle birlikte iklim ve tarihsel hava kayıtlarının kapsamlı analizi, zararlı böcek risklerinin tahmin edilmesini kolaylaştıracaktır. Buda, değişen bir iklimde zararlı böceklerin önlenmesi ve mücadelesi için proaktif stratejilerin geliştirilmesini sağlayabilir (Skendžić ve ark., 2021; Wellenreuther ve ark., 2022).

Sonuç

İklim değişikliği karşısında tarım zararlısı böcekler özellikle gıda güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu sorunu çözmek için etkili yönetim stratejileri uygulanmalıdır. İklim değişikliği böceklerin dağılımlarını ve davranışlarını etkilemektedir. Bu nedenle böceklerin iklim değişikliği karşısında göstermiş olduğu tepkiyi anlayabilmemiz için onların biyolojisini ve davranışlarını daha yakından incelememiz çok önemlidir. Zararlı popülasyonlarındaki değişikliklerin geleneksel yöntemler, uzaktan algılama teknolojileri ile izlenmesi, zamanında müdahale için çok önemlidir. Pestisitlere bağımlılığı en aza indirmek ve çevresel etkiyi azaltmak için kültürel, biyolojik ve kimyasal yöntemleri birleştiren Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) stratejileri kullanılmalıdır. Geçmiş kayıtlara ve uzaktan algılama verilerine dayanan tahmin sistemleri, erken uyarılar sağlayabilir ve zararlı böcek salgınının azaltılmasına yardımcı olabilir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak meydana gelebilecek bir başka olumsuz sonuç da biyolojik mücadele etmenlerinin- doğal düşmanlarının etkinliğinin azalmasıdır ve bu durum, gelecekteki zararlı böceklerle mücadele programlarında önemli bir sorun olabilir. İklim değişikliği faktörleri (zararlı istilası ve tarımsal ürünlerin zarar görmesi gibi) olumsuz koşullara ulaştığında önemli ekonomik kayıplara neden olur ve gıda güvenliği bakımından da oldukça büyük bir sorun oluşturabilir. Zararlı böceklere ve kuraklığa dayanıklı ürünlerin geliştirilmesi, gıda güvenliğini artırabilir ve kimyasal kontrollere olan bağımlılığı azaltabilir. Başarılı bir etkin zararlı yönetimi için çiftçileri, toplulukları ve paydaşları eğitmek ve sürece dahil etmek çok önemlidir. Bu tavsiyeleri uygulayarak ürünün zarar görme riski azaltılabilir, gıda güvenliği iyileştirebilir ve değişen iklimde tarımı koruyabiliriz.

Teşekkür

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamıştır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abram, P.K., Boivin, G., Moiroux, J. and Brodeur, J. 2017. Behavioural effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioural plasticity. *Biological Reviews*, 92(4): 1859–1876.
- Ahmed S.S., Liu S.D. and Simon, J.C. 2017. Impact of water-deficit stress on tritrophic interactions in a wheat-aphid-parasitoid system. *Plos One*, 12(10): e0186599.
- Alexandratos, N. and J. Bruinsma. 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working, FAO, Rome, 12-03.
- Altermatt, F. 2010. Climatic warming increases voltinism in european butterflies and moths. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1685): 1281–1287.

- Andrew, N.R. and Hill, S.J. 2017. *Effect of Climate Change on Insect Pest Management*, In Environmental Pest Management, Wiley, pp: 195–223.
- Arnell, N.W., Lowe, J.A., Challinor, A.J. and Osborn, T.J. 2019. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, 155(3): 377–391.
- Asseng, S., Foster, I. and Turner, N.C. 2011. The impact of temperature variability on wheat yields. *Global Change Biology*, 17(2): 997–1012.
- Bacon, S.J., Aebi, A., Calanca, P. and Bacher, S. 2014. Quarantine arthropod invasions in Europe: the role of climate, hosts and propagule pressure. *Diversity and Distributions*, 20(1): 84–94.
- Bale, J.S. 1993. Classes of insect cold hardiness. *Functional ecology (Print)*, 7(6): 751–753.
- Bale, J.S. and Hayward, S.A.L. 2010. Insect overwintering in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*, 213(6): 980–994.
- Bale, J.S., Masters, G.J., Hodkinson, I.D., Awmack, C., Bezemer, T.M., Brown, V.K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J.C., Farrar, J., Good, J.E.G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T.H., Lindroth, R.L., Press, M.C., Symrnioudis, I., Watt, A.D. and Whittaker, J.B. 2002. Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1): 1–16.
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A.N.E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J.E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J.R., Messéan, A., Moonen, A.C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.L. and Sattin, M. 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4): 1199–1215.
- Battisti, D.S. and Naylor, R.L. 2009. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. *Science*, 323(5911): 240–244.
- BCS, 2018. Invasive alien species: The application of classical biological control for the management of established invasive alien species causing environmental impacts. Convention on Biological Diversity, 17–29 November 2018, Sharm El-Sheikh, Egypt, 88p.
- Bernays, E.A. 1997. Feeding by lepidopteran larvae is dangerous. *Ecological Entomology*, 22(1): 121–123.
- Bhargava, S. and Mitra, S. 2021. Elevated atmospheric CO₂ and the future of crop plants. *Plant Breeding*, 140(1): 1–11.
- Burkett, C.N.D. and Vittor, A.Y. 2018. Deforestation and vector-borne disease: Forest conversion favors important mosquito vectors of human pathogens. *Basic and Applied Ecology*, 26: 101–110.
- Cannon, R.J.C. 1998. The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biology*, 4(7): 785–796.
- Chevin, L.M., Lande, R. and Mace, G.M. 2010. Adaptation, plasticity, and extinction in a changing environment: towards a predictive theory. *PLoS biology*, 8(4): e100357.
- Cini, A., Anfora, G., Escudero, C.L.A., Grassi, A., Santosuosso, U., Seljak, G. and Papini, A. 2014. Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Pest Science*, 87(4): 559–566.

- Dáder, B., Fereres, A., Moreno, A. and Trębicki, P. 2015. Elevated CO₂ impacts bell pepper growth with consequences to *Myzus persicae* life history, feeding behaviour and virus transmission ability. *Scientific Reports*, 6: 19120.
- Dai, A. 2011. Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1): 45–65.
- Dai, A., Zhao, T. and Chen, J. 2018. Climate Change and Drought: a Precipitation and Evaporation Perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(3): 301–312.
- Dell, D., Sparks, T.H. and Dennis, R.L.H. 2005. Climate change and the effect of increasing spring temperatures on emergence dates of the butterfly *Apatura iris* (Lepidoptera: Nymphalidae). *European Journal of Entomology*, 102(2): 161–167.
- DeLucia, E.H., Nability, P.D., Zavala, J.A. and Berenbaum, M.R. 2012. Climate change: Resetting plant-insect interactions. *Plant Physiology*, 160(4): 1677–1685.
- Deshar, R. and Koirala, M. 2019. *Global Climate Change and Environmental Policy: Agriculture Perspectives: Climate change and gender policy*, Venkatramanan, V., Shah, S. and Prasad, R., Springer, Singapore, p:411–422.
- Dinç, S.Ö., Künili, İ.E. and Çolakoğlu, F. 2022. İklim Değişimi Sürecinin Sürdürülebilir ve Güvenli Gıda Üretimine Etkisi. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36(2): 447–460.
- Draper, A.M. and Weissburg, M.J. 2019. Impacts of global warming and elevated CO₂ on sensory behavior in predator-prey interactions: A review and synthesis. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7 (MAR): 428445.
- Edosa, T.T., Jo, Y.H., Keshavarz, M., Anh, Y.S., Noh, M.Y. and Han, Y.S. 2019. Current status of the management of fall webworm, *Hyphantria cunea*: Towards the integrated pest management development. *Journal of Applied Entomology*, 143(1–2): 1–10.
- Eigenbrode, S.D. and Trumble, J.T. 1994. Host plant resistance to insects in integrated pest management in vegetable crops. *Journal of Agriculture Entomology*, 11(3): 201-224
- Evans, E.W., Carlile, N.R., Innes, M.B. and Pitigala, N. 2013. Warm springs reduce parasitism of the cereal leaf beetle through phenological mismatch. *Journal of Applied Entomology*, 137(5): 383–391.
- Field, C.B., V.R. Barros, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, M.K. Abdrabo, N. Adger, Y.A. Anokhin, O.A. Anisimov, D.J. Arent, J. Barnett, 2014. *Summary for policymakers, in: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York, USA, pp:1–32.
- Fischer, G., Tubiello, F.N., van Velthuisen, H. and Wiberg, D.A. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990-2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7): 1083–1107.

- Frank, S.D. 2021. Review of the direct and indirect effects of warming and drought on scale insect pests of forest systems. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 94(2): 167–180.
- Fróna, D., Szenderák, J. and Harangi-Rákos, M. 2019. The challenge of feeding the world. *Sustainability*, 11(20): 5816
- Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97(1–3): 1–20.
- Gill, H.K., Goyal, G. and Chahil, G. 2017. Insect Diapause: A Review. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 7 (7).
- Gomez Z.A., Mejuto, J.C. and Simal, G.J. 2020. Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. *Food Research International*, 134: 109256.
- González, T.D., Córdoba, A.A., Dáttilo, W., Lira, N.A., Sánchez, G.R.A. and Villalobos, F. 2020. Insect responses to heat: physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews*, 95(3): 802–821.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K. and Wiltshire, A. 2010. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554): 2973–2989.
- Gregory, P.J., Johnson, S.N., Newton, A.C. and Ingram, J.S.I. 2009. Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. *Journal of Experimental Botany*, 60(10): 2827–2838.
- Guo, H., Sun, Y., Ren, Q., Zhu, S.K., Kang, L., Wang, C., Li, C. and Ge, F. 2012. Elevated CO₂ reduces the resistance and tolerance of tomato plants to *Helicoverpa armigera* by suppressing the JA signaling pathway. *PLoS ONE*, 7(7): e41426.
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Konzmann, M., Ludwig, F., Masaki, Y., Schewe, J., Stacke, T., Tessler, Z.D., Wada, Y. and Wisser, D. 2014. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9): 3251–3256.
- Hahn, D.A. and Denlinger, D.L. 2011. Energetics of insect diapause. *Annual Review of Entomology*, 56: 103–121.
- Hamilton, J.G., Dermody, O., Aldea, M., Zangerl, A.R., Rogers, A., Berenbaum, M.R. and DeLucia, E.H. 2005. Anthropogenic changes in tropospheric composition increase susceptibility of soybean to insect herbivory. *Environmental Entomology*, 34(2): 479–485.
- Harrington, R., Clark, S.J., Welham, S.J., Verrier, P.J., Denholm, C.H., Hullé, M., Maurice, D., Rounsevell, M.D. and Cocu, N. 2007. Environmental change and the phenology of European aphids. *Global Change Biology*, 13(8): 1550–1564.

- Harrington, R., Fleming, R.A. and Woiwod, I.P. 2001. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: Can they be predicted?. *Agricultural and Forest Entomology*, 3(4): 233–240.
- Harrington, R., Woiwod, I., and Sparks, T. 1999. Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology and Evolution*, 14(4): 146–150.
- Harvey, J.A., Tougeron, K., Gols, R., Heinen, R., Abarca, M., Abram, P.K., Basset, Y., Berg, M., Boggs, C., Brodeur, J., Cardoso, P., de Boer, J.G., de Snoo, G.R., Deacon, C., Dell, J.E., Desneux, N., Dillon, M.E., Duffy, G.A., Dyer, L.A., Ellers, J., Espíndola, A., Fordyce, J., Forister, M.L., Fukushima, C., Gage, M.J.G., García, R.C., Gely, C., Gobbi, M., Hallmann, C., Hance, T., Harte, J., Hochkirch, A., Hof, C., Hoffmann, A.A., Kingsolver, J.G., Lamarre, G.P.A., Laurance, W.F., Lavandero, B., Leather, S.R., Lehmann, P., Le Lann, C., López-Urbe, M.M., Ma, C., Ma, G., Moiroux, J., Monticelli, L., Nice, C., Ode, P.J., Pincebourde, S., Ripple, W.J., Rowe, M., Samways, M.J., Sentis, A., Shah, A.A., Stork, N., Terblanche, J.S., Thakur, M.P., Thomas, M.B., Tylianakis, J.M., Van Baaren, J., Van de Pol, M., Van der Putten, W.H., Van Dyck, H., Verberk, W.C.E.P., Wagner, D.L., Weisser, W.W., Wetzell, W.C., Woods, H.A., Wyckhuys, K.A.G. and Chown, S.L. 2023. Scientists' warning on climate change and insects. *Ecological Monographs*, 93(1): e1553.
- Heeb, L., Jenner, E. and Cock, M.J.W. 2019. Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats. *Journal of Pest Science*, 92(3): 951–969.
- Heuskin, S., Verheggen, F.J., Haubruge, E., Wathélet, J.P. and Lognay, G. 2011. The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 15(3): 459–470.
- Hill, D.S. 1987. Agricultural insect pests of temperate regions and their control. Stony Brook University Published, 672p.
- Hill, M.P. and Thomson, L.J. 2015. Species distribution modelling in predicting response to climate change. *Climate Change and Insect Pests*. CABI, p:16–37.
- Hof, C. 2021. Towards more integration of physiology, dispersal and land-use change to understand the responses of species to climate change. *Journal of Experimental Biology*, 224(1): jeb238352.
- Holley, J.M. 2022. Enhancing yield, nutrition, and water-use efficiency of lettuce (*Lactuca sativa*) with greenhouse light spectrum and carbon dioxide enrichment. *Horticulturae*. 8(9): 820.
- Howden, S.M., Soussana, J.F., Tubiello, F.N., Chhetri, N., Dunlop, M. and Meinke, H. 2007. Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50): 19691–19696.
- Höhn, J.G. and Rötter, R.P. 2014. Impact of global warming on European cereal production. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 9: 022.
- Huntington, T.G. 2010. Climate warming-induced intensification of the hydrologic cycle. An assessment of the published record and potential impacts on agriculture. *Advances in Agronomy*, 109(C): 1–53.

- Johnson, S.N., Anderson, E.A., Dawson, G. and Griffiths, D.W. 2008. Varietal susceptibility of potatoes to wireworm herbivory. *Agricultural and Forest Entomology*, 10(2): 167–174.
- Joyce, L.A., Briske, D.D., Brown, J.R., Polley, H.W., McCarl, B.A. and Bailey, D.W. 2013. Climate change and North American Rangelands: assessment of mitigation and adaptation strategies. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5): 512–528.
- Kang, Y., Khan, S. and Ma, X. 2009. Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security- A review. *Progress in Natural Science*, 19(12): 1665–1674.
- Kimball, B.A. 1983. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. *Agronomy Journal*, 75(5): 779–788.
- Kimball, B.A. 2016. Crop responses to elevated CO₂ and interactions with H₂O, N, and temperature. *Current Opinion in Plant Biology*, 31: 36–43.
- Kiritani, K. 2006. Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Population Ecology*, 48(1): 5–12.
- Kocmánková, E., Trnka, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Dubrovský, M., Semerádová, D., Āalud, Z., Juroch, J. and Možný, M. 2010. Estimating the impact of climate change on the occurrence of selected pests in the central European region. *Climate Research*, 44(1): 95–105.
- Kriticos, D.J., Maywald, G.F., Yonow, T., Zurcher, E.J., Herrmann, N.I. and Sutherst, R. 2015. *Exploring the effects of climate on plants, animals and diseases. CLIMEX Version, 4: Exploring the effects of climate on plants, animals and diseases*. CSIRO, Canberra, 156 p.
- Kumar, S., Neven, L.G. and Yee, W.L. 2014. Evaluating correlative and mechanistic niche models for assessing the risk of pest establishment. *Ecosphere*, 5(7): 1–23.
- Lamichhane, J.R., Barzman, M., Booij, K., Boonekamp, P., Desneux, N., Huber, L., Kudsk, P., Langrell, S.R.H., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J.L. and Messéan, A. 2015. Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2): 443–459.
- Lehmann, P., Ammunét, T., Barton, M., Battisti, A., Eigenbrode, S.D., Jepsen, J.U., Kalinkat, G., Neuvonen, S., Niemelä, P., Terblanche, J.S., Økland, B. and Björkman, C. 2020. Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(3): 141–150.
- Lesk, C., Anderson, W., Rigden, A., Coast, O., Jägermeyr, J., McDermid, S., Davis, K.F. and Konar, M. 2022. Compound heat and moisture extreme impacts on global crop yields under climate change. *Nature Reviews Earth and Environment*, 3(12): 872–889.
- Liliane, T.N., Charles, M.S., Liliane, T.N. and Charles, M.S. 2020. *Factors Affecting Yield of Crops. Agronomy - Climate Change and Food Security*. Intechopen, Budapest, Hungary, 16p.
- Lin, H.I., Yu, Y.Y., Wen, F.I. and Liu, P.T. 2022. Status of Food Security in East and Southeast Asia and Challenges of Climate Change. *Climate*, 10(3): 40.

- Liu, Y. and Shi, J. 2020. Predicting the Potential Global Geographical Distribution of Two *Icerya* Species under Climate Change. *Forests*, 11(6): 684.
- Lobell, D.B., Bänziger, M., Magorokosho, C. and Vivek, B. 2011a. Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials. *Nature Climate Change*, 1(1): 42–45.
- Lobell, D.B., Schlenker, W. and Costa, R. J. 2011b. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042): 616–620.
- Mandal, P., Mondal, F. and Protec, H.M.S. 2020. Factors influences selection and adaptation of aphid to their host plant. *Journal of Plant Sciences and Crop Protection*, 3(1): 102.
- Martín, V.D., Ferrero, G.J.J. and Torres, V.L.M. 2010. Global warming affects phenology and voltinism of *Lobesia botrana* in Spain. *Agricultural and Forest Entomology*, 12(2): 169–176.
- Masters, G. and Norgrove, L. 2010. Climate change and invasive alien species. *CABI Working Paper 1*, 30pp.
- McWatters, H.G. and Saunders, D.S. 1998. Maternal temperature has different effects on the photoperiodic response and duration of larval diapause in blow fly (*Calliphora vicina*) strains collected at two latitudes. *Physiological Entomology*, 23(4): 369–375.
- Menéndez, R., González-Megías, A., Collingham, Y., Fox, R., Roy, D.B., Ohlemüller, R. and Thomas, C.D. 2007. Direct and indirect effects of climate and habitat factors on butterfly diversity. *Ecology*, 88(3): 605–611.
- Menéndez, R., González, M.A., Lewis, O.T., Shaw, M.R. and Thomas, C.D. 2008. Escape from natural enemies during climate-driven range expansion: a case study. *Ecological Entomology*, 33(3): 413–421.
- Metz, B., Davidson, O., Swart, R. and Pan, J. 2001. *Climate change 2001: mitigation: contribution of Working Group III to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University press, United states of America, 762p.
- Meynard, C.N., Migeon, A. and Navajas, M. 2013. Uncertainties in predicting species distributions under climate change: A case study using *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae), a widespread agricultural pest. *PLoS One*, 8(6): e66445.
- Myers, S., Fanzo, J., Wiebe, K., Huybers, P. and Smith, M. 2022. Current guidance underestimates risk of global environmental change to food security. *The BMJ*, 378: e071533.
- Nechols, J.R. 2021. The potential impact of climate change on non-target risks from imported generalist natural enemies and on biological control. *BioControl*, 66(1): 37–44.
- Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., Blackwell, E., Henschke, P., Hietz, P., Pennerstorfer, J., Rosner, S., Kikuta, S., Schume, H. and Schopf, A. 2015. Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack?. *New Phytologist*, 205: 1128–1141.
- Netherer, S., Panassiti, B., Pennerstorfer, J. and Matthews, B. 2019. Acute drought is an important driver of bark beetle infestation in austrian norway spruce stands. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2: 465067.

- Nyamukondiwa, C., Machezano, H., Chidawanyika, F., Mutamiswa, R., Ma, G. and Ma, C. Sen. 2022. Geographic dispersion of invasive crop pests: the role of basal, plastic climate stress tolerance and other complementary traits in the tropics. *Current Opinion in Insect Science*, 50: 100878.
- O'Neill, B.F., Zangerl, A.R., DeLucia, E.H. and Berenbaum, M.R. 2008. Longevity and fecundity of Japanese beetle (*Popillia japonica*) on foliage grown under elevated carbon dioxide. *Environmental Entomology*, 37(2): 601–607.
- Olesen, J.E. and Bindu, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4): 239–262.
- Pachauri, R.K. and Reisinger, A. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report on Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 104p.
- Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., Dubash, N.K., Edenhofer, O., Elgizouli, I., Field, C.B., Forster, P., Friedlingstein, P., Fuglestedt, J., Gomez, E.L., Hallegatte, S., Hegerl, G., Howden, M., Jiang, K., Jimenez, C.B., Kattsov, V., Lee, H., Mach, K.J., Marotzke, J., Mastrandrea, M.D., Meyer, L., Minx, J., Mulugetta, Y., O'Brien, K., Oppenheimer, M., Pereira, J.J., Pichs-Madruga, R., Plattner, G.K., Pörtner, H.O., Power, S.B. , Preston, B. , Ravindranath, N.H., Reisinger, A., Riahi, K., Rusticucci, M., Scholes, R., Seyboth, K., Sokona, Y., Stavins, R., Stocker, T.F., Tschakert, P , van Vuuren, D. and van Ypserle, J.P. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 151p.
- Pareek, A., Meena, B., Sharma, S., Tatarwal, M., Kalyan, R. and Meena, B. 2017. Impact of climate change on insect pests and their management strategies. *Climate change and sustainable agriculture*. New India Publishing Agency, p:253-286.
- Parmesan, C. 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, 13(9): 1860–1872.
- Parmesan, C. and Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421(6918): 37–42.
- Pathak, H., Aggarwal, P.K. and Singh, S.D. 2012. Climate change impact, adaptation and mitigation in agriculture: methodology for assessment and applications. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 302p.
- Pathak, H., Bhatia, A., Jain, N. and Aggarwal P.K. 2014. *Greenhouse gas emission from Indian agriculture: trends, mitigation and policy needs*. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi-110012, 39p.
- Pathania, M., Verma, A., Singh, M., Arora, P.K. and Kaur, N. 2020. Influence of abiotic factors on the infestation dynamics of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius 1889) in cotton and its management strategies in North-Western India. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(4): 969–981.

- Peng, S., Huang, J., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S. and Cassman, K.G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(27): 9971–9975.
- Peng, W., Ma, N.L., Zhang, D., Zhou, Q., Yue, X., Khoo, S.C., Yang, H., Guan, R., Chen, H., Zhang, X., Wang, Y., Wei, Z., Suo, C., Peng, Y., Yang, Y., Lam, S.S. and Sonne, C. 2020. A review of historical and recent locust outbreaks: Links to global warming, food security and mitigation strategies. *Environmental Research*, 191: 110046.
- Perrings, C., Burgiel, S., Lonsdale, M., Mooney, H. and Williamson, M. 2010. International cooperation in the solution to trade-related invasive species risks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195: 198–212.
- Pingali, P. and Abraham, M. 2022. Food systems transformation in Asia – A brief economic history. *Agricultural Economics (United Kingdom)*, 53(6): 895–910.
- Poyet, M., Le Roux, V., Gibert, P., Meirland, A., Prévost, G., Eslin, P. and Chabrerie, O. 2015. The wide potential trophic niche of the asiatic fruit fly *Drosophila suzukii*: the key of its invasion success in temperate Europe?. *Plos One*, 10(11): e0142785.
- Prentice, I.C., Farquhar, G.D., Fasham, M.J.R., Goulden, M.L., Heimann, M., Jaramillo, V.J., Kheshgi, H.S., Le Quéré, C., Scholes, R.J. and Wallace, D.W.R. 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Linden, P.J.V.D., Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A., Cambridge University Press, pp:183- 237.
- Priya, M., Sharma, L., Kaur, R., Bindumadhava, H., Nair, R.M., Siddique, K.H.M. and Nayyar, H. 2019. GABA (γ -aminobutyric acid), as a thermo-protectant, to improve the reproductive function of heat-stressed mungbean plants. *Scientific Reports*, 9(1): 7788.
- Purcell, C., Batke, S.P., Yiotis, C., Caballero, R., Soh, W.K., Murray, M. and McElwain, J.C. 2018. Increasing stomatal conductance in response to rising atmospheric CO₂. *Annals of Botany*, 121(6): 1137–1149.
- Raza, M.M., Khan, M.A., Arshad, M., Sagheer, M., Sattar, Z., Shafi, J., Haq, E. ul, Ali, A., Aslam, U., Mushtaq, A., Ishfaq, I., Sabir, Z. and Sattar, A. 2015. Impact of global warming on insects. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48(1): 84–94.
- Rehman, F.U., Abbas, M., Murtaza, S., Butt, W.H., Rehman, S. and Qamar, U. 2018. SimFiller. similarity-based missing values filling algorithm. 13th International Conference on Digital Information Management, 24-26 Sep 2018, Berlin, Germany, p:77–81.
- Ricciardi, A. 2013 *Ecological Systems*. Springer, New York, US, pp: 161–178.
- Ripple, W.J., Wolf, C., Gregg, J.W., Levin, K., Rockström, J., Newsome, T.M., Betts, M.G., Huq, S., Law, B.E., Kemp, L., Kalmus, P. and Lenton, T.M. 2022. World Scientists’ Warning of a Climate Emergency 2022. *BioScience*, 72(12): 1149–1155.
- Robbins, Z.J., Xu, C., Aukema, B.H., Buotte, P.C., Chitra-Tarak, R., Fettig, C.J., Goulden, M.L., Goodsman, D.W., Hall, A.D., Koven, C.D., Kueppers, L.M., Madakumbura, G.D., Mortenson, L.A., Powell, J.A. and

- Scheller, R.M. 2022. Warming increased bark beetle-induced tree mortality by 30% during an extreme drought in California. *Global Change Biology*, 28(2): 509–523.
- Robinet, C. and Roques, A. 2010. Direct impacts of recent climate warming on insect populations. *Integrative Zoology*, 5(2): 132–142.
- Robinson, E.A., Ryan, G.D. and Newman, J.A. 2012. A meta-analytical review of the effects of elevated CO₂ on plant-arthropod interactions highlights the importance of interacting environmental and biological variables. *New Phytologist*, 194(2): 321–336.
- Santana, P.A., Kumar, L., Da Silva, R.S. and Picanço, M.C. 2019. Global geographic distribution of *Tuta absoluta* as affected by climate change. *Journal of Pest Science*, 92(4): 1373–1385.
- Santos, P.L., Cordery, I. and Iacovides, I. 2009. *Coping with water scarcity*, Springer Dordrecht, 382p.
- Schroeder, J.B., Gray, M.E., Ratcliffe, S.T., Estes, R.E. and Long, S.P. 2006. Effects of elevated CO₂ and O₃ on a variant of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 35(3): 637–644.
- Sconiers, W.B. and Eubanks, M.D. 2017. Not all droughts are created equal? The effects of stress severity on insect herbivore abundance. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(1): 45–60.
- Sharma, H.C., Srivastava, C.P., Durairaj, C. and Gowda, C.L.L. 2010. Pest management in grain legumes and climate change. *Climate Change and Management of Cool Season Grain Legume Crops*, 9789048137091: 115–139.
- Sharma, H.C., War, A.R., Pathania, M., Sharma, S.P., Akbar, S.M.D. and Munghate, R.S. 2016. Elevated CO₂ influences host plant defense response in chickpea against *Helicoverpa armigera*. *Arthropod-Plant Interactions*, 10(2): 171–181.
- Shrestha, S. 2019. Effects of climate change in agricultural insect pest. *Acta Scientific Agriculture*, 3 (12): 74–80.
- Simberloff, D. 2009. The role of propagule pressure in biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1): 81–102.
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I.P., Lešić, V. and Lemić, D. 2021. The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5): 440.
- Snell, R.E.C., Kobiela, Megan E., Sikkink, , Kristin L. and Shephard, A.M. 2018. Mechanisms of Plastic Rescue in Novel Environments. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49(1): 331–354.
- Staley, J.T., Hodgson, C.J., Mortimer, S.R., Morecroft, M.D., Masters, G.J., Brown, V.K. and Taylor, M.E. 2007. Effects of summer rainfall manipulations on the abundance and vertical distribution of herbivorous soil macro-invertebrates. *European Journal of Soil Biology*, 43(3): 189–198.
- Streck, N.A. 2005. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. *Ciência Rural*, 35(3): 730–740.

- Subedi, B., Poudel, A. and Aryal, S. 2023. The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14: 100733.
- Sutherst, R.W., Constable, F., Finlay, K.J., Harrington, R., Luck, J. and Zalucki, M.P. 2011. Adapting to crop pest and pathogen risks under a changing climate. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(2): 220–237.
- Tai, A.P.K., Martin, M.V. and Heald, C.L. 2014. Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution. *Nature Climate Change*, 4(9): 817–821.
- Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (2021). İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Duyuru/428/Iklim-Degisikligi-Ve-Tarim-Degerlendirme-Raporu> (Erişim tarihi: 27.01.2024).
- Tauber, M.J., Tauber, C.A. and Masaki, S. 1986. *Seasonal adaptations of insects*. Oxford University Press, United States of America, 411p.
- Thomson, L.J., Macfadyen, S. and Hoffmann, A.A. 2010. Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. *Biological Control*, 52(3): 296–306.
- Thornton, P.K., Ericksen, P.J., Herrero, M. and Challinor, A.J. 2014. Climate variability and vulnerability to climate change: A review. *Global Change Biology*, 20(11): 3313–3328.
- Timmer, C.P. 2012. Behavioral dimensions of food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(31): 12315–12320.
- Tobin, P.C., Nagarkatti, S., Loeb, G., and Saunders, M.C. 2008. Historical and projected interactions between climate change and insect voltinism in a multivoltine species. *Global Change Biology*, 14(5): 951–957.
- Trębicki, P., Vandegeer, R.K., Bosque, P.N.A., Powell, K.S., Dader, B., Freeman, A.J., Yen, A.L., Fitzgerald, G.J. and Luck, J.E. 2016. Virus infection mediates the effects of elevated CO₂ on plants and vectors. *Scientific Reports*, 6(1): 1–11.
- Trumble, J.T. and Butler, C.D. 2009. Climate change will exacerbate California's insect pest problems. *California Agriculture*, 63(2): 73–78.
- Vadez, V., Berger, J.D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K.P.C., Gaur, P.M., Munier, J.N., Larmure, A., Voisin, A.S., Sharma, H.C., Pande, S., Sharma, M., Krishnamurthy, L. and Zaman, M.A. 2012. Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1): 31–44.
- van Doan, C., Pfander, M., Guyer, A.S., Zhang, X., Maurer, C. and Robert, C.A.M. 2021. Natural enemies of herbivores maintain their biological control potential under short-term exposure to future CO₂, temperature, and precipitation patterns. *Ecology and Evolution*, 11(9): 4182–4192.
- Vander, Z.M.J. 2005. The success of animal invaders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(20): 7055–7056.

- Vanhanen, H. 2008. *Invasive insects in Europe the role of climate change and global trade*. Dissertations Forestales 57, Helsinki, Finland, 33p.
- Verberk, W.C.E.P., Atkinson, D., Hoefnagel, K.N., Hirst, A.G., Horne, C.R. and Siepel, H. 2021. Shrinking body sizes in response to warming: explanations for the temperature–size rule with special emphasis on the role of oxygen. *Biological Reviews*, 96(1): 247–268.
- Vermeij, G.J. 1996. An agenda for invasion biology. *Biological Conservation*, 78(1–2): 3–9.
- Wagner, D.L., Fox, R., Salcido, D.M. and Dyer, L.A. 2021. A window to the world of global insect declines: Moth biodiversity trends are complex and heterogeneous. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2): e2002549117.
- Walther, G.R., Roques, A., Hulme, P.E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta, D.Z. and Bugmann, H. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(12): 686–693.
- Wang, D., Heckathorn, S.A., Barua, D., Joshi, P., Hamilton, E.W. and LaCroix, J.J. 2008. Effects of elevated CO₂ on the tolerance of photosynthesis to acute heat stress in C3, C4, and CAM species. *American Journal of Botany*, 95(2): 165–176.
- Wang, L., Hui, C., Sandhu, H.S., Li, Z. and Zhao, Z. 2015. Population dynamics and associated factors of cereal aphids and armyworms under global change. *Scientific Reports*, 5: 18801.
- Wang, Z., Wang, C. and Liu, S. 2022. Elevated CO₂ alleviates adverse effects of drought on plant water relations and photosynthesis: A global meta-analysis. *Journal of Ecology*, 110(12): 2836–2849.
- Wang, Z., Hu, X., Kang, W., Qu, Q., Feng, R. and Mu, L. 2023. Interactions between dissolved organic matter and the microbial community are modified by microplastics and heat waves. *Journal of Hazardous Materials*, 448: 130868.
- Ward, N.L. and Masters, G.J. 2007. Linking climate change and species invasion: an illustration using insect herbivores. *Global Change Biology*, 13(8): 1605–1615.
- Wellenreuther, M., Dudaniec, R.Y., Neu, A., Lessard, J.-P., Bridle, J., Carbonell, J.A., Diamond, S.E., Marshall, K.E., Parmesan, C., Singer, M.C., Swaegers, J., Thomas, C.D. and Lancaster, L.T. 2022. The importance of eco-evolutionary dynamics for predicting and managing insect range shifts. *Current Opinion in Insect Science*, 52: 100939.
- Wu, Y., Li, J., Liu, H., Qiao, G. and Huang, X. 2020. Investigating the impact of climate warming on phenology of aphid pests in China using long-term historical data. *Insects*, 11(3): 167.
- Wudil, A.H., Usman, M., Rosak-Szyrocka, J., Pilař, L. and Boye, M. 2022. Reversing years for global food security: A review of the food security situation in Sub-Saharan Africa (SSA). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22): 14836.
- Yamamura, K. and Kiritani, K. 1998. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. *Applied Entomology and Zoology*, 33(2): 289–298.

- Yamamura, K. and Yokozawa, M. 2002. Prediction of a geographical shift in the prevalence of rice stripe virus disease transmitted by the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae), under global warming. *Applied Entomology and Zoology*, 37(1): 181–190.
- Yaşar, İ., Kök, Ş. ve Kasap, İ., 2021. Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Böcekler Üzerindeki Olası Etkileri. *ÇOMÜ, L. J. A. R.*, 2 (4): 67-75.
- Zavala, J.A., Casteel, C.L., Nabity, P.D., Berenbaum, M.R. and Delucia, E.H. 2009. Role of cysteine proteinase inhibitors in preference of japanese beetles (*Popillia Japonica*) for soybean (*Glycine Max*) leaves of different ages and grown under elevated CO₂. *Oecologia*, 161(1): 35–41.
- Zayan, S.A. 2019. Impact of Climate Change on Plant Diseases and IPM Strategies. *Plant Diseases-Current Threats and Management Trends*. IntechOpen, Budapest, Hungary, 240p.
- Zeng, J., Liu, Y., Zhang, H., Liu, J., Jiang, Y., Wyckhuys, K.A.G. and Wu, K. 2020. Global warming modifies long-distance migration of an agricultural insect pest. *Journal of Pest Science*, 93(2): 569–581.
- Zhang, Q., Dai, W., Wang, X. and Li, J. 2020. Elevated CO₂ concentration affects the defense of tobacco and melon against Lepidopteran larvae through the jasmonic acid signaling pathway. *Scientific Reports*, 10 (1): 4060.



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludağ University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Amaç

Tarım ve yaşam bilimleri ile ilgili alanlardaki araştırma ve derlemelerin Türkçe ve İngilizce dillerinde yayımlanarak bilginin ulusal ve uluslararası düzeyde paylaşımı amaçlanmaktadır.

Kapsam

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi eski adıyla Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Haziran ve Aralık olmak üzere yılda iki sayı olarak basılan hakemli, akademik, bilimsel, uluslararası bir dergidir. Dergi; bahçe bitkileri, bitki koruma, biyoenerji, biyosistem mühendisliği, doğal kaynaklar, genetik, gıda mühendisliği, gıda bilimi ve teknolojisi, peyzaj, süs bitkileri ve doğa koruma, su ürünleri ve balıkçılık, süt teknolojisi, tarım ekonomisi, tarım makinaları, tarımsal biyoteknoloji, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme, topraksız yetiştiricilik ve zootekni gibi tüm ziraat alanları ile ilgili özgün araştırma makalelerini ve sınırlı sayıda derlemeleri kabul etmektedir. Sunulan makaleler özgün olmalı ve Türkçe ya da İngilizce yazılmalıdır. Sunulan makaleler başka hiçbir yerde yayımlanmamış olmalıdır. Ancak, bir kongre ya da sempozyumda sadece özeti yayımlanan makaleler dergiye sunulabilir.

Yayın Politikası

Dergiye Türkçe ve İngilizce araştırma makaleleri ve sınırlı sayıda derleme makaleleri kabul edilmektedir. Makale başvuruları DergiPark sistemi (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>) üzerinden sorumlu yazar tarafından yapılmalıdır. Dergiye yayımlanması talebi ile gönderilen makalelerin diğer dergilerde yayımlanmamış ve/veya yayımlanması amacıyla gönderilmemiş olması gerekmektedir. Makale başvurusunda; (1) tam metin makale, (2) tam metin makalenin taratıldığını gösteren benzerlik raporu (Ithenticate) (% 20'nin altında olmalıdır), (3) imzalanmış ve taratılmış başvuru formu, (4) tüm yazarlar tarafından imzalanmış çıkar çatışması, yazarlık katkı beyan formu, Etik kurul onay raporu vb. (5) tüm yazarlar tarafından imzalanmış telif hakkı devir formunun taranmış kopyasının elektronik formatta DergiPark sistemine <https://dergipark.org.tr/login> adresinden kayıt olunarak yüklenmesi gerekmektedir. Makalenin dergide basılabilmesi için her hangi bir ücret talebi yoktur. Yayımlanan makalelerin tüm hakları Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisine aittir. Makalenin bilimsel sorumlulukları yazarlarına aittir. Yazarlara telif ücreti ödenmez. Bir yazarın aynı sayıda ilk isim olarak en fazla iki makalesine yer verilir. Dergimizde yayımlanan makalelerin bir kısmı veya tamamı dergimiz kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

Dergiye gönderilen makalelerde; konu ile ilgili olarak derginin daha önceki sayılarında yayımlanan en az bir yayına atıf yapılması önem arz etmektedir. Dergiye yapılan atıflarda “**Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.**” kısaltması kullanılmalıdır.

Değerlendirme Süreci

Yayımlanması için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda önce sekreteryaya daha sonrasında editör tarafından ön incelemeye alınır. Editör, dergide yayımlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri hakemlere göndermeden yazara/yazarlara iade kararı verme hakkına sahiptir. Ayrıca yazım kurallarına uymayan veya anlatım dili yetersiz olan makaleler, düzeltilmek üzere yazara/yazarlara iade edilir. Değerlendirmeye alınan makaleler, incelenmek üzere en az 2 hakeme gönderilir. Değerlendirmede çift yönlü kör hakemlik uygulaması esastır. Hakem değerlendirmesinden geçen makalelere ait düzeltmeler, düzeltme raporu ile birlikte en kısa sürede sisteme yüklenmelidir. Editör, hakem raporlarını ve/veya istenilen düzeltmelerin yeterli olup olmasını dikkate alarak makalenin yayımlanıp yayımlanmamasına yönelik nihai karar vericidir. Makalenin yayımlanmasından önce makalede sayfa düzeni yapılarak son kontrol için yazarına gönderilir. Yazar makalenin son kontrolünü yaptıktan sonra basım öncesi düzeltme istek ve onay formunu imzalayarak sisteme yükler. Kontrolün düzgün yapılmaması sonucunda oluşabilecek baskı hataları yazarların sorumluluğundadır. Makalenin değerlendirme süreci yaklaşık 3-4 ay kadar sürmektedir. Sürecin süresi; hakem değerlendirmelerine, yazarların hakemlere verdikleri cevaplara ve cevaplama süreleri ile hakemlerin düzeltmeleri yeniden görme isteklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. İşlemi tamamlanan eserler kabul tarihi dikkate alınarak derginin yayınlanacak sayısında bulunması gereken makale limitleri dahilinde yayımlanır.

Alıntılanma Yüzdesi

Dergiye başvurusu yapılan makalelerin, hakemlik sürecine alınmadan önce intihal programı ile (iThenticate Plagiarism Detection Software) (<https://www.ithenticate.com>) taratılmış olması gerekmektedir. Tarama sonucunda Kaynaklar bölümü haricinde, benzerlik oranı %20 ve aşağı değeri taşıyan makaleler başvuruya kabul edilmektedir. Makale başvurusu ile beraber iThenticate raporunun da sisteme yüklenmesi süreç için gereklidir. Sisteme yüklenecek raporun tüm sorumluluğu yazarına aittir. Yapılacak kontrollerde raporlarda uyumsuzluk görülmesi ve kriterlere uymaması durumunda makale yazarına iade edilecektir.

Yayın Etiği İlkeleri

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi'nde uygulanan yayım süreçleri, bilginin tarafsız ve saygın bir şekilde gelişimine ve dağıtımına temel teşkil etmektedir. Bu doğrultuda uygulanan süreçler, yazarların ve yazarları destekleyen kurumların çalışmalarının kalitesine doğrudan yansımaktadır. Hakemli çalışmalar bilimsel yöntemi somutlaştıran ve destekleyen çalışmalardır. Bu noktada sürecin bütün paydaşlarının (yazarlar, okuyucular ve araştırmacılar, yayıncı, hakemler ve editörler) etik ilkelere yönelik standartlara uyması önem taşımaktadır. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, tüm paydaşların yayım etiği kapsamında aşağıda belirtilen etik sorumlulukları taşımasını beklemektedir.

Aşağıda yer alan etik görev ve sorumluluklar, açık erişim olarak Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından yayınlanan rehberler ve politikalar ile YÖK bilimsel araştırma ve yayım etiği yönergesi dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Hakemli dergide yayım ilkeleri ile ilgili tüm taraflardan (yazar, dergi editörü, hakem ve yayımcı kuruluşlar) beklenen genel etik davranışlar ve sorumluluklara ilişkin tanımlamalar aşağıda belirtilmektedir.

Yazar(lar)ın Sorumlulukları

Kaynakça listesi eksiksiz olmalıdır.

İntihal ve sahte veriye yer verilmemelidir.

Aynı araştırmanın birden fazla dergide yayımlanmasına teşebbüs edilmemeli,

Bilim araştırma ve yayın etiğine uymalıdır.

Tüm yazarların araştırmaya katkısı bulunmalıdır.

Makalede geçen tüm veriler gerçek ve orijinal olmalıdır.

Tüm yazarlar hatalı makalenin geri çekilmesini ve hataların düzeltilmesini sağlamak zorundadır.

Bilim araştırma ve yayın etiğine aykırı eylemler şunlardır:

a) İntihal: Başkalarının fikirlerini, metotlarını, verilerini, uygulamalarını, yazılarını, şekillerini veya eserlerini sahiplerine bilimsel kurallara uygun biçimde atıf yapmadan kısmen veya tamamen kendi eseriymiş gibi sunmak,

b) Sahtecilik: Araştırmaya dayanmayan veriler üretmek, sunulan veya yayımlanan eseri gerçek olmayan verilere dayandırarak düzenlemek veya değiştirmek, bunları rapor etmek veya yayımlamak, yapılmamış bir araştırmayı yapılmış gibi göstermek,

c) Çarpıtma: Araştırma kayıtları ve elde edilen verileri tahrif etmek, araştırmada kullanılmayan yöntem, cihaz ve materyalleri kullanılmış gibi göstermek, ilgili teori veya varsayımlara uydurmak için veriler ve/veya sonuçlarla oynamak, destek alınan kişi ve kuruluşların çıkarları doğrultusunda araştırma sonuçlarını tahrif etmek veya şekillendirmek,

ç) Tekrar yayım: Bir araştırmanın aynı sonuçlarını içeren birden fazla eseri ayrı eserler olarak sunmak,

d) Dilimleme: Bir araştırmanın sonuçlarını araştırmanın bütünlüğünü bozacak şekilde, uygun olmayan biçimde parçalara ayırarak ve birbirine atıf yapmadan çok sayıda yayın yaparak ayrı eserler olarak sunmak,

e) Haksız yazarlık: Aktif katkısı olmayan kişileri yazarlar arasına dâhil etmek, aktif katkısı olan kişileri yazarlar arasına dâhil etmemek, yazar sıralamasını gerekçesiz ve uygun olmayan bir biçimde değiştirmek, aktif katkısı olanların isimlerini yayım sırasında veya sonraki baskılarda eserden çıkarmak, aktif katkısı olmadığı halde nüfuzunu kullanarak ismini yazarlar arasına dâhil ettirmek,

f) Diğer etik ihlali türleri: Destek alınarak yürütülen araştırmaların yayınlarında destek veren kişi, kurum veya kuruluşlar ile onların araştırmadaki katkılarını açık bir biçimde belirtmemek, insan ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda etik kurallara uymamak, yayınlarında hasta haklarına saygı göstermemek, hakem olarak incelemek üzere görevlendirildiği bir eserde yer alan bilgileri yayınlanmadan önce başkalarıyla paylaşmak, bilimsel araştırma için sağlanan veya ayrılan kaynakları, mekânları, imkânları ve cihazları amaç dışı kullanmak, tamamen dayanaksız, yersiz ve kasıtlı etik ihlali suçlamasında bulunmak (YÖK Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi, Madde 8).

Hakemlerin Sorumlulukları

Hakemlik süreci, bilimsel akademik yayıncılığın başarısında önemli bir konumda bulunmaktadır. Hakemler bu sürecin sağlıklı yürütülebilmesi ve iyileştirilmesine gayret göstermelidir.

Hakemler araştırmayla, yazarlarla ve/veya araştırma fon sağlayıcılar ile çıkar çatışması/çakışması içerisinde olmamalıdır.

Değerlendirmeleri tarafsız olmalıdır.

Değerlendirilen makaleler hakem tarafından gizli tutulmalıdır.

Editörün Sorumlulukları

Editörler bir makaleyi kabul etmek ya da reddetmek için tüm sorumluluğa ve yetkiye sahiptir.

Editörler kabul ettiği ya da reddettiği makaleler ile ilgili çıkar çatışması/çakışması içerisinde olmamalıdır.

Sadece alana katkı sağlayacak makaleler kabul edilmelidir.

Hakemlerin ismini değerlendirme tamamlanana kadar saklı tutmalıdır.

Makalenin yayımlanmasından sonra herhangi bir araştırmacı tarafından bilimsel hata tespit edildiğinde ilgili düzeltme/düzeltilmelerin yayımlanmasını ya da geri çekilmesini desteklemelidir.

Yayıncının Sorumlulukları

Yayıncılık etiğinin yayın kurulu tarafından izlenmesi/korunması,

Akademik kaydın bütünlüğünü korumak,

Etik standartlardan ödün vermemek,

Gerektiğinde düzeltmeleri, açıklamaları ve özürleri yayımlamak,

Okuyucunun dergide yayımlanan bir makalede önemli bir bilimsel hata ya da intihal, yinelenen makaleler gibi konularda herhangi bir uyarısı olduğu zaman zfergisi@uludag.edu.tr adresine mail atarak editör kuruluna bildirebilir. Derginin bilimsel ve teknik yönden gelişmesi için bir fırsat olacağı bilinci ile, yapacağınız uyarılar/eleştiriler, editör kurulu tarafından memnuniyetle karşılanarak hızlı ve yapıcı bir şekilde iyileştirmelerimiz gerçekleştirilmektedir.

Etik Kurul Onayı

Yazarlar yayımlatmak istedikleri makale ile ilgili olarak gerekli olan etik kurul onayını aldıkları kurumu ve onay numarasını Materyal ve Yöntem bölümünde mutlaka belirtmelidirler. Yayın kurulu gerekli gördüğünde “Etik Kurul Onay Belgesini” ayrıca isteyebilir. Makalenin etik kurul onayı gerektirip gerektirmediği aşağıda bildirilen kısımdan yazarlar ve alan editörleri tarafından mutlaka sorgulanması gerekmektedir.

Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir.

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütülen her türlü araştırmalar
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmalar,

Ayrıca;

- Olgu sunumlarında “Aydınlatılmış onam formu”nun alındığının belirtilmesi,
- Başkalarına ait ölçek, anket, fotoğrafların kullanımı için sahiplerinden izin alınması ve belirtilmesi,
- Kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine uyulduğunun belirtilmesi.

Makale Yazım Kuralları

TR Dizin kriterleri gereği dergimize gönderilecek olan makalelerin mutlaka aşağıda belirtilen hususlara uyması gerekmektedir.

Tüm bilim dallarında yapılan ve etik kurul kararı gerektiren klinik ve deneysel insan ve hayvanlar üzerindeki çalışmalar için ayrı ayrı etik kurul onayı alınmış olmalı, **bu onay makalede belirtilmeli ve belgelendirilmelidir.**

Makalelerde Araştırma ve Yayın Etiğine uyulduğuna dair ifadeye yer verilmelidir.

Etik kurul izni gerektiren çalışmalarda, izinle ilgili bilgiler (kurul adı, tarih ve sayı no) yöntem bölümünde ve ayrıca makale ilk/son sayfasında yer verilmelidir.

Kullanılan fikir ve sanat eserleri için telif hakları düzenlemelerine riayet edilmesi gerekmektedir.

Makale sonunda; Araştırmacıların Katkı Oranı beyanı, varsa Destek ve Teşekkür Beyanı, Çatışma Beyanı verilmesi gerekmektedir.

Makaleler; Ana Başlık, Öz, İngilizce Başlık, Abstract, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular ve Tartışma (ayrı olabilir) Sonuç, Teşekkür veya Bilgi Notu (Gerekli ise) ile Kaynaklar bölümlerinden oluşmalıdır.

Makale içinde metin A4 (210 x 297 mm) formunda beyaz kağıda, Microsoft Word formatında, üst ve alttan, 2 cm; sağ ve soldan 2.5 cm boşluk bırakılarak 1.5 satır aralığı ile 10 punto Times New Roman yazı karakterinde yazılmalı ve metin iki yandan hizalanmış olmalıdır.

Ana Başlık haricinde tüm bölüm başlıkları sadece ilk harfleri büyük olacak şekilde küçük harflerle, koyulaştırılmış, 12 punto yazı karakterinde, sola yaslı ve üstten birer boşluk kalacak şekilde yerleştirilecektir. Ana başlıklardan sonra metin ile arasında birer satır boşluk bırakılmalı. İlk paragrafta paragraf başı kullanılmamalı izleyen paragraflara ise 0.5 cm içerden başlayarak devam edilmelidir.

Aşağıdaki yazım kurallarına uygun hazırlanmış olan makale 25 sayfayı aşmamalıdır.

Makalenin hazırlanması aşamasında örnek makaleye buradan ulaşabilirsiniz. **Örnek Makale Word formatı**

Ana Başlık: 14 punto, koyulaştırılmış (bold) olarak ve başlıktaki her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde 1.5 satır aralığı ile yazılmalı ve sayfaya ortalanmalıdır. Başlığın bittiği en son karakterine yayın bir tezdin ya da bir projeden yapılmış ise üssel atıf verilmeli ve sayfa sonunda dip not olarak eklenmelidir. Başlık 20 kelimeyi aşmamalıdır.

Yazar Adları: Yazarların açık adları unvan belirtilmeden adlarının ilk harfi büyük, soyadların tümü büyük harf olacak şekilde koyulaştırılmış, başlıktan sonra bir satır boşluk bırakılarak ve sayfaya ortalanarak 12 punto yazılmalıdır. Soyadların bittiği en son karakter üzerine üssel olarak rakam ile yazar adresine atıfta bulunulmalı ve sayfa sonunda dip not olarak eklenmelidir.

Yazarlara ilişkin dipnot olarak verilen bilgilerde sırasıyla öncelikle sorumlu yazara ait bilgiler (adres bilgileri, e-posta ve OrcID) “Sorumlu yazar/Corresponding author” ifadesi ile yer almalıdır. Alt satırında sorumlu yazar dışında kalan yazarların makaledeki üssel atıf sıralamalarına göre adres bilgileri, e-posta ve OrcID bilgilerine yer verilmelidir.

Bir sonraki alt satırda ise makaleye yapılacak atıf bilgilerine; “(Atıf/Citation)” ifadesi ile yazarların Soyadı ve Adının ilk harfi, Makalenin yılı, Makalenin Başlığı, Derginin Adı, Cilt, Sayı, sayfa numarası şeklinde yer verilmelidir.

Öz: Yazar adlarının ardından iki satır boşluk bırakılarak, 10 punto olarak yazılmalı ve 300 kelimeyi geçmemelidir. Paragrafın bitiminde bir satır boşluk bırakılarak anahtar kelimeler 10 punto olacak şekilde alfabetik sıra ile yazılmalı, sayısı 6’yı aşmamalıdır.

İngilizce Başlık: Anahtar kelimeleri takiben iki satır boşluk kalacak şekilde 12 punto koyulaştırılmış olarak sayfayı ortalayacak şekilde makalenin İngilizce başlığı konulmalıdır.

Abstract: İngilizce başlığın ardından bir satır boşluğu bırakılarak 10 punto olarak yazılmalıdır. Paragrafın bitiminde bir satır boşluk bırakılarak 10 punto olacak şekilde Keywords yazılmalı sayısı 6'yı aşmamalıdır.

Makalenin İngilizce olması durumunda Sıralama İngilizce başlık, yazar adları, Abstract, Türkçe başlık, Öz sırasını izlemelidir.

Giriş: Bu bölümde çalışmanın bilimsel hipotezi açıklanmalı, konu ile ilgili yapılmış diğer araştırmalar hakkında bilgiler verilmelidir. Çalışmanın amacı açıkça bu bölümde belirtilmelidir. Giriş bölümü ve metinler "Keywords" den bir satır boşluk bırakılarak 10 punto olacak şekilde yazılmalıdır.

Materyal ve Yöntem: Bu bölümde çalışmada kullanılan tüm materyaller, analitik ve istatistiksel yöntemler açıklanmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Bu bölümde elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse şekil ve çizelgelerle desteklenerek açıklanmalıdır. Daha önceki literatür dikkate alınarak elde edilen veriler tartışılmalıdır. Şekil ve Çizelgelere mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır. Çizelge ve Şekiller atıftan sonra gelecek en uygun yere konulmalıdır.

Sonuç: Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı önerilerle birlikte vurgulanmalıdır.

Teşekkür (Bilgi Notu): Çalışmaya katkısı olan kişiler, araştırmacıların katkı oranı, varsa Destek ve Teşekkür beyanı, çatışma beyanı, fon, bağışlar vb. makalenin bu bölümünde belirtilmelidir.

Şekiller ve Çizelgeler: Tüm şekil ve çizelgeler numara verilmiş şekilde, makalenin içinde bulunmalıdırlar. Şekil, çizelge ve resimlerin numaralandırması ise Şekil 1, Şekil 2. vb. şeklinde 10 punto ile koyulaştırılarak verilmelidir. Şekil açıklamalarının ardından bir boşluk bırakılarak paragraflar arasında bir boşluk kalacak şekilde ana metin yazılmalıdır. Metin içerisinde yer alan çizelgelerde çizelge numaraları Çizelge 1, Çizelge 2. şeklinde çizelgenin üzerine yazılmalı açıklamaları ise koyulaştırılmamış şekilde olmalı ve çizelge üst sınırı ile açıklama yazısı arasında boşluk bırakılmamalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlükte olmalıdır.

Tüm makalelerde **SI (International System of Units)** ölçü birimleri ve ondalık kesir olarak nokta kullanılmalıdır (1,25 yerine 1.25 gibi). Birimlerde " / " kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (4 m/s yerine 4 m s⁻¹, 5 kg N ha⁻¹ gibi).

Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüller 10 punto olacak şekilde ana karakterler ve değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1" şeklinde verilmelidir (ilişkin model, Eşitlik 1'de verilmiştir).

Kaynakça: Makale içindeki tüm atıflar, yazar soyadına göre alfabetik sıra ile kaynakça bölümünde verilmelidir. Makale içindeki atıflarda "yazar, yıl" sistemi kullanılmalıdır, Smith (2007), cümle sonunda ise (Smith, 2007). İki yazarlı ise Smith ve Cash (2007). Üç ve daha fazla yazarlı ise "ilk yazar ve ark." (Smith ve ark., 2007) şeklinde belirtilmelidir.

Kaynakçada bildirilen atıflar ilk yazarın soyadına göre alfabetik sıra ile yazılmalıdır. İki ya da daha fazla yazarlı atıflarda yazarlar Türkçe kaynaklarda "ve" İngilizce kaynaklarda "and" ile ayrılmalıdır. Ör.1: Şeker, M., Yücel, Z. ve Nurdan, E. 2004. Ör.2: Smith, M., Hill, Z. and Nelson E. 2000.

Aynı yazarın aynı yıla ait makalelerini kaynakça bölümünde gösterirken a, b, c, vs. harfleri yılın sonuna eklenerek gösterilmelidir.

Atıflar kaynakçada alıntılanan kaynağa göre **Harvard referans sistemi** çerçevesinde aşağıdaki gibi gösterilmeli, karakter büyüklüğü olarak 10 punto kullanılmalıdır.

Makaleler:

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın yılı. Makale başlığı. Yayınlandığı Dergi (italik), Cilt(Sayı): Başlangıç ve bitiş sayfası. Şeklinde olmalı

Buragohain, P., Sreedeeep, S., Lin, P., Ni, J. and Garg, A. 2019. Influence of soil variability on single and competitive interaction of ammonium and potassium: experimental study on seven different soils. *Journal of Soils and Sediments*, 19(1): 186-197.

Ferraro, A. and Scremin-Dias, E. 2018. Structural features of species of Asteraceae that arouse discussions about adaptation to seasonally dry environments of the Neotropics. *Acta Botanica Brasilica*, 32(1): 113-127.

Kitap:

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın yılı. Kitabın başlığı(italik). Yayınlayan, Şehir veya Ülke, Sayfa Sayısı. Şeklinde olmalıdır.

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 2017. Physiology of crop plants (No. Ed. 2). Scientific Publishers, Jodhpur, India. 327p.

Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. and Heinemann, W.W. 1990. *Feeds and nutrition digest: formerly, Feeds and nutrition—abridged*, The Ensminger Publishing Company, Clovis, CA (1990), 110p.

Kitabın bir bölümü:

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın yılı. Bölümün başlığı: Kitabın başlığı, Editör(ler): Editör(ler)in soyadı, ilk ad(lar)ının baş harf(ler)i., Yayınlayan, Şehir veya Ülke, Bölümün başlangıç ve bitiş sayfası. Şeklinde olmalıdır.

Primmer, C. 2006. Genetic characterization of populations and its use in conservation decision-making in fish: *The role of biotechnology in exploring and protecting agricultural genetic resources*, Ed.: Ruane, J., Sonnino, A., FAO, Rome, Italy, pp: 97-104.

Bildiri kitabı:

Soyadı, Adının ilk harfi. ve Soyadı, Adının ilk harfi. Yayın Yılı. Bildirinin başlığı. Kongre, sempozyum vb'nin adı, varsa tarihi, Yapıldığı yer, yapıldığı il, sayfası. Şeklinde olmalıdır.

Susurluk, A., S. Hollmer, U.K. Mehta, R. Han, E. Tarasco, O. Triggian, A. Peters and R.-U. Ehlers. 2003. Molecular identification of entomopathogenic nematodes from Turkey, India, China, Italy, Norway, Albania and Germany by PCR-RFLP. 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, 23-29 May 2003, Schloss Salzau, Germany, p:101-103.

Tez: Soyadı, Adının ilk harfi., Yıl, Tezin başlığı, Tezin çeşidi, Üniversite ve Bölüm adı. Şeklinde olmalıdır.

Scheffe, H. 1973. Symptotic Theory of Sequential Fixed- Width Confidence Intervals. Unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics.

Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:

Anonim 2005. Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri> (Erişim tarihi: 12.07.2005).

İnternet:

TÜBİTAK 2008. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Türkiye Veri Servisi. <http://www.tubitak.gov.tr/tubives> (Erişim tarihi: 11.05.2008).



BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>

<https://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Aim

It is aimed to publish the research and reviews in the fields of agriculture and life sciences in Turkish and English, and to share the knowledge at national and international level.

Scope

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University, formerly known as Journal of Agricultural Faculty of Uludag University, is a **refereed, academic, scientific, international journal** published twice a year, in June and December. Garden plants, plant protection, bioenergy, bio system engineering, genetics, natural resources, food science and technology, animal husbandry, landscaping, ornamental plants and nature conservation, aquaculture, agricultural economics, agricultural machinery, agricultural biotechnology, agricultural structures and irrigation, field crops, soil science and plant nutrition, soilless culture, are the general topics of the journal. Research articles are primarily included in the journal and a limited number of reviews are accepted. Articles submitted must be original and written in Turkish or English. The submitted articles should be unpublished elsewhere. The submitted articles should not be published anywhere else. However, abstract only articles previously published in a congress or symposium may be submitted as full text.

Publication Policy

Turkish and English research articles and a limited number of review articles are accepted to the journal. Manuscript submissions should be made from the **DergiPark system** (<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>) by the corresponding author. The submitted articles should be neither published nor be under consideration elsewhere. During the submission process, besides (1) the full text articles with the author names and (2) similarity report (Ithenticate) indicating that the full text article has been scanned (must be below 20%), (3) signed and scanned application form, and (4) Conflict of interest, authorship contribution form, Ethics committee approval report, etc. signed by all authors. (5) scanned copy of the copyright transfer form which was signed by all authors must be uploaded to the **DergiPark system** (<https://dergipark.org.tr/login>) via applying the registration procedure. There is no charge for the article to be published in the journal. All rights of the published articles belong to the Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University. Authors are responsible for the scientific content of the article to be published. No royalty is paid to the authors. Only two manuscripts of the same first author are allowed to be published in the same issue. Articles cannot be published or presented somewhere else without our journal permission. Some or all of the articles cannot be used without cited to our journal.

In the articles to be published in our journal; **it is important to refer to at least one publication** published in the previous issues of the journal. The title of the journal should be cited as “**Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.**”

Evaluation Process

The submitted manuscript for publication is taken into consideration by the editor in accordance with the principles of publication. In case of finding not qualified to publish it in the journal, the editor has the right to make a decision to return the articles to the author / authors without sending to the referees. Papers should be written with fluent English without any grammatical and typographical errors. Manuscripts with any of those errors will be rejected and sent to the authors for corrections before submission and review. The journal uses double-blind system for peer-review; both reviewers and authors' identities remain anonymous. The paper will be peer-reviewed at least by two reviewers and one editor from the journal. The authors should upload the corrected manuscript with correction form and answers to the reviewers' comments immediately after receiving the comments. The Editor is the ultimate decision-maker for the publication of the manuscript, taking into account the referee reports and / or the adequacy of the requested corrections. Before the publication of the manuscript, the manuscript is edited and sent to the author for the final check. After the final check of the article, the author signs the request for pre-printing by signing the request and confirmation form. Print errors as a result of incorrect control are the responsibility of the authors. The evaluation process of the article takes approximately 3-4 months. The duration of the process; It may vary according to the referee evaluations, the responses of the authors to the referees and the response time and the referees' request to see the corrections again. The completed works are published within the article limits that should be in the issue of the journal, considering the date of acceptance.

Plagiarism Percentage

Articles that have been submitted to the journal must have been scanned with the plagiarism program (iThenticate Plagiarism Detection Software) (<https://www.ithenticate.com>) before being included in the review process. As a result of the screening, except for the References section, articles with a similarity rate of 20% and below are accepted to the application. It is necessary to upload the iThenticate report to the system along with the article application for the evaluation process. All responsibility of the report to be uploaded to the system belongs to the author. In case of inconsistency in the reports and in case of non-compliance with the criteria, the article will be returned to the author.

Ethical Guidelines

The publication process at **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** is the basis of the improvement and dissemination of information objectively and respectfully. Therefore, the procedures in this process improve the quality of the studies. Peer-reviewed studies are the ones that support and materialize the scientific method. At this point, it is of utmost importance that all parties included in the publication process (authors, readers and researchers, publisher, reviewers and editors) comply with the standards of ethical considerations. **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** expects all parties to hold the following ethical responsibilities.

The following ethical duties and responsibilities are written in the light of the guide and policies made by Committee on Publication Ethics (COPE) and directives of YÖK on scientific research and publication ethics. The general ethical behaviors and responsibilities that are expected from all parties (authors, journal editors, referees and publishers) regarding the principles of publication in the peer-reviewed journal are stated below.

Author's responsibilities:

The references list should be complete;

No plagiarism, no fraudulent data is allowed;

It is forbidden to publish same research in more than one journal;

Authors obliged to participate in peer review process;

All authors have significantly contributed to the research;

Statement that all data in article are real and authentic;

All authors are obliged to provide retractions or corrections of mistakes,

Authors should ensure that any studies involving human or animal subjects conform to national, local and institutional laws and requirements.

The actions against science research and publication ethics include;

a) **Plagiarism:** Presenting others' ideas, methods, data, applications, writings, figures or works as if they were their own works, partly or completely, without referring to the scientific rules.

b) **Fraud:** to produce data that is not based on research, to organize or modify the work submitted or published on the basis of unreal data, to report or to publish them, to make a research that has not been done.

c) **Distorting:** Dealing with the records of research and the data obtained, showing the unused methods, devices and materials used in the research, playing with data and / or results to fit the relevant theory or assumptions, or falsifying or shaping the results of the research in the interests of the people and organizations supported.

d) **Slicing:** Presenting the results of a research as separate works by disrupting the uniqueness of the research, by dissecting it inappropriately and making a large number of publications without reference to each other.

e) **Unfair writer:** To include people who do not have active contribution among the authors, not to include the people who have active contribution among the writers, to change the ranking of the authors without any justification and in an inappropriate way, to remove the names of those who have active contributions from the work during publication or in later editions, and to use their influence even if there is no active contribution.

f) **Other types of ethical violations:** Not expressing the contributions of the persons, institutions or organizations that support them in the research, and their contributions in the research,

Not to obey the ethical rules in human and animal research, to respect the rights of patients in their publications,

To share the information contained in a work that he is commissioned to examine as an arbitrator with others,

To use the sources, facilities and devices provided for scientific research out of their use purposes.

To blame for a completely irrelevant, unwarranted and intentional violation of ethics (YÖK Scientific Research and Publication Ethics Directive, Article 8).

Peer review/responsibility for the reviewers:

To contribute to the decision-making process, and to assist in improving the quality of the published paper by reviewing the manuscript objectively.

Reviewers should have no conflict of interest with respect to the research, the authors and/or the research funders;

Judgments should be objective;

Reviewed articles should be treated confidentially.

Editorial responsibilities:

Editors have complete responsibility and authority to reject/accept an article;

Editors should have no conflict of interest with respect to articles they reject/accept;

Only accept a paper when reasonably certain;

Preserve anonymity of reviewers.

No plagiarism, no fraudulent data.

When errors are found, promote publication of correction or retraction;

To act in a balanced, objective and fair way while carrying out their expected duties, without discrimination on grounds of gender, sexual orientation, religious or political beliefs, ethnic or geographical origin of the authors.

Duties of the Publisher

Monitoring/safeguarding publishing ethics by editorial board;

Guidelines for retracting articles;

Maintain the integrity of the academic record;

Preclude business needs from compromising intellectual and ethical standards;

Always be willing to publish corrections, clarifications, retractions, and apologies when needed.

In an article published in the journal, the reader can send an e-mail to zfdergisi@uludag.edu.tr when he has any warnings about important scientific error or plagiarism, recurring articles. With the awareness that the journal will be an opportunity for the scientific and technical development of the journal, your warnings / criticisms are welcomed by the editorial board and our improvements are made quickly and constructively.

Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University is committed to ensuring that commercial revenue has no impact or influence on editorial decisions. In addition, **Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University** will assist in communications with other journals and/or publishers where this is useful to editors. Finally, we are working closely with other publishers and industry associations to set standards for best practices on ethical matters, errors, and retractions—and are prepared to provide specialized legal review and counsel if necessary.

Ethics Committee Approval

Authors should indicate the name of institute approves the necessary ethical commission report and the serial number of the approval in the **Material and Methods** section. If necessary, editorial board may also request the official document of the ethical commission report. Whether the article requires approval from the ethical committee should be questioned by the authors and editors from the section below.

Researches requiring the Ethics Committee's permission are as follows

- Any research carried out with qualitative or quantitative approaches that require data collection from participants using survey, interview, focus group work, observation, experiment, interview techniques.
- Use of humans and animals (including material / data) for experimental or other scientific purposes.
- Clinical researches on humans.
- Researches on animals.
- Retrospective studies in accordance with the law of protection of personal data.

Also;

- In the case reports, it is stated that the “informed consent form” was taken,
- Obtaining and specifying the permission of the owners for the use of scales, surveys and photographs belonging to others,
- Stating that the copyright regulations are complied with for the ideas and works of art used.

Article Writing Rules

In accordance with TR Index criteria, the articles to be sent to our journal must absolutely comply with the following points.

Ethics committee approval must be obtained separately for clinical and experimental studies on humans and animals that are conducted in all disciplines and require ethical committee decision, **this approval must be stated and documented in the article.**

Articles should include a statement that the Research and Publication Ethics are complied with.

In studies requiring ethics committee approval, information about the permission (name of the board, date and number) should be included in the method section and also on the first / last page of the article.

It is necessary to comply with copyright regulations for the intellectual and artistic works used.

At the end of the article; Researchers' Contribution Rate statement, Support and Appreciation Statement if available, Conflict Statement must be submitted.

Articles should be composed of such sections; Main Title, Abstract, main title in Turkish, Abstract in Turkish, Introduction, Material and Method, Results and Discussion (may be separate), Conclusion, Acknowledgment or Information Note (if necessary) and Resources.

Manuscript should be written in white paper A4 (210 x 297 mm) form, in 10 point, **Times New Roman** font with 1.5 line space with the margins of 2 cm from top and 2 cm from bottom, 2.5 cm from right and left and justified. The file type/format of the manuscript must be in the Microsoft Word format.

All headings, except for the main Title, should be written in small letters except the first letters, bold in 12-font, left-justified and a blank space at the top. After the headings, one line should be left between the headings and the text. The first paragraph should be started at the left-justified and the following paragraphs should be started from 0.5 cm inside.

The manuscript prepared in accordance with the following rules should not exceed 25 pages.

During the preparation of the article; **authors can use the manuscript template word doc format.**

Main Title: Title must be typewritten in **bold 14-point** font Times New Roman, centred, with 1.5 line space and title case. If manuscript is prepared from a thesis or a project, it should be referenced by using a superscript number at the last character of title and should be added as a footnote at the end of the page. **Title should not exceed 20 words.**

Name(s) of the author(s): The first letters of the name(s) of the author(s) without a title should be capital in **12-point** font Times New Roman, centered, with one line space with the title. Address(es) of the author(s) should be indicated with a superscript(s) number(s) and added as a footnote at the end of the page.

In the information given as a footnote to the authors, firstly, the information of the corresponding author (address information, e-mail and orcid) should be included with the statement "Corresponding author / sorumlu

yazar". The sub-line should include address information, e-mail and OrcID information of the authors other than the corresponding author in the order.

In the next sub-line, citation information of the article should be given with the statement "Atif / Citation". This information should include the surnames and the first letter of the authors, the year of the article, title of the article, Journal Name, Volume, Number, page number.

Abstract: Abstract should be written with two line space between author(s) reference(s) in **10-point font Times New Roman** and must not exceed **300** words. Below the abstract "**keywords**" should be written with one line space in **10-point font Times New Roman** and must not exceed **6**.

Turkish Title: Turkish title should be written with two line space between key words, in **bold 12-point font Times New Roman**, centered.

Abstract (in Turkish): Abstract (in Turkish) should be written with two line space between author(s) reference(s) in **12-point font Times New Roman**. Below the abstract Keywords (Anahtar Kelimeler) should be written with one line space in **10-point font Times New Roman**.

Introduction: In this section, the problem should be explained and information about previous studies and publications should be given. The purpose of the study should be clearly stated in this section. The introduction section should be written below key words with **10-point font** one line space.

Materials and Methods: All materials, analytical and statistical methods should be explained in this section.

Results and Discussion: The findings obtained in this section should be given and, if necessary, supported by figures and tables. The obtained data from the research should be discussed according to the results of previous literatures. Figures and tables must be cited in the text. Tables and Figures should be placed in the most appropriate place after the referral.

Conclusion: The contribution of the results to science and practice should be emphasized with the suggestions.

Acknowledgments (Information Note): The person who contributed to the study, fund and donations should be mentioned in this part of the article.

Figures and photographs: All Figures and photographs should be numbered, and adjusted by taking into consideration page margins. The description of the figures should be written in **10-point font Times New Roman** under the figures. Enumerating of figures and photographs should be in format of **Figure 1, Figure 2** etc. in **10-point font Times New Roman bold**. Main text should be written in **10-point font Times New Roman** with one line space between figure descriptions. Enumerating of tables should be in format of **Table 1, Table 2** etc. in **10-point font Times New Roman bold**. Table description should be written in normal font with no space between table and description. Figures should be at least 300 dpi resolution.

SI (International System of Units) units of measure and decimal point must be used in all manuscripts. (Ex.1.25 not 1,25). While giving the units, "4g/kg" should not be used. The wright description should be as "4 g kg⁻¹" and a space should be given between units.

The formulas should be numbered and the formula number should be shown in brackets to the right next to the formula. The main characters and variables should be in italics, figures and mathematical expressions should be given in plain form as 10-point. If a citation is to be made in the text, it should be given as it "Equality 1" (related model, Equality 1).

References: Citations and references should be listed as described below and all citations and references should be in alphabetical order.

Citations in the text should be indicated using “author, year” format; Smith (2007), moreover, (Smith, 2007) if it is placed at the end of the sentence. For two authors, they are indicated as Smith and Cash (2007). Where three or more authors exist for a cited reference, the citation should be formatted as “first author et al. year”; Smith et al. (2007).

References should be listed in alphabetical order according to the last name of the first author. Use “and” in listing two or more than two authors. Example: Smith, M., Hill, Z. and Nelson E. 2000.

In the references section, the same author's articles in the same year, should be indicated as adding the letters a, b, c, etc. to the end of the year.

Citations and references should be written in 10-point font Times New Roman, and the quoted sources should be shown as indicated below according to Harvard reference system.

Journal:

Buragohain, P., Sreedeeep, S., Lin, P., Ni, J. and Garg, A. 2019. Influence of soil variability on single and competitive interaction of ammonium and potassium: experimental study on seven different soils. *Journal of Soils and Sediments*, 19(1):186-197.

Ferraro, A. and Scremin-Dias, E., 2018. Structural features of species of Asteraceae that arouse discussions about adaptation to seasonally dry environments of the Neotropics. *Acta Botanica Brasilica*, 32(1): 113-127.

Book:

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. 2017. *Physiology of crop plants* (No. Ed. 2). Scientific Publishers.

Ensminger, M.E., Oldfield, J.E. and Heinemann, W.W. 1990. *Feeds and nutrition digest: formerly, Feeds and nutrition—abridged*, The Ensminger Publishing Company, Clovis, CA (1990), 110p.

Book Chapter:

Primmer, C. 2006. Genetic characterization of populations and its use in conservation decision-making in fish: The role of biotechnology in exploring and protecting agricultural genetic resources, Ed.: Ruane, J., Sonnino, A., FAO, Rome, Italy, pp: 97-104.

Proceedings:

Susurluk, A., S. Hollmer, U.K. Mehta, R. Han, E. Tarasco, O. Triggian, A. Peters and R.-U. Ehlers. 2003. Molecular identification of entomopathogenic nematodes from Turkey, India, China, Italy, Norway, Albania and Germany by PCR-RFLP. *9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group*, p:101-103, 23-29 May 2003, Schloss Salzau, Germany.

Thesis:

Scheffe, H. 1973. Symptotic Theory of Sequential Fixed- Width Confidence Intervals. Unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics.

Anonymous:

Anonymous 2005. Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri> (Date of access: 11.05.2008).

Internet:

TÜBİTAK 2008. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Türkiye Veri Servisi. <http://www.tubitak.gov.tr/tubives> (Date of access: 11.05.2008).