



**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 35
Volume**

**Sayı 2
Number**

2021

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



FAO AGRIS/CARIS



TR Dizin

A S O S
indeks **SOBİAD**

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 yaptığınız 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>
<http://www.uludag.edu.tr/ziraatdergi>

Cilt / Volume: 35

Sayı / Number: 2

Yıl/Year: 2021

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

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>

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

Kapak Sayfa Tasarım / Cover Page Design

Bursa Uludağ Üniversitesi Basımevi

Bursa - 2021



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>

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

Cilt / Volume: 35

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2021

Editörler Kurulu / Editorial Board

Baş Editor

Prof. Dr. Hakan ÇELİK

hcelik@uludag.edu.tr

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Tolga TİPİ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Oya KAÇAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Asuman CANSEV

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Ekin SUCU

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor

Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY

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

Dr. Öğretim Üyesi Kadir İLHAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE

Alan Editörü/Co Editor, page layout editor

Doç. Dr. Onur TAŞKIN

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>

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

Cilt / Volume: 35

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2021

Editörler Kurulu / Editorial Board

Diğer Üniversitelerden / From Other Universities

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

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

Yrd. 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



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>

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

Cilt / Volume: 35

Sayı /Number: 2

Yıl/Year: 2021

Danışma Kurulu / Advisory Board

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

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

Diğer Üniversitelerden/From Other Universities

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dr. Erdiñ UYSAL, 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 Uludag University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

e-ISSN 2651-4044

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

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

Cilt / Volume: 35

Sayı / Number: 2

Yıl/Year: 2021

BU SAYIDA HAKEMLİK YAPAN ÖĞRETİM ÜYELERİ

(Scientific Advisory Board)

(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)

Anıl Çay	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Buket Güneşer	Uşak Üniversitesi
Cem Karagözlü	Ege Üniversitesi
Didem Sağlam Altınkoy	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Durhasan Mundan	Harran Üniversitesi
Fatma Dolunay Erdoğan	Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü
Gökhan Akarca	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Gül Atanur	Bursa Teknik Üniversitesi
Havvanur Yoldaş İlkaç	İstanbul Medeniyet Üniversitesi
Hilal Hızlı Güldemir	Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi
İlhan Gün	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Mehmet Fırat Baran	Siirt Üniversitesi
Mehmet Serhat Odabaş	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Melis Yalçın	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Memet İnan	Adıyaman Üniversitesi
Memiş Kesdek	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Oktay Tomar	Kocaeli Üniversitesi
Osman Gökdoğan	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Öznur Cumhuri	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Perihan Yolcu Ömeroğlu	Bursa Uludağ Üniversitesi
Sabri Erbaş	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Sadiye Ayşe Çelik	Selçuk Üniversitesi
Semra Turan	Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Serdar Duru	Bursa Uludağ Üniversitesi
Sezgin Sancaktaroğlu	Iğdır Üniversitesi
Şule Turhan	Bursa Uludağ Üniversitesi
Tuğba Kiper	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Yusuf Bayar	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Zehra Aytaç	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi



İçindekiler / Contents

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

- Ekinezya (*Echinacea purpurea*) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Ozmotik Koşullandırma Uygulamalarının Etkisi**
Effect of Osmotic Conditioning Applications the Germination of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea*) Seeds
Mustafa DEMİRKAYA, Mehmet ARSLAN.....265
- Fermentasyon ve Enzimatik Hidroliz Uygulanan Peynir Altı Sularının Bazı Biyoaktif Özellikleri**
Some Bioactive Properties of Whey Applied Fermentation and Enzymatic Hydrolysis
Atilla TAŞ, Onur GÜNEŞER.....277
- Hasat Öncesi İncir Meyvelerinde Ethephon Kullanımının Oluşturduğu Kalıntı Riskinin Belirlenmesi**
Assessment of Residue Risks Caused by Ethephon Use during Pre-harvest Period of Fig Fruits
Güliden HAZARHUN, Nabi Alper KUMRAL.....299
- Meeting Local Energy Requirement from Wind Energy in Areas without Grid: Northern Mesopotamia**
Şebeke Bulunmayan Alanlarda Lokal Enerji İhtiyacının Rüzgar Enerjisinden Karşlanması: Kuzey Mezopotamya
Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU, Ali VARDAR.....313
- Palm Yağında 3-MCPD ve Glisidol Esterleri Oluşumuna Proses Şartlarının Etkisi**
The Impact of Process Conditions on the Formation of 3-MCPD and Glycidol Esters in Palm Oil
Aslıhan ELMAS, Arzu AKPINAR BAYİZİT333
- Essential Oil Composition of Dry and Fresh Aerial Parts of the Dill (*Anethum graveolens* L.)**
Dereotu (*Anethum graveolens* L.)'nin Taze ve Kuru Toprak Üstü Aksamlarının Uçucu Yağ Bileşenleri
Abdulhabip ÖZEL, Orçun ÇINAR355
- Farklı Sürelerde Depolanan Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Tohumlarının Karşılaştırmalı Olarak Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi**
Determination of Comparative Characteristics of Medicinal Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds Stored at Different Periods
Zeynep DUMANOĞLU, Çiğdem SÖNMEZ.....365
- Bazı Geofitlerin Peyzaj Mimarlığı Tasarımlarında Kullanım Olanakları**
The Using Possibilities of Some Geophytes in Landscape Architecture Designs
Füsün ERDURAN NEMUTLU, Aysun ÇELİK ÇANGA.....377
- Niğde İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İncelenmesi**
Investigation of the Agricultural Mechanization Level of Niğde Province
Yaşar Serhat SAYGILI, Bülent ÇAKMAK.....389

DERLEMELER (Reviews)

Süt Endüstrisi Atıklarının Çevresel Etkileri ve Biyoteknolojik Olarak Değerlendirilmesi Environmental Effects of Dairy Industry Wastes and Their Biotechnological Evaluation Tülay ÖZCAN, Buket Tuğçe HARPUTLUGİL	415
Türkiye’de Geleneksel Gıdaların Üretim ve İhracat Potansiyelinin Değerlendirilmesi Evaluation of Production and Export Potential of Traditional Foods in Turkey Sinan DURU, Seyit HAYRAN, Aykut GÜL	439
Süt Sığırlarında Topallık: Verimlilik ve Çiftlik Ekonomisine Etkileri Effects of Lameness on Productivity and Farm Economy in Dairy Cattle Celal İZCİ, Fatma ÇUHADAR ERDAL.....	451
Sürdürülebilir Diyet Modellerinin Değerlendirilmesi Evaluation of Sustainable Diet Models Aynur YÜKSEL, Ecenur ÖZKUL	467
Bitki Paraziti Nematodlarla Mücadelede Kullanılan Nematisitlerin Etki Mekanizmaları Mode of Action of Nematicides Used in The Management of Plant Parasitic Nematodes İbrahim MISTANOĞLU, Gülsüm UYSAL, Zübeyir DEVRAN	483
Uçucu Yağların Tarımsal Hastalık ve Zararlılara Karşı Kullanımı Use of Essential Oils Against Agricultural Diseases and Pests Lütfi NOHUTÇU, Ezelhan ŞELEM, Rüveyde TUNÇTÜRK, Murat TUNÇTÜRK.....	499



Ekinezya (*Echinacea purpurea*) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Ozmotik Koşullandırma Uygulamalarının Etkisi^A

Mustafa DEMİRKAYA^{1*}, Mehmet ARSLAN²

Öz: Ekinezya (*Echinacea purpurea*) Asteraceae familyasından iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan tıbbi bir bitkidir. Bu çalışma ekinezya tohumlarında bazı ön uygulamaların tohum canlılığı ve tohum gücü üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Deniz yosunu ekstraktının 1:500 oranındaki çözeltisi, 1.0 mM dozundaki metil jasmonat (MeJA) çözeltisi ve saf su ile ozmotik koşullandırma uygulamaları tohumlara 20 °C ve 1, 2 ve 3 gün süre ile yapılmıştır. Ozmotik koşullandırma uygulamaları 9 cm çapında, altına ve üstüne filtre kâğıdı yerleştirilmiş petri kaplarında 50 adet tohuma 13 ml çözelti koyularak yapılmıştır. Uygulamalardan sonra tohumlar 25 °C'de çimlendirme testlerine alınmıştır. Çalışma sonunda saf su ile 2 gün yapılan uygulama çimlenme oranını kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır. Saf su ile 2 gün ozmotik koşullandırma uygulaması ortalama çimlenme süresini kontrole göre önemli düzeyde kısaltmıştır. İki gün saf su ozmotik koşullandırma uygulamasının ve 3 gün deniz yosunu çözeltisi uygulaması çimlenme indeksini kontrole göre önemli derecede arttırmıştır. Ekinezya tohumlarında en yüksek çimlenme oranı %75 ile 2 gün süre yapılan saf su uygulamasından elde edilirken, kontrol uygulamasında çimlenme oranı %56.5 olmuştur. En düşük ortalama çimlenme süresi 5.27 gün ile 3 gün saf su ozmotik koşullandırma uygulamasından, en yüksek ortalama çimlenme süresi ise 8.82 gün ile 2 gün süren MeJA ozmotik koşullandırma uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasında çimlenme süresi 6.52 gün olarak kaydedilmiştir. En yüksek çimlenme indeksi değeri (5.36) 3 gün süre ile yapılan saf su uygulamasından elde edilmiş, en düşük çimlenme indeksi ise 1.93 ile 2 gün süre MeJA uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol grubu tohumların çimlenme indeksi ise 4.05 olmuştur. Ekinezya tohumlarında, tohum

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Mustafa DEMİRKAYA, Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Programı, Talas 38280 Kayseri, Türkiye, mustafad@erciyes.edu.tr [OrcID 0000-0001-7725-3952](https://orcid.org/0000-0001-7725-3952)

² Mehmet ARSLAN, Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Melikgazi 38039 Kayseri, Türkiye, mehmetarslan@erciyes.edu.tr [OrcID 0000-0002-0530-157X](https://orcid.org/0000-0002-0530-157X)

çimlenmesi ve tohum gücü açısından ekim öncesi en ideal ön uygulamanın 3 gün süre ile saf su ozmotik koşullandırma uygulaması olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çimlenme, *Echinacea purpurea*, ekinezya, ozmotik koşullandırma, tohum.

Effect of Osmotic Conditioning Applications the Germination of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea*) Seeds

Abstract: Purple coneflower (*Echinacea purpurea*) is well known and widely used medicinal plant of the Asteraceae family. This study was conducted to investigate the effects of some preliminary seed treatments on seed viability and seed strength on purple coneflower seeds. Osmotic conditioning (OK) applications of 1: 500 seaweed extract solution, 1.0 mM methyl jasmonate (MeJA) and distilled water were applied at 20 ° C at 1, 2 and 3-days duration. Thirteen ml osmotic conditioning solutions were applied by placing 50 seeds in 9 cm petri dishes. After the applications, the seeds were taken to germination tests at 25 ° C. At the end of the study, 2-days pure water conditioning significantly increased the germination rate compared with the control. Two-days pure water application significantly shortened the average germination time compared with the control. Two and 3-days pure water applications of seaweed solution increased the germination index, which is an indicator of seed performance, compared with the control. While the high germination rate (75%) of *Echinacea* seeds was obtained from 2-days pure water application, the germination rate of the control applications was 56.5%. The lowest mean germination time (5.27 days) was obtained from 3 days of pure water osmotic conditioning, and the highest mean germination time was obtained from 2 days MeJA osmotic conditioning application with 8.82 days. Germination time in the control application was 6.52 days. The highest germination index value (5.36) was obtained from 3-days pure water application and the lowest germination index (1.93) was obtained from 2-days MeJA application. The germination index of the control group seeds was 4.05. In *echinacea* seeds, it was concluded that the ideal osmotic conditioning before planting was 3-days pure water osmotic conditioning in terms of seed germination and seedling strength.

Keywords: *Echinacea*, *Echinacea purpurea*, germination, seed, osmotic conditioning.

Giriş

Echinacea purpurea (L.) Moench Asteraceae (Compositae) familyasından dünyada iyi bilinen ve fitoterapide yaygın olarak kullanılan bir bitkidir. *Echinacea* türleri doğal olarak yayılış gösterdiği Kuzey Amerika kıtası kızıldeğerlileri tarafından yara iyi edici; ağrı kesici ve öksürük kesici olarak kullanılmıştır. Günümüzde ekinezya diş ağrısı, karın ağrısı, yılan ısırığı, cilt bozuklukları, nöbet, kronik artrit ve kanser tedavisinde kullanılmaktadır (Grimm ve Muller, 1999). Ekinezya türleri arasında tıbbi amaçlı üç tür (*E. angustifolia* DC, *E. pallida* (Nutt.)

Nutt., *E. purpurea* (L.) Moench) öne çıkmaktadır (Mazza ve Cottrel, 1999). Türkiye’de *E. Angustifolia*, *E. pallida* ve *E. purpurea* türleri kuru bitki veya preparat olarak ithal edilmekte ve tıbbi amaçlı kullanılmaktadır. İhtiva ettiği polisakkaritler, glikoproteinler, alkaloidler ve kafeik asit türevlerinden dolayı ekinezya bitkisinin antiviral, anti-bakteriyel, anti-enflamatuvar, bağışıklık sistemini güçlendirici ve yara iyileştirici etkilere sahip olduğu kaydedilmiştir (Bauer ve Wagner, 1991; Bodinet ve Beuscher, 1991; Bodinet ve ark., 1993; Parnham, 1996; Gruenwald ve ark., 2004; Mat, 2002; Gruenwald ve ark., 2004). Avrupa’da *Echinacea purpurea* türünden yapılan merhem, tentür, losyon, krem ve diş macunu olarak 280’den fazla ürün ticari olarak satılmaktadır (Craker, 2007; Upton ve ark., 2007).

Ekinezya bitkisinin toprak üstü aksamı ve köklerinden hazırlanan preparatlar genellikle tekrarlayan üst solunum yolu ve üriner enfeksiyonlarının tedavisinde yardımcı olarak kullanılmaktadır. Ekinezya vücut direncinin doğal olarak artmasına ve harekete geçmesine yardımcı olur. Ekinezyanın soğuk algınlığı, grip ve nezleye karşı koruyucu ve tedavi edici olarak kullanıldığı bilinmektedir (Schar, 1999; Upton ve ark., 2007). *E. purpurea* bitkisinde uçucu yağ oranı ile ilgili yapılan araştırmalarda uçucu yağ oranını %0.08-0.32 arasında değiştiği kaydedilmiştir (Gruenwald ve ark., 2004). Ekinezya bitkisinden elde edilen uçucu yağlar yüksek düzeyde antimikrobiyal özelliklere sahiptir (Cowan, 1999; Hammer ve ark., 1999). Bu özelliklerinden dolayı her geçen gün ekinezyaya olan talep artmaktadır.

Bitki yetiştiriciliğinde kullanılan tohumların birim alandan yüksek verim ve standart ürün üretimi için önemli kalite kriterlerini taşıması gerekmektedir. Ancak bitkisel üretimde kullanılan bazı tohumluklar gerek çevresel faktörler gerekse tohumun kendisinden kaynaklanan bazı faktörler nedeniyle istenilen kalite kriterlerini taşıyamaz. Bu durum tohumların hızlı ve eş zamanlı çimlenmesini engelleyerek üretimde önemli kayıplara neden olmaktadır. Çimlenme tohumun dinlenme aşamasından çıkıp tohumdan kökçük çıkışının görüldüğü ana kadar devam eden devredir. Sağlıklı bir çimlenme bitkisel üretimde yüksek verimi etkileyen faktörlerin en başında gelmektedir. Zor ve düzensiz çimlenen bitki türleri heterojen bir çıkış göstereceğinden birim alanda istenilen bitki sayısını ayarlamak mümkün olmamakta, bu durum önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca zor ve düzensiz çimlenen türler birim alanda yeteri kadar bitki örtüsü oluşturamadığından yabancı ot istilasına maruz kalarak ciddi boyutlarda verimde ve kalite kayıplarına uğramaktadır (Muhyaddin ve Wiebe, 1989). Üretimde tohum çimlenmesinden kaynaklanan bu tür sorunların ortadan kaldırılabilmesi veya azaltılması için tohumlar bazı ön çimlendirme ve ozmotik koşullandırma uygulamalarına tabi tutulmaktadır. Ozmotik koşullandırma uygulamalarında en çok KNO₃, KHPO₄, K₃PO₄, KH₂PO₄ ve MeJA gibi kimyasalların yanı sıra polietilen glikol, mannitol, absisik asit ve deniz yosunu özü gibi organik preparatlar kullanılmaktadır. Ozmotik koşullandırıcılar çimlenme esnasında olması gereken metabolik aktiviteleri hızlandırılarak çimlenmenin hızlı ve eş zamanlı olmasını sağlamaktadır.

Stres koşullarından uzak yetiştirilen ekinezya tohumlarında çimlenme oranı %97 seviyelerinde iken, stres koşulları altında yetişen bitkilerde bu oran %82’ye kadar düşebilmektedir (Bewley, 1997; Samfield ve ark., 1990a, 1991b; Qu ve ark., 2005). Buna karşın yabancı ekinezya genotiplerinde çimlenme oranı çok daha düşüktür (Qu ve ark., 2005). Ekinezya tohumlarında düşük çimlenme oranı dormansiden kaynaklanmakta olup çimlenmeden önce soğuk katlama (Wartidiningsih ve ark., 1994) ve etefon (Feghahati ve Reese, 1994),

uygulaması ile dormansi kırılarak çimlenme oranının yükseldiği kaydedilmiştir. Ekinezya türlerinde dormansinin tohum kabuğundan kaynaklandığı ileri sürülmüş (Duan ve ark., 2004), ancak tohum kabuğunun mekanik aşındırılması ile çimlenme oranının artmadığı kaydedilmiştir (Li ve ark., 2006). Bu durum ekinezya tohumundaki dormansinin daha çok tohumlarda mevcut hormon dengesinden kaynaklandığı görüşünü (Feghahati ve Reese, 1994), desteklemektedir. Ekinezya tohumları yüksek oranda dormansi gösterdiğinden doğrudan tarlaya ekildiğinde çimlenme ve çıkışlarında ciddi sorunlar yaşanmaktadır (Smith-Jochum ve Albrecht, 1987; Alwater, 1980). Bu sorun kimyasal ve fiziksel yöntemlerle çözülmeye çalışılmış, GA3 uygulamalarının çimlenmeyi teşvik ettiği (Macchia ve ark., 2001; Smith-Jochum and Albrecht, 1987), ve çimlenme üzerine hiç etkide bulunmadığı kaydedilmiştir (Duan ve ark., 2004; Kochankov ve ark., 1998). Ekinezya tohumlarında dormansiyi kırmak için etilen uygulaması önerilmiş (Abeles ve Lonski, 1969; Corbineau ve Côme, 1987; Feghahati ve Reese, 1994; Katonh, 1975; Kochankov ve ark., 1998; Smith-Jochum ve Albrecht, 1987), ancak ethephon uygulamasının çimlenme üzerine önemli bir etki yapmadığı kaydedilmiştir (Pill ve Haynes, 1996). Çimlenmesi zor ve düzensiz olan türlere ait tohumların çimlenme ve fide çıkış oranını artırmak için osmotik koşullandırma uygulamalarından oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Muhyaddin ve Wiebe, 1989; Wartidingsih ve Geneve, 1994; Hardegree ve Van Vactor, 2000; Giri ve Schillinger, 2003; Tüfekçi ve ark., 2108).

Materyal ve Yöntem

Çalışmada materyal olarak kullanılan ekinezya tohumları Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma Çiftliğinde bulunan ekinezya bitkilerinden 2018 yılı Eylül ayında hasat edilerek elde edilmiştir. Hasat edilen tohumlar gölgede kurutulduktan sonra diğer bitki kısımları temizlenerek kullanıncaya kadar +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Tohum ön çimlendirme uygulamaları Kayseri Üniversitesi Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Bahçe Tarımı Programı Bölümü Tohum Laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada Maxicrop ticari isimli yosun özü ekstraktı kullanılmıştır. Maxicrop, deniz yosunundan (*Ascophyllum nodosum*) üretilen bitki büyüme ve gelişimi için makro ve mikro besin elementleri, sitokinin, oksin ve absisik asit gibi büyüme düzenleyicileri, polisakarit, amino asit, vitaminleri, yağlar, proteinler, şekerler, fenoller ve antibiyotikleri içeren bir preparattır (Senn, 1987; Blunden, 1991; Stirk ve ark., 2004; Tarakhovskaya ve ark., 2007; Craigie, 2011). Tarımsal üretimde yosun özü süspanسیونlar ve ekstraktlar halinde toprağa, tohuma ve bitkiye uygulanarak kullanılmaktadır (Senn, 1987).

Maxicrop ticari isimli deniz yosunu ekstraktının Sivritepe (2000) tarafından biber tohumlarında ve Demirkaya (2010), tarafından biber ve soğan tohumlarında tavsiye edilen 1:500'lük konsantrasyonu ozmotik çözelti olarak kullanılmıştır. Deniz yosunu ekstraktı ile ozmotik koşullandırma uygulamaları, Sivritepe (2000) ve Demirkaya (2010)'a göre 20 °C'de 1, 2 ve 3 gün süreyle yapılmıştır. Bir petri kabının altına ve üstüne filtre kağıtları yerleştirilmiştir. Her bir petri kabına 1gram tohum konmuştur. Tohumları yerleştirdikten sonra her petri kabına yukarıda belirtilen dozda hazırlanmış olan 13 ml deniz yosunu ekstraktı çözeltisi konmuştur (Demirkaya,

2010). MeJA uygulamaları ise 1, 2 ve 3 gün uygulama süresi, 1.0 mM dozda, petri kabına 1 gr tohum yerleştirdikten sonra taze hazırlanmış olan 13 ml MeJA çözeltisi konularak 20 °C sabit sıcaklığa sahip olan iklim dolabında yapılmıştır (Demirkaya, 2016). Saf su ile ozmotik koşullandırma uygulamaları 1, 2 ve 3 gün uygulama süresi ve petri kabına 1 gr tohum yerleştirdikten sonra her petri kabına 13 ml saf su konularak 20 °C sabit sıcaklığa sahip olan iklim dolabında yapılmıştır. Çimlendirme testleri 25±1 °C'ye ayarlı İD-501 iklim dolabında yapılmıştır. Çimlenen tohumlar her gün sayılmış ve 1 cm kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Çimlenme oranları (%) ve çimlenme için geçen ortalama gün sayıları çimlendirme süresi sonunda ekteki formüle göre hesaplanmıştır.

Çimlenme oranı (ÇO)= (Sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı / Toplam tohum sayısı) x 100. Ortalama çimlenme süresi çimlenen tohumların belirli bir yüzdeye erişmesi için ihtiyaç duyulan gün sayısını göstermektedir ve aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. Tohum çimlenme süresi tohum popülasyonunun gücünü gösterir. Tohum çimlenme süresi ne kadar kısa ise, o kadar güçlü, süre ne kadar uzunsa gücü o kadar zayıftır.

Çimlenme süresi (ÇS) = (N1 x T1+N2+T2+ ... Nn x Tn) / TÇTS formülüne göre hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts 1980). Formülde, ÇS: Çimlenme için geçen ortalama gün sayısı; N: Çimlenme süresi boyunca belirli günler (Gözlem yapılan 3, 7, 10, ... 21. günler); TÇTS: Toplam çimlenen tohum sayısı. Çimlenme indeksi (Çİ) = (10x n_1 +9x n_2 +...1x n_{10}) / (toplam çimlendirme gün sayısı x çimlendirmede kullanılan tohum sayısı) formülüyle hesaplanmıştır (Mares ve Mrva, 2001). Formülde, n_1 , n_2 , n_3 , ... n_{10} , 1. gün, 2. gün, 3. gün ve 10. gündeki çimlenen tohum sayısını ifade etmektedir. Çimlenme indeksi popülasyonun performansını ifade eder, çimlenme indeksi arttıkça tohum popülasyonunun performansı arttığını ifade eder.

Araştırma sonucu elde edilen değerler tesadüf parselleri deneme desenine göre SPSS (10.0 for Windows) istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesi "SSPS 13.0 for Windows" istatistik programında yapılmış, ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 önemlilik seviyesinde LSD testine göre belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Ekinezya tohumlarının saf su, deniz yosunu ekstraktı ve metil jasmonat ile ozmotik koşullandırma uygulamalarına olan tepkileri çimlenme oranı, çimlenme süresi ve çimlenme indeksi parametreleri temel alınarak değerlendirilmiştir.

Farklı ozmotik koşullandırma uygulamalarının ekinezya tohumunun çimlenme oranı, çimlenme süresi ve çimlenme indeksi uygulamalarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı ozmotik koşullandırma uygulamalarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	S.D.	Çimlenme oranı	Ortalama Çimlenme süresi	Çimlenme indeksi
Uygulama	9	6.452**	293.378*	11.235**
Hata	30	0.462	129.267	1.496
Genel	39			
CV (%)		4.2	10.7	4.3

*p 0.05; **p 0.01

Çizelge 1'in incelenmesinden de görüleceği gibi çimlenme oranı ve çimlenme indeksi değerleri % 1 düzeyinde, ortalama çimlenme süresi ise % 5 düzeyinde önemli çıkmıştır.

Farklı ozmotik koşullandırma uygulamalarının ekinezya tohumunun çimlenme oranı, çimlenme süresi ve çimlenme indeksi üzerine etkisi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı ozmotik koşullandırma uygulamalarının çimlenme oranı, çimlenme süresi ve çimlenme indeksine etkisi

Uygulamalar	Uygulama süresi (gün)	Çimlenme oranı (%)	Ortalama Çimlenme süresi (gün)	Çimlenme indeksi
Kontrol	0	56.5bc	6.52b	4.05bc
Deniz yosunu ekstraktı	1	69.5ab	6.53b	5.14ab
	2	59.0abc	6.18bc	4.72b
	3	74.0a	5.89bc	5.87a
MeJA	1	53.5bc	8.6a	2.16cde
	2	50.5c	8.82a	1.93e
	3	55.0bc	8.79a	2.06de
Saf su	1	55.5bc	6.49b	3.92bcd
	2	75.0a	5.27c	6.80a
	3	66.0abc	6.41b	5.36ab

Çizelge 2'in incelenmesinden de görüleceği gibi çimlenme oranları %50.5 ile 75.0 arasında değişim göstermiştir. En yüksek çimlenme oranı değerleri 3 gün saf su ile ozmotik koşullandırma ve 2 gün deniz yosunu ekstraktı ozmotik koşullandırma uygulamalarından elde edilmiştir. Çimlenme oranı yönünden en düşük değerler MeJA uygulamalarının sırası ile 2, 3, 1 günlerinden edilmiştir. Çimlenme oranı yönünden MeJA ile yapılan tüm uygulamalardan kontrol uygulamasına göre (%56.5) daha düşük değerler elde edilmiştir. MeJA tohum çimlenmesinde ve çimlenme sonrası fide büyümesindeki rolü çok iyi bilinmektedir (Ranjan ve Lewak 1992; Bogatek ve ark., 2002; Zalewski ve ark., 2010). Ancak MeJA çimlenme üzerine etkisi oldukça karmaşıktır. Nişastalı tohumlara yapılan MeJA uygulaması çimlenmeyi engellemiş, buna karşın yağlı tohumlar üzerine bir etkide bulunmamıştır (Ranjan ve Lewak 1992). Bu nedenle MeJA'nın ekinezya tohumu üzerine engelleyici etkisi ekinezya tohumlarının nişastalı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ekinezya tohumları yüksek oranda dormansi gösterdiğinden düşük ve düzensiz çimlenme oranına sahiptir. Bu nedenle doğrudan tarlaya ekilen

ekinezya tohumlarından arzu edilen bitki popülasyonu elde edilememektedir (Li, 1988; Smith-Jochum ve Albrecht, 1987). Deniz yosunu ekstraktı uygulamaları kontrol uygulamasına oranla çimlenme oranı önemli derecede artırmıştır. Araştırmada ekinezya tohumlarında tespit ettiğimiz çimlenme oranları (%55-74) Romero ve ark. (2005)'nin ekinezya tohumları için tespit ettiği çimlenme oranları (%66-71) ile benzerlik göstermektedir. Deniz yosunu ekstraktı uygulamasının çimlenme oranı üzerine olumlu etkileri yüksek miktarda mineral maddeleri, bitki büyüme düzenleyicilerini, aminoasitleri, vitaminleri içermesinden ve suyu bünyesine maximum düzeyde tutabilmesinden kaynaklanmaktadır (Blunden, 1991). Seyreltilmiş deniz yosunu ekstraktının tohum çimlenmesi üzerine olumlu yönde etkide bulunduğunu belirten araştırma sonuçları (Sivritepe ve Sivritepe, 2008; Demirkaya, 2010; Demirkaya, 2012) bulgularımızı desteklemektedir.

Çimlenme süresi değerleri incelendiğinde çimlenme sürelerinin 5.27 ile 8.82 gün arasında değiştiği görülmektedir. Çimlenme süresi yönünden en yüksek değer 2 gün süre ile MeJA uygulamasından, en düşük değer ise 2 gün süre ile saf su ozmotik koşullandırma uygulamasından elde edilmiştir. Çimlenme süresi çimlenme hızına bağlı olarak tohum gücünün belirleyen önemli bir parametredir. Ozmotik koşullandırma uygulamaları ile çok sayıda türün çimlenme süresi kontrole kıyasla oldukça kısaltılmıştır (Sivritepe ve Demirkaya 2002; Başay ve ark., 2004; Özçoban, 2004). Yapılan bu çalışmada ekinezya tohumlarında da saf su ile yapılan ozmotik koşullandırma ile kontrole kıyasla olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ekinezya tohumlarındaki dormansi perikaptan ziyade tohum kabuğundan kaynaklanmaktadır (Duan ve ark., 2004). Ekinezya tohumlarının mekanik olarak uzaklaştırılmasının çimlenme oranını artırmadığı ve tohum kabuğunun çimlenme üzerine mekanik olarak bir engel teşkil engellemediği kaydedilmiştir (Li ve ark., 2006). Ortalama çimlenme süresinin uzaması fide gelişimlerini yavaşlatarak başta yabancı otlar olmak üzere, kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerinden olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca ozmotik koşullandırma uygulamaları ile alternatif sıcaklıklarda çimlendirilen tohumlardan elde edilen fideler stres koşullarına daha dayanıklı hale gelmektedir (Corbinau ve Come, 1990; Demirkaya, 2011; Coşkun ve ark., 2016).

Farklı ozmotik koşullandırma uygulamalarının ekinezya tohumlarının çimlenme indeksi üzerine etkisi değerleri 1.93 ile 6.80 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada en düşük çimlenme indeksi değerleri MeJA uygulamalarından elde edilmiştir. Tüm uygulama süreleri kontrole kıyasla daha düşük değerler sergilemiştir. Deniz yosunu ekstraktı uygulamaları çimlenme indeksi yönünden daha stabil sonuçlar göstermiş ve tüm uygulama süreleri kontrol uygulamasının üzerinde bir değer almıştır. Çimlenme indeksi çimlenme oranının iyi bir göstergesi olup (Al-Mudaris, 1998) tohum özellikleri ile fide çıkışı arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde gösterir (Ahmad, 2001). Çimlenme indeksinin yüksekliği çimlenme oranının yüksek olduğunu gösterir. Çimlenme indeksi ile çimlenme oranı yönünden benzer ilişki Shahverdikandi ve ark. (2011) ve Javaid ve ark. (2018) tarafından da elde edilmiştir.

Sonuç

Sonuç olarak; ekinezya tohumlarında çiçeklenme oranı, çimlenme zamanı ve çimlenme indeksi üzerine yosun üzü ekstraktı, MeJA ve saf su ozmotik koşullandırmaları kontrole kıyasla önemli derecede etkide bulunmuş, en iyi çimlenme oranları deniz yosunu ekstraktının tüm uygulamalarından ve 2 ve 3 gün süre saf su ile yapılan ozmotik koşullandırma uygulamalarından elde edilmiştir. Çimlenme süresi yönünden en iyi değerler saf su ile yapılan ozmotik koşullandırmalardan, çimlenme indeksi yönünden en iyi değerler deniz yosunu ekstraktı ve saf su ozmotik koşullandırmalarından elde edilmiştir.

Teşekkür Bilgi Notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Mustafa Demirkaya yöntem geliştirilmesi ve deneylerin planlanması, deneylerin kurulması, ve istatistik analizlerde yapılmasında görev almıştır. Mehmet Arslan materyal temininde ve makale yazımında görev almıştır. Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynakça

- Ahmad, S 2001. Environmental effects on seed characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J Agron Crop Sci*, 187: 213-6.
- Al-Mudaris, M. 1998. Notes on various parameters recording the speed of seed germination. *Der Tropenlandwirt*, 99: 147-54.
- Altwater, B. R. 1980. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. *Seed Sci Technol*, 8: 523-573.
- Ault, J. A., 2007. Coneflower-Echinacea species. In: N.O. Anderson (ed.), *Flower Breeding and Genetics*, Springer, 801-824.
- Başay, S., Sürmeli, N., Uysal, E. 2004. Biberde ozmotik koşullandırmanın depolama süresince tohum canlılığı ve biyokimyasal değişime etkisi. V. Sebze Tarımı Sempozyumu. 21-24 Eylül. Çanakkale. s. 91-95.
- Bauer, R., 1998. Echinacea: Biological effects and active principles. In *Phytomedicines of Europe, Chemistry and Biological Activity*, edited by L.D. Lawson and R. Bauer, pp. 140-157. Washington, DC: American Chemical Society.
- Benech-Arnold, R. L., Fenner, M., Edwards, P. J. 1991. Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. induced by water stress during grain filling. *New Phytol*, 118: 339-347.

- Blunden, G., 1991. Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. pp:65-81. In Guiry & Blunden, 1991, q.v.
- Bauer R. and Wagner, H. 1991. Echinacea species as potential immunostimulatory drugs. In: Wagner H. and Farnsworth N. R. (eds.). *Econ. and med. plants res.*, London, Acad. Press 5: 253-321
- Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell*. 9: 1055–1066.
- Bodinet, C., Beuscher, N. 1991. Antiviral and immunological activity of glycoproteins from *Echinacea purpurea* radix. *Planta Medica*, 57: 33-34.
- Bodinet, C., Willigmann I., Beuscher N., 1993. Host-resistance increasing activity of root extracts from Echinacea species. *Planta Medica*, 59: 672- 673.
- Bogatek, R., Come, D., Corbineau, F., Ranjan, R., Lewak, S. 2002. Jasmonic acid affects dormancy and sugar catabolism in germinating apple embryos. *Plant Physiol Biochem*, 40: 167–173.
- Craigie, J.S., 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23: 371-393.
- Corbineau, F., Come, D., 1990. Effects of priming on the germination of *Valerianella olitoria* seeds in relation with temperature and oxygen. *Acta Horticulturae*, 267: 191-197.
- Coşkun, G., Gülşen, O., Demirkaya, M. 2016. Çerezlik Kabak Tohumlarında Bazı Ön Uygulamaların Çimlenme Üzerine Etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32: 48-53.
- Cowan, M. M. 1999. Plant product as an antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, p. 564-582.
- Craker L. E., 2007. Reprinted from: Issues in new crops and new uses. *J. Janick. Medicinal and aromatic Plants- future Opportunities*, S: 248-257.
- Demirkaya, M. 2010. Deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) Ekstraktı Uygulamalarının Biber ve Soğan Tohumlarının Canlılığı ve Gücüne Etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3): 217-224, <http://fbe.erciyes.edu.tr> ISSN.1012-2354.
- Demirkaya, M, 2011. Ozmotik Koşullandırma ve Hümidifikasyon Uygulamalarını Yüksek Sıcaklıkta Biber Tohumlarının Çimlenme ve Ortalama Çimlenme Süresi Üzerine Etkileri. IV Tohumculuk Kongresi 14-17 Haziran Samsun Bildiriler Kitabı 1 S. 136-143.
- Demirkaya, M. 2016. Metil Jasmonat ve Deniz Yosunu (*Ascophyllum nodosum*) Ekstraktı ile Ozmotik Koşullandırma Uygulamalarının Düşük Sıcaklıkta Biber Tohumlarının Çimlenme ve Ortalama Çimlenme Süresi Üzerine Etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2): 141-146.
- Diraz, E., Karaman, S., Koca, N. 2012. Fatty Acid and Essential Oil Composition of *Echinacea Purpurea* (L.) Moench, Growing in Kahramanmaraş-Turkey. International Conference on Environmental and Biological Sciences (ICEBS'2012) December 21-22, 2012 Bangkok (Thailand).
- Duan, C. R., Wang, B. C., Liu W. Q., Chen, J., Lian, J., Zhao, H. 2004. Effect of chemical and physical factors to improve the germination rate of *Echinacea angustifolia* seeds. *Colloid Surf B: Biointerface* 37: 101-105.

- Dufault, R.J., Rushing, J., Hassel, R., Shepard, McCutcheon B.M. and Ward, B., 2003. Influence of fertilizer on growth and marker compound of field-grown Echinacea species and feverfew. *Scientia Horticulturae*, 98: 61-69.
- Ellis, R.H., Roberts, E.H. 1980. Towards a Rational Basis for Testing Seed Quality. In: Hebblethwaite, P.D. (Ed.), Seed Production. Butterworths, London, pp.605-635
- Feghahati, S. M. J. Reese, R. N. 1994. Ethylene-, Light-, and prechill-enhanced germination of *Echinacea angustifolia* seeds. *J. Amer Soc. Hort. Sci*, 119: 853-858.
- Grimm, W, Muller, H. H. 1999. A randomized controlled trial of the effect of liquid extract of *Echinacea purpurea* on the incidence and severity of colds and respiratory infections. *Am J Med*, 106:138-43
- Gruenwald, J., Brendler, T., Jaenicke, C. 2004. PDR for Herbal Medicines, 3rd Ed. Montvale, NJ: Thomson Healthcare, p.: 267-274.
- Hammer, K. A., Carson, C. F. and Riley, T. V. 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86: 985-990.
- Javaid, M. M., Florentine, S., Ali, H. H., and Weller, S. 2018. Effect of environmental factors on the germination and emergence of *Salvia verbenaca* L. cultivars (verbenaca and vernalis): an invasive species in semi-arid and arid rangeland regions. *PLoS One*, 13, e0194319.
- Kochankov, V. G., Grzesik, M., Chojnowski, M, Nowak, J. 1998. Effect of temperature, growth regulators and other chemicals on *Echinacea purpurea* (L.) Moench seed germination and seedling survival. *Seed Sci Technol*, 26: 547-554.
- Li, T.S.C. 1998. Echinacea, cultivation and medicinal value. *Hort Technology*, 8: 122-129.
- Macchia, M., Angelini L. G., Ceccarini, L. 2001. Methods to overcome seed dormancy in *Echinacea angustifolia* DC. *Scientia Hort*, 89: 317-324.
- Mares, D.J. Mrva, K. 2001. Mapping quantitative trait loci associated with variation in grain dormancy in Australian wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52: 1257-1265.
- Mat, A. 2004. Echinacea türleri. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs. Ed.: Başer, K.H.C., Kırırmer. N.. Eskişehir.
- Mazza, G. Cottrell, T. 1999. Volatile components of roots, stems, leaves, and flowers of Echinacea species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 3081-3085.
- Muhyaddin, T, Wiebe, H. J. 1989. Effect of seed treatments with polyethylene glycol (PEG) on emergence of vegetable crops. *Seed Sci and Technol. Toprak Bilgisi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Erzurum*. 17: 49-56.
- Özçoban, M. 2004. Bazı tohum uygulamalarının yüksek sıcaklık koşullarında ispanak (*Spinacia oleracea* L.) tohumlarının çimlenme ve çıkış oranları üzerine etkisi. V. Sebze Tarımı Sempozyumu. 21-24 Eylül 2004, Çanakkale. s. 351-354.

- Parnham, M. J. 1996. Benefit risk assessment of the squeezed sap of the purple coneflower (*Echinacea purpurea*) for long term oral immunostimulation. *Phytomedicine*, 3: 95-102.
- Pill, W. G., Haynes, J. G. 1996. Gibberellic acid during priming of *Echinacea purpurea* (L.) Moench seeds improves performance after seed storage. *J Hort Sci*, 71(2):287-295.
- Ranjan, R., Lewak, S. 1992. Jasmonic acid promotes germination and lipase activity in non-stratified apple embryos. *Physiol Plant*, 86: 335-339.
- Shahverdikandi, M. A., Tobeh A., Godehkahriz, S. J., Rastegar, Z. 2011. The study of germination index of canola cultivars for drought resistance. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 2: 89-95.
- Samfield, D. M., Zajicek, J. M., Cobb, B. G. 1990a. Germination of *Coreopsis lanceolata* and *Echinacea purpurea* seeds following priming and storage. *Hort Science*, 25: 1605-1606.
- Samfield, D. M., Zajicek, J. M., Cobb, B. G. 1991b. Rate and uniformity of herbaceous perennial seed germination and emergence as affected by priming. *J. Am. Soc. Horti. Sci*, 116: 10-13.
- Schar, D. 1999. *Echinacea: The Plant That Boosts Your Immune System*. Berkeley, California: North Atlantic Books, Chapter 2.
- Senn, T. L., 1987. *Seaweed and plant growth*. Clemson University edition. Clemson, SC 29634-0345, USA.
- Sivritepe, H. Ö. 2000. Deniz Yosunu Ekstraktı (*Ascophyllum nodosum*) ile Yapılan Ozmotik Koşullandırma Uygulamalarının Biber Tohumlarında Canlılık Üzerine Etkileri. III. Sebze Tarımı Sempozyumu. 11-13 Eylül 2000, Isparta, 482-486.
- Sivritepe, N. Sivritepe, H. Ö. 2008. Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian Journal of Chemistry*, 20: 5689-5694.
- Sivritepe, H. Ö. Demirkaya, M. 2012. Does humidification technique accomplish physiological enhancement better than priming in onion seeds. *Acta Horticulturae*. 960: 237-244.
- Smith-Jochum, C., Albrecht. M.L. 1987. Field establishment of three *Echinacea* species for commercial production. *Acta Hort*, 208: 115-20.
- Stirk, W. A., Arthur, G.D., Lourens, A. F., Novak, O., Strnad, M., Van Staden, J. 2004. Changes in cytokinin and auxin concentrations in seaweed concentrates when stored at an elevated temperature. *J. Appl. Phycol*, 16: 31-39.
- Tarakhovskaya, E. R., Maslov, Y. I., Shishova, M. F. 2007. Phytohormones in algae. *Russian Journal of Plant Physiology*, 54: 163-170.
- Tüfekçi, Ş., Yerlikaya, D. Ü., Polat, P. Ö. K., YAĞDI, K. 2018. Ekim Öncesi Tohuma Uygulanan Bazı Kimyasalların Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* var. *aestivum* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Özellikleri ve Fide Gelişimine Etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32: 79-87.
- Upton, R., Graff, A. 2007. *American Herbal Pharmacopoeia, Echinacea Purpurea Aerial Parts*, Soctts Valley, USA.

- Wartidingsih, N., Geneve, R. L. 1994. Seed source and quality influence germination in purple coneflower (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). *HortScience*, 29:1443-1444.
- Wartidiningsih, N, Geneve R. L., Kester, S.T. 1994. Osmotic priming or chilling stratification improves seed germination of purple coneflower. *Hortscience*, 29: 1445-1448.
- Yeşil, R., Kan, Y. 2013. Konya Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Ekinezya (*E. Pallida* ve *E. Purpurea*) Türlerinin Uçucu Yağ Verimi ve Bileşenleri Üzerine Farklı Dozlarda Uygulanan Organik ve İnorganik Gübrelerin Etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27: 14-23 ISSN:1309-0550.
- Zalewski, K., Nitkiewicz, B., Lahuta, L. B., Glowacka, K., Socha, A., Amarowicz, R. 2010. Effect of jasmonic acid-methyl ester on the composition of carbohydrates and germination of yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) seeds. *J Plant Physiol*, 167: 967–973.



Fermentasyon ve Enzimatik Hidroliz Uygulanan Peynir Altı Sularının Bazı Biyoaktif Özellikleri^A

Atilla TAŞ¹, Onur GÜNEŞER^{2*}

Öz: Bu çalışmada, peynir altı suyunun hem farklı tür probiyotik laktik asit bakterileri ile fermente edilerek, hem de çeşitli bitkisel ham enzim ekstraktları (%4) ile hidroliz edilerek biyoaktif peptitler yönünden zenginleştirilmiş peynir altı suyunun üretilmesi amaçlanmıştır. Fermente ve hidroliz edilmiş peynir altı suyu örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve bazı biyoaktif özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen bulgulara göre, ananas, kavun ve enginar kabuklarından elde edilen ham enzim ekstraktlarının proteolitik enzim aktiviteleri sırasıyla 5.066, 4.921 ve 5.514 UI/mL olarak belirlenmiştir. Fermente edilen peynir altı suyu örneklerinin anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitör aktiviteleri 2.02-6.48 kat arasında artarken, hidrolize peynir altı suyu örneklerinde ise 1.85 ile 3.29 kat arasında artış göstermiştir. Bitkisel ham enzim ekstraktlarıyla hidroliz edilmiş peynir altı suyu örneklerinde %35 ile %53 arasında değişen antioksidan aktivite artışının meydana geldiği tespit edilmiştir. Elektroforetik analizler sonucunda; β -laktoglobulin ve α -laktalbumin'in fermentasyon ve hidroliz sonucunda parçalanmaları farklı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Fermente edilen peynir altı suyu örneklerinde yapılan *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus rhamnosus* sayımında sırasıyla 0.39 log kob/mL ve 1.09 log kob/mL düzeyinde bir artışın olduğu belirlenmiştir. Fermente ve hidroliz edilmiş peynir altı sularının *Escherichia coli* ATTC 25922, *Staphylococcus aureus* ATTC 6538, *Listeria monocytogenes* 4c RSKK 476 ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium* ATCC 700408 bakterileri üzerine herhangi bir mikrobiyel inhibisyon sağlamadığı da tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitörü, antioksidan etki, biyoaktif peptitler, fermentasyon, enzimatik hidroliz, peynir altı suyu.

^A Bu çalışma Atilla TAŞ tarafından hazırlanan "Fermentasyon ve Enzimatik Hidroliz Uygulanan Peynir Altı Suyunun Bazı Biyoaktif Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ² Onur GÜNEŞER, Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Uşak, Türkiye, onur.guneser@usak.edu.tr [OrcID 0000-0002-3927-4469](https://orcid.org/0000-0002-3927-4469)

¹ Atilla TAŞ, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı ve Uşak Süt A.Ş., 64000, Uşak, Türkiye, atas@enkasut.com.tr [OrcID 0000-0001-7162-6762](https://orcid.org/0000-0001-7162-6762)

Some Bioactive Properties of Whey Applied Fermentation and Enzymatic Hydrolysis

Abstract: In this study, it was aimed to produce whey enriched with bioactive peptides by both fermentation of probiotic lactic acid bacteria and hydrolyzation of certain crude plant protease extracts (4%). Physico-chemical, microbiological and some bioactive properties of the fermented and hydrolyzed whey samples were investigated. According to the findings of the study, proteolytic activities of the crude enzyme extracts obtained from the peels of pineapple, watermelon and artichoke were determined as 5.066, 4.921 ve 5.514 UI/mL, respectively. Angiotensin converting enzyme inhibitor activities of the fermented whey samples increased between 2.02 and 6.48 fold, while these inhibitor activity values of the whey samples hydrolyzed by the crude enzyme extracts increased between 1.85 and 3.29 fold. It was determined that an increase from 35 to 53 % in the antioxidant activities of the whey samples hydrolyzed by the crude enzyme extracts. As a result of electrophoretic analysis; it was determined that the degradations of β -lactoglobulin and α -lactalbumin were occurred by hydrolysis and fermentation at the different levels. An increase in cell of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus* in fermented whey samples were found as 0.39 log cfu/mL and 1.09 log cfu/mL, respectively. It was determined that the fermented and hydrolyzed whey samples had no antimicrobial activity on *Escherichia coli* ATTC 25922, *Staphylococcus aureus* ATTC 6538, *Listeria monocytogenes* 4c RSKK 476, ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium* ATCC 700408.

Keywords: Angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitor, antioxidant effect, bioactive peptit, enzymatic hydrolysis, whey.

Giriş

Günümüzde insan metabolizması üzerinde birçok fizyolojik etkiye sahip biyolojik aktif bileşenlerin rolü giderek önem kazanmaktadır. Söz konusu bu biyoaktif bileşenlerin bir grubunu da gıda proteinlerinden ortaya çıkan biyoaktif peptitler oluşturmaktadır. Hayvansal ve bitkisel proteinler potansiyel biyoaktif bileşenler içermelerine rağmen biyoaktif peptitler açısından en önemli kaynaklar süt ve süt ürünleridir. Süt kaynaklı biyoaktif peptitlerin büyük bir kısmı sütte bulunan kazein ve serum proteinlerinden oluşmaktadır. Farklı yollarla açığa çıkan süt kaynaklı biyoaktif peptitler ilaç veya hormon benzeri bir aktivite gösterip insan vücudunda fizyolojik tepkimelere cevap veren hedef hücre reseptörlerine bağlanmakta ve onlarla etkileşimde bulunmaktadır. Biyoaktif peptitlerin insan sağlığı üzerine; antihipertansif, antitrombik, opioid, antioksidatif ve antimikrobiyel, bağışıklık sistemini düzenleyici ve biyotransformasyon etkileri bulunmaktadır (Meisel, 1997; Chabance ve ark., 1998; Meisel ve Bockelmann, 1999; Korhonen ve Pihlanto-Leppälä, 2000).

Biyoaktif peptitlerin biyoyararlılığı ve insan metabolizmasındaki etkileri uzun süreden beri çalışılmakta olup üzerindeki tartışmalar halen devam etmektedir. Ayrıca, fonksiyonel gıdaların biyoaktif peptitlerle zenginleştirilmesi, bu peptitleri içeren fonksiyonel gıda ürünlerinin satışa sunulması veya farmakolojik

preparatlarda kullanımlarıyla ilgili değişik yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu nedenle süttten veya peynir altı suyundan (PAS) enzimatik hidrolizasyon (bitkisel ve mikrobiyal kaynaklı) veya proteolitik aktiviteye sahip starter kültürlerin faaliyetleri sonucu üretilmesiyle elde edilen biyoaktif peptitler, katma değeri yüksek ürün elde etme açısından büyük bir potansiyel olarak görülmektedir (Korhonen ve Pihlanto-Leppälä, 2006; Korhonen, 2009). Konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; insan metabolizmasında etkili olan tripsin, kimotripsin gibi enzimler kullanılarak süt ve süt ürünlerindeki bileşenlerden biyoaktif peptitlerin açığa çıkarılması ve tanımlanması üzerine ilginin giderek arttığı görülmektedir (Meisel ve Bockelmann, 1999; Hernández-Ledesma ve ark., 2007). Bu nedenle, farklı tür hayvan sütlerinin doğrudan kullanımıyla veya bu sütlerden üretilen peynirlerden elde edilen PAS'ların laktik asit bakterileri veya farklı enzimlerle muamelesi sonucunda üretilen biyoaktif peptitlerin eldesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Tsai ve ark., 2008; Abdel-Hamid ve ark., 2017; Aguilar-Toalá ve ark., 2017; Welsh ve ark., 2017). Konu ile ilgili bir çalışmada, ananasdan elde edilen bromelain enzimi kullanılarak hidrolize inek sütü formülasyonu geliştirilmiştir (Mederios ve ark., 2014). Araştırmacılar elde edilen üründe 3-10 kg/mol ağırlığında biyoaktif peptitlerin olduğunu, ürünün yağ oranına göre anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibitör aktivitesinin değişebildiğini ve 100:1 (süt:enzim) oranında kullanılan enzim miktarında yağsız ve yarım yağlı ürünlerdeki ACE inhibitör aktivitesinin sırasıyla % 35.67 ve % 43.94 düzeyinde olduğunu belirlemiştirler. Yabani enginardan elde edilen enzimlerden biyoaktif peptit üretiminin incelendiği diğer bir çalışmada (Tavares ve ark., 2011), bitkiden elde edilen proteolitik enzim ekstraktının PAS proteinlerinin hidrolizini gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Çalışmada PAS'dan enzimatik hidrolizi ile ülser etkisine karşı koruyucu özellik gösteren biyoaktif peptitlerin üretilebileceği tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada (Barros ve ark., 2011), yabani enginar çiçeklerinden elde edilen aspartik proteazın α -laktalbumin'i büyük ölçüde parçaladığı, β -laktoglobulin'i ise çok düşük oranda hidrolize ettiği belirlenmiştir. Enzimin, her iki proteini parçalaması sonucunda düşük molekül ağırlıklı peptitlerin oluştuğu belirlenmesine rağmen, biyoaktif özellikleri hakkında detaylı bir bilgi bulunmamaktadır.

Laktik asit bakterileri artisanal ve geneksel gıdalardan veya insanların farklı organlarından izole edilebilmektedir. Laktik asit bakterileri insan metabolizmasından olumlu etkilere sahip yararlı metabolitleri üretmekte ve bazı türleri probiyotik özellik göstermektedir (Masood ve ark., 2011). Günümüzde laktik asit bakterileri üzerine birçok çalışma yürütülmektedir. Laktik asit bakterilerinin starter kültür olarak kullanıldığı gıdaların başında fermente süt ürünleri gelmektedir. Laktik fermentasyon sonucu, sütte bulunan proteinler (ör; kazein, serum proteinleri) daha küçük peptitlere parçalanarak, opioid, mineral bağlayıcı, ACE inhibitör, antioksidan, antimikrobiyel ve hücre düzenleyici özellikler göstermektedir (Korhonen ve Pihlanto-Leppälä, 2006; Venegas-Ortega ve ark., 2019). Le Blanc ve ark. (2002) *Lactobacillus helveticus* R389 ile fermente ettikleri yağsız sütte bağışıklık sistemi düzenleyici peptitlerin oluşumunu incelemiştirler. Çalışmada sonucunda fermente sütün bileşiminde üç farklı biyoaktif peptit fraksiyonunun oluştuğu ve söz konusu fraksiyonların *in vivo* ortamda bağ dokusunda oluşan fibrokarsom tümörüne karşı karşı antitümör etki gösterdiği, IgA+B hücrelerini artışı sağlayarak da bağışıklık sistemi güçlendirici etkilerinin olduğunu belirlemiştirler. Yapılan diğer bir çalışmada farklı türde mikrobiyel kültürler kullanarak ACE inhibitör aktivitesi yüksek fermente sütü üretimi incelenmiştir (Chaves-López ve ark., 2014), *P. kudriavzevii* KL84A, *Lactobacillus plantarum* LAT3,

Enterococcus faecalis KE06 birlikte kullanılmasıyla yüksek ACE inhibitör aktivitesine sahip fermente süt üretiminin gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir. Buna göre, söz konusu fermente sütün peptit içeriğinin 2 mg/mL düzeyinde olduğu ve 6°C'de 7 gün depolama süresince fermente sütteki ACE inhibitör aktivitesinin başlangıç ACE inhibitör aktiviteye göre 2 kat, peptit içeriğinin ise 1.7 kat artış gösterdiği saptanmıştır. Hamme ve ark. (2009) ise asit ile pıhtılaştırılmış keçi sütünden elde edilen peynir altı suyunun *Lactobacillus rhamnosus* ve *Kluyveromyces marxianus* ile fermentasyonu sonucunda sırasıyla % 52 ve % 45 oranında ACE inhibitör aktivitesine sahip fermente peynir altı suyunun üretilebileceğini belirlemişlerdir.

Literatür verileri değerlendirildiğinde, farklı proteolitik enzimler ve/veya laktik asit bakterileri kullanılarak PAS'dan farklı fizyolojik etkilere sahip biyoaktif peptitlerin üretim potansiyelinin bulunduğu açıkça görülmektedir. Bu çalışmada, probiyotik özellik gösteren *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus rhamnosus* saf kültürleri ile fermente edilmiş PAS'ın yanısıra ananas, enginar ve kavun kabuklarından elde edilen ve sırasıyla bromelain, cardoon ve cucumisın proteolitik enzimlerini içerdiği bilinen ham enzim ekstraktları ile hidrolize PAS üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen ürünlerin bazı kimyasal ve biyolojik özellikleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada kullanılan PAS, Uşak'da PAS tozu üretimi yapan Uşak Süt A. Ş. (Uşak) firmasından pastörize şekilde temin edilmiştir. İşletmeye getirilen PAS, peynir işletmelerinde üretilen beyaz peynir, kaşar peyniri ve lor peyniri yapımından arta kalan PAS'ların karışımından oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar ve standart maddeler analitik /kromatografik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (St Louis, ABD)'den satın alınmıştır. Mikrobiyel fermentasyon için kullanılan *L. acidophilus* (nu-trish® LA-5®, Chr Hansen) ve *L. rhamnosus* (LGG® Grade G, Chr Hansen) saf kültürleri dondurularak kurutulmuş (freeze dry) olarak Chr. Hansen (İstanbul, Türkiye) firmasından temin edilmiş ve soğuk zincir muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan besiyerleri LabM (Lancashire-İngiltere) ve Sigma-Aldrich (St Louis, ABD) firmalarından satın alınmıştır.

Yöntem

Peynir Altı Suyunun Pastörizasyonu: Çalışmada kullanılan PAS'ın pastörizasyonu temin edilen işletmede (Uşak Süt, A.Ş., Uşak) bulunan plakalı ısı değiştirici sistem (EDM-PAST -1500, Edelmak Mak. San Tic. Konya) ile 85°C'de 15-30 sn şeklinde olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aseptik şekilde 2 L'lik şişelere konularak hızlıca mikrobiyel fermentasyon ve enzimatik hidroliz işlemleri için hazırlanmıştır.

Peynir Altı Suyunun Probiyotik Bakteriler ile Fermentasyonu: Fermentasyon işlemi için, pastörize PAS'ın pH'sı 6.68'e 0.1 N steril NaOH ile ayarlanmış ve aseptik koşullarda fermentasyon şişelerine 500 mL'lik 6 eşit kısma ayrılmıştır. Daha sonra PAS örneklerine yaklaşık 6 log düzeyinde *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus*

bakteri solüsyonları inoküle edilmiştir. İnokülasyondan sonra PAS'ların son pH'ları 4.7-4.6 olacak şekilde 37°C'de 24 saat boyunca inkübasyona bırakılarak fermente edilmiştir. Fermentasyon, *L. acidophilus* için mikroaerobik olarak 150 rpm karıştırma hızında, *L. rhamnosus* ise anaerobik olarak inkübatörde gerçekleştirilmiştir (DAIHAN, IS-30, Güney Kore). Fermentasyonun 6., 12. ve 24. saatlerinde PAS örneklerinden alınarak biyokimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

Bitkisel Ham Enzim Ekstraktlarının Hazırlanması: PAS'ların enzimatik hidrolizi için ananas, enginar ve kavun kabuklarından ultra saf su ile elde edilen ham enzim ekstraktları kullanılmıştır. Söz konusu ham enzim ekstraktlarının elde edilmesinde Konrad ve ark. (2014)'nın önerdiği metot modifiye edilmiştir. Bu amaçla, ananas, enginar ve kavun kabukları etüvde 50°C'de 3-5 gün kurutularak laboratuvar tipi blendardan geçirilmiştir. Daha sonra, toz haline gelen kabuklardan 25 g tartılmış ve cam şişelere aktarılmıştır. Örneklerin üzerine 250 mL ultra saf su ilave edilerek oda sıcaklığında 150 rpm'de 24 saat çalkalanmış ve ham ekstraktlar bir tülbentten süzülerek 250 mL'lik beherlere alınmıştır. Beher içerisinde bulunan ekstraktlara % 30 doygunluğa ulaşana kadar amonyum sülfat +4°C'de eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra ekstraktlar 4000 rpm'de 20 dakika boyunca santrifüj (Lab 312, Türkiye) edilmiştir. Santrifüj sonunda berrak supernatant süzülmüş ve kalıntı kısma tekrar 30 mL ultra saf su eklenmiştir. Saf su eklenen ekstraktlar diyaliz membranına (Spectrum, Spectra/Por 1 Dialysis Tubing, 6-8 kD MWCO) alınarak saf suya karşı +4°C'de 24 saat boyunca diyalizi gerçekleştirilmiştir.

Peynir Altı Suyunun Enzimatik Hidrolizi: PAS'ın enzimatik hidrolizi için ananas, kavun ve enginardan elde edilen ham enzim ekstraktları kullanılmıştır. Hidroliz işlemi için PAS mikrobiyolojik fermentasyonda olduğu gibi hazırlanmıştır. Daha sonra PAS örneklerine ham enzim ekstraktlarından 10 mL ilave edilerek hidroliz işlemi gerçekleştirilmiştir. Hidrolizasyon 37°C'de, 150 rpm karıştırma hızında 24 saat sürdürülmüştür. Hidroliz süresince 6., 12. ve 24. saatlerde PAS örneklerinden numuneler alınarak hızlıca enzim aktivitesini yavaşlatmak için 5°C'ye soğutulmuştur. Daha sonra örnekler hızlıca -30°C'ye dondurulmuştur.

Kimyasal Analizler

Genel Kompozisyon: Çalışmada kullanılan PAS'ın pH, kurumadde ve kül miktarının belirlenmesi Bradley ve ark. (1992)'a göre yapılmıştır. Örneklerin protein miktarı Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Bradley ve ark., 1992).

Ham Enzim Ekstraktların Proteolitik Aktivitesi: Ananas, kavun ve enginar kabuklarından elde edilen ham enzim ekstraktlarının proteolitik aktiviteleri spektrofometrik olarak Konrad ve ark. (2014)'e göre yapılmıştır. Bu metotta spesifik olmayan proteaz aktivitesi, kazein'in substrat olarak kullanılmasıyla belirlenmektedir. Bitkisel ham enzim ekstraktlarının proteolitik aktivitesi daha önceden oluşturulmuş tirozin grafiği yardımıyla UI/mL enzim ekstraktı olarak belirlenmiştir.

Jel Elektroferez Yöntemiyle Hidroliz Düzeyinin Belirlenmesi: Fermente ve hidrolize PAS proteinlerinin hidroliz düzeylerinin belirlenmesi amacıyla SDS-PAGE jel elektroferez yöntemi kullanılmıştır. Bu amaç için Biorad firmasından Tris-Tricine Precast Gel (16.5% 1.5-30 kD, Biorad, ABD) temin edilmiştir. Fermentasyon ve enzimatik yollarla hidroliz edilen peynir altı suları öncelikle 15 mL'lik falkon tüplerine alınarak 4000 rpm'de

20 dk santrifüj edilmiş ve santrifüj edilen numunelerin orta kısmından 50 µL örnek eppendorf tüplerine alınarak 50 µL ultra saf su ile seyreltilmiştir. Daha sonra, eppendorf tüpünün içerisine 25 µL tricine örnek tamponu (200 mM Tris-HCl, pH 6.8, % 2 sodyum dodesil sulfat - SDS, %40 gliserol, %0.04 Coomassie Brilliant Blue G-250, 2% β-mercaptoethanol, Biorad, ABD) eklenerek 15 dk vorteks uygulanmıştır. Hazırlanan örnekler 95°C'deki su banyosunda 6.5 dk. bekletilerek protein denatürasyonu gerçekleştirilmiştir. SDS-PAGE elektroforez ünitesine yerleştirilen jel kuyucuğuna her biri 14 µL olacak şekilde numuneler ve protein standardı (Precision Plus Protein™ Dual Xtra Standards (2-250 kD, Biorad-ABD) yüklenmiştir. Numuneler, 60 V'da 10 dk., 80 V'da 125 dk. buffer ortamında (10xTris/Tricine/SDS buffer, Biorad-ABD) jelde yürütülmüştür. Elde edilen jellerin asetik asitte 20-30 dk. fiksasyonu, %0.1'lik Coomassie Blue R250 boya çözeltisi içerisinde 24 saat boyaması ve çalkalayıcı üzerinde 24 saat süreyle metanol:asetik asit çözeltisinde (1:1) yıkaması yapılarak protein bantlarının görünür hale gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra, jellerin görüntüleri UV Transilluminatör'e alınarak fotoğrafları çekilmiştir. Jel fotoğraflarının Gel Analyser 2010 (Freeware, from Dr. Istvan Lazar) jel görüntüleme paket programıyla protein bantlarının yoğunlukları belirlenmiştir.

Peynir Altı Suyunun Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Antioksidan Aktivite: Fermente ve hidrolize PAS örneklerinde antioksidan aktivite iki farklı yöntem ile belirlenmiştir. Bunlar; Benvenuti ve ark. (2004) tarafından önerilen DPPH (2,2-difenil-1- pikrilhidrazil) yöntemi ve Apak ve ark. (2004) tarafından önerilen CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasite) yöntemidir. Her iki yöntemde de fermentasyon ve enzimatik yolla hidroliz edilen PAS örnekleri seyreltme yapılmadan kullanılmıştır.

Anjiyotensin-Dönüştürücü Enzim (ACE) İnhibitör Aktivitesi: PAS örneklerinde ACE inhibitör aktiviteleri Cushman ve Cheung (1971) tarafından geliştirilen yöntemle göre yapılmıştır. ACE inhibitör aktivitesinin ölçülmesinde fermente ve hidrolize PAS örnekleri doğrudan kullanılmış olup Şanlı ve ark. (2018) metod koşulları takip edilmiştir.

Antimikrobiyel Aktivite: PAS örneklerinde antimikrobiyel aktivite disk difüzyon yöntemiyle Cherrat ve ark. (2013)'e göre gerçekleştirilmiştir. Fermente ve hidrolize PAS örneklerinin patojenler üzerine inhibisyon etkisini belirlemek için *Escherichia coli* ATTC 25922, *Staphylococcus aureus* ATTC 6538, *Listeria monocytogenes* 4c RSKK 476, ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium* ATCC 700408 bakterisi suşları kullanılmıştır. Pozitif kontrol olarak spiramisin (100 µg) ve eritromisin (100 µg) antibiyotiklerinin solüsyonları kullanılmıştır.

Mikrobiyolojik Analizler

Probiyotik Bakterilerin Sayımı: PAS'ın fermentasyonu sırasında probiyotik mikroorganizmaların mikrobiyel gelişimlerini izlemek için mikrobiyolojik sayımları gerçekleştirilmiştir. *L. acidophilus* sayımı için modifiye MRS-Agar besiyeri (1.5 g/L safra tuzları içeren), *L. rhamnosus* sayımı için modifiye MRS-Agar (%0.04 g bromkresol yeşil) kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlar hazırlanarak söz konusu bakterilerin dökme plak yöntemiyle

ekimleri yapılmıştır. Ekim yapılan petriyer *L. acidophilus* için mikroaerofilik, *L. rhamnosus* ise anaerobik kavanozda (Anaerocult® A, Merck) ve Anaerocult® A (Merck) anaerobik kit varlığında anaerobik koşullarda 37°C'de 72 saat inkübasyona bırakılmış ve bu süre sonunda gelişen koloniler sayılmıştır. Probiyotik bakterilerin sayıları log kob/mL olarak ifade edilmiştir (Dave ve Shah, 1996; Kailasapathy ve ark., 2008).

İstatistiksel Analizler

Çalışmada, PAS örneklerinin kimyasal ve biyokimyasal özelliklerindeki farklılıkları belirlemek amacıyla çift yönlü (two-way ANOVA) varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Fermantasyon süresince probiyotik bakterilerin sayılarında meydana gelen değişimler tek yönlü varyans (One-way ANOVA) tekniği ile analiz edilmiştir. İstatistiksel olarak önemli olan farklılıkların karşılaştırılması için TUKEY çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. (Sheskin, 2004). Tüm istatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS for Windows (version 20.0) ve Minitab (version 16) paket programları kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Genel Kompozisyon

Çalışmada kullanılan PAS'ın kurumadde ve protein miktarı, temin edildiği işletmede ultrafiltrasyon yoluyla % süt bileşimine yakın olacak şekilde ultrafiltrasyon sistemi ile (~10 °Bx, ve ~% 3 protein) ayarlanmıştır. Genel bileşimin belirlenmesi için yapılan analizlerde, PAS örneğinde kurumadde, asitlik (pH), protein ve kül miktarı sırasıyla % 8.06, 7.1 pH, % 2.10 ve % 1.16 olarak tespit edilmiştir. Blaschek ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada Cheddar peyniri üretiminden arta kalan tatlı PAS'da ortalama % 6.6 toplam kurumadde, % 0.2 yağ, % 0.8 protein ve % 0.2 tuz miktarı olduğu belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada (Lievore ve ark., 2015), Brazilya'nın Paraná ilinde toplanan asit PAS örneklerinin ortalama % 5.57 toplam kuru madde, % 0.84 protein, % 0.61 kül ve % 1.18 laktoz içerdiği bildirilmiştir. Buna göre, çalışmada ultrafiltrasyon yoluyla bileşimi ayarlanan PAS örneğinin bileşiminin hiçbir işlem görmemiş tatlı veya asit PAS örneklerine göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.

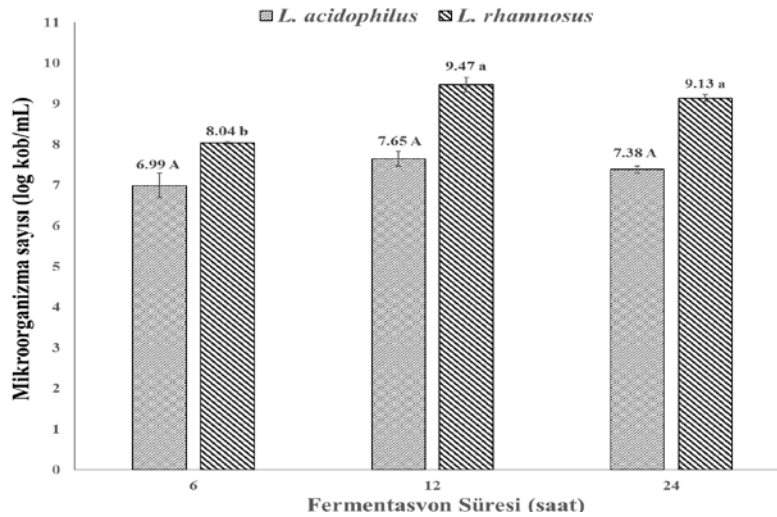
Bitkisel Ham Enzim Ekstraktlarının Proteolitik Aktiviteleri

Yapılan spesifik olmayan proteaz aktivitesi analizi sonucunda, ananas, kavun ve enginar kabuklarından elde edilen enzim ekstraktlarının proteolitik enzim aktiviteleri sırasıyla 5.066, 4.921 ve 5.514 UI/mL enzim ekstraktı olarak belirlenmiştir. Enginardan elde edilen ham enzim ekstraktının proteolitik aktivitesinin diğer ekstraktlara göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Ancak, SDS-PAGE analizlerinde kavundan elde edilen ham enzim ekstraktının PAS proteinlerini parçalaması daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, analizde substrat olarak kazein proteininin kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü, proteinlerin yapısal düzeninden ve protein-enzim arasındaki etkileşimlerden enzim aktivitesinin etkilendiği bilinmektedir. Literatürde, bitkisel

kaynaklardan elde edilen enzimlerin aktiviteleri farklı yöntemlerle belirlenmiş ve sonuçlar çok fazla değişkenlik göstermektedir. Lestari ve Suayta (2019) yaptıkları bir çalışmada ananas kabuklarından elde ettikleri bromelain ham ekstraktının proteolitik aktivitesini 55°C'de 8.333 UI/mL enzim ekstratı olarak belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada (Esposito ve ark., 2016), enginar kabukları ve alp devedikeni çiçeğinden elde edilen aspartik proteaz enzim ekstraktlarının toplam enzim pıhtılaştırma aktivitelerini (enzyme clotting activity) 9.26 U ve 320.24 U olarak belirlemişlerdir.

Fermente ve Hidrolize Peynir Altı Sularında Probiyotik Bakterilerin Gelişimleri

Fermente PAS örneğinde *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus*'un mikrobiyel gelişimleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Fermentasyon süresince her iki probiyotik bakterinin sayısının 6 log kob/mL düzeyinden olduğu, *L. acidophilus* sayısında ortalama 0.39 log kob/mL düzeyinde ve *L. rhamnosus*'da ise 1.09 log kob/mL düzeyinde bir artış meydana geldiği belirlenmiştir. Fermentasyon süresince *L.rhamnosus* sayısındaki artış önemli bulunurken ($p<0.05$), *L. acidophilus* sayısındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p<0.05$).



Şekil 1. Fermentasyon süresince probiyotik bakterilerin peynir altı suyundaki mikrobiyel gelişimleri

^{A-B} Farklı büyük harflerle gösterilen *L. acidophilus*'a ait ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

^{a-b} Farklı küçük harflerle gösterilen *L. rhamnosus*'a ait ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Probiyotik bakterilerin fermente PAS'daki mikrobiyel gelişimlerinden elde ettiğimiz bulgular yapılan bazı çalışmalarla benzerdir (Virtanen ve ark., 2007; Pescuma ve ark., 2008). Pescuma ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada, *Streptococcus thermophilus* CRL 804, *Lactobacillus acidophilus* CRL 636 ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CRL 454 kullanılarak fermente edilen rekonstitüye PAS tozunun fonksiyonel içecek üretim potansiyelini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, *L. acidophilus* CRL 636'nın hem 37°C hem de 42°C'de 24 saat fermentasyon süresince mikrobiyel gelişiminin ortalama 2.5 log kob/mL olduğu ve fermentasyon süresince PAS'daki α -laktalbumin'in parçalanmasının β -laktoglobulin'den (2.3–3.4 kat) daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Süt endüstrisinde kullanılan çeşitli starter kültürlerle fermente edilen sütlerdeki

mikrobiyel gelişim ve antioksidan aktivitenin incelendiği bir çalışmada (Virtanen ve ark., 2007), yağsız sütün *L. acidophilus* ile 24 saatlik fermentasyonu süresince *L. acidophilus*'un hücre sayısında 4 log kob/mL'luk bir artışın meydana geldiği belirlenmiştir.

Fermente ve Hidrolize Peynir Altı Sularının Antioksidan Aktiviteleri

Oksidatif stress, oksijen ve azot reaktiflerinin üretim miktarının artması ve vücudumuzdaki endojen antioksidan mekanizmasının yetersiz kalması ile oluşmaktadır. Oksidatif stress, vücudumuzda yaşam boyunca meydana gelebilecek hastalıkların başlamasına ve ilerlemesine neden olan önemli bir faktördür. Antioksidan maddelerin günlük diyetimizde bulunması vücudumuzdaki endojen antioksidan mekanizmasını güçlendirmektedir (Usta ve Yılmaz Ersan, 2013; Mann ve ark., 2019). Süt ve süt ürünlerinde bulunan antioksidan özellikteki biyoaktif peptitlerin serum proteinlerinden salındığı/oluştugu ve özellikle metiyonin, sistein gibi kükürt içeren amino asitler, tirozin, triptofan, histidin gibi aromatik özelliğe sahip aminoasitler ile lizin içeren peptitlerin antioksidan özelliklerinin olduğu belirtilmektedir. Söz konusu amino asitlerden kükürt içerenler, aktif SH grupları bulundukları için doğrudan radikaller ile etkileşime girebilmektedir. Aromatik yapıdaki aminoasitler ise yapılarındaki hidrojen atomlarını elektron eksikliği bulunan radikallere vererek antioksidan özellik göstermektedirler (Gür ve ark., 2010; Mann ve ark., 2019). Temel olarak antioksidan maddelerin serbest radikaller ile kimyasal reaksiyona girme mekanizmaları çok farklı olabilmektedir (Örn; hidrojen atomu verme, tek elektron verme, metal iyonlarının şelatlanması). Bu nedenle, antioksidan özellikteki bir maddenin antioksidan aktivitesi en az iki farklı metot ile belirlenmelidir (Kırca ve Özkan, 2010; Büyüktuncel, 2013; Santos-Sánchez ve ark., 2019). Bu çerçevede, yapılan bu çalışmada CUPRAC ve DPPH yöntemleri ile PAS örneklerinin antioksidan aktivitesi ölçülmüştür. Fermente ve hidrolize PAS örneklerinin antioksidan aktiviteleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

PAS örneklerinin DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan değerleri incelendiğinde, kontrol grubu ve *L. rhamnosus* ile fermente olan PAS örneği hariç diğer tüm peynir altı sularının EC₅₀ değerlerinin 24 saatlik fermentasyon süresince önemli derecede azaldığı ($p<0.05$), diğer bir deyişle antioksidan aktivite değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle ananas, enginar ve kavun kabuklarından elde edilen ham bitkisel enzim ekstraktlarıyla hidroliz edilmiş PAS örneklerinin ortalama EC₅₀ değerinde % 35-53 arasında bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. *L. acidophilus* ile fermente edilmiş ve edilmemiş (kontrol) PAS örneklerinde ise bu değer sırasıyla % 16.20 ve % 8.74 oranında bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, PAS'ın proteolitik aktiviteye sahip bitkisel ham enzim ekstraktlarıyla hidroliz edilmesiyle antioksidan biyoaktiviteye sahip biyoaktif peptitlerin oluşumunun *Lactobacillus* cinsi probiyotik bakteriler ile fermente edilen PAS'da daha yüksek olduğu söylenebilir. Nitekim, çalışmamızdaki sonuçlara benzer olarak proteolitik aktiviteye sahip bitkisel enzim ekstraktlarıyla PAS proteinlerinin hidrolize edildiği çalışmalarda antioksidan aktivitenin arttığı saptanmıştır (Tavares ve ark., 2011; Rocha ve ark., 2017). Kontrol grubundaki antioksidan aktivite artışının ise SH gruplarının moleküler etkileşimlerine ve kompleks reaksiyonlarına bağlanabilir (Owusu-Apenten, 2005).

Peynir altı sularının CUPRAC yöntemine göre belirlenen antioksidan değerleri incelendiğinde, DPPH yöntemiyle elde edilen bulgulara benzer olarak fermente ve hidrolize PAS örneklerin antioksidan aktivite miktarlarında önemli bir artışın meydana geldiği belirlenmiştir. Özellikle *L. acidophilus* ile fermente edilen PAS örneğinin 24 saatlik fermentasyon sonunda CUPRAC değerinin dolayısıyla antioksidan aktivite değerinin yaklaşık 4.5 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, kavun kabuklarından elde edilen ham enzim ekstraktı ile hidrolize PAS örneklerinin diğer enzim ekstraktları ile hidrolize peynir altı sularına göre daha yüksek antioksidan özellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Yirmi dört saatlik uygulama süresince fermente ve hidrolize PAS örneklerindeki antioksidan aktivite artışı hem CUPRAC hem de DPPH yöntemi ile belirlenmiştir. Peynir altı sularında meydana gelen antioksidan aktivite artışlarının kullanılan yöntemlere göre farklılık göstermesi daha öncede ifade edildiği gibi antioksidan aktivite belirleme yöntemlerinin farklı prensiplere dayanması ve oluşan antioksidan maddelerin, bu yöntemlerde kullanılan sentetik radikallerle farklı şekillerde etkileşime girmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Rocha ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, *Salpichroa organifolia* (vadi zambağı) bitkisinin meyvelerinden elde ettikleri aspartik proteazı serbest ve glutaraldehit agoroz ile immobilize ederek PAS protein konsantratını hidroliz etmişlerdir. Daha sonra elde edilen PAS hidrolizatı ultrafiltrasyon işlemiyle 10 kDa'dan büyük, 3-10 kDa arasında ve 3 kDa'dan küçük fraksiyonlarına ayırıp antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, 3 kDa'dan küçük fraksiyonların yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu, PAS konsantratının (hidrolize olmamış) ise en düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, araştırmacılar PAS proteinlerinin hidroliz derecesinin artması ile antioksidan aktivitenin arttığını belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada (Neto ve ark., 2019), *Eupenicillium javanicum* ve *Myceliophthora thermophile* küflerinden elde edilen fungal enzimlerin PAS'ın hidrolizinde kullanılabileceği belirlenmiştir. Çalışmada, her iki küften elde edilen enzimin PAS proteinlerini hidroliz etme miktarının % 15-20 arasında olduğu ve DPPH radikalini en yüksek inhibe oranının % 16.21 olarak *M. thermophile*'den elde edilen enzim ile gerçekleşebildiği saptanmıştır. Correa ve ark. (2014) ise koyun sütünde elde edilen peynirden arta kalan PAS'ın *Bacillus* sp. P7 suşundan elde edilen proteaz ile hidroliz ederek antioksidan ve ACE-inhibitör aktivite özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, koyun sütü PAS'ının *Bacillus* sp. P7 suşundan elde edilen proteaz ile 6 saat boyunca hidroliz edilmesi ile ABTS radikalinin inhibisyonunu % 51.30, Fe²⁺ şelatlama aktivitesini ise % 38.28 oranında sağladığı belirlenmiştir. Ledesma ve ark. (2005) ise ticari olarak satılan pepsin, tripsin, kimotripsin, termolisin, Corolas PP enzimleri ile saf α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerinin hidroliz edilmesi ile oluşan protein hidrolizatları ve bu hidrolizatların 3kDa'dan küçük fraksiyonlarının antioksidan özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, Corolas PP enziminin her iki serum proteininden antioksidan özellikteki biyoaktif peptit üretiminin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Sonuç olarak araştırmada elde edilen bulgular ile literatürdeki bulgular birlikte değerlendirildiğinde, mikrobiyel enzimler ve bitkisel enzim ekstraktlarıyla elde edilen PAS hidrolizatlarının antioksidan aktivite sonuçlarının enzimin çeşidi, enzim/substrat oranı ve uygulama süresine bağlı olarak çok değişken olduğu görülmüştür. Ayrıca, antioksidan aktivitenin belirlenmesinde kullanılan metodların farklı olması da sonuçları etkileyen önemli bir parametredir.

Çizelge 1. Fermente ve hidrolize PAS örneklerinin antioksidan aktiviteleri

Örnek	EC ₅₀ değeri (µL PAS)±S.S		
	Fermentasyon/Hidroliz süresi (saat)		
	6	12	24
Kontrol	1293.44±0.01 ^{Ba}	1496.40±0.01 ^{Aa}	1183.82±0.01 ^{ABa}
<i>L. acidophilus</i>	1171.05±195.93 ^{Ba}	1164.13±148.22 ^{Aa}	980.93±88.36 ^{Ba}
<i>L. rhamnosus</i>	1543.50±0.01 ^{ABa}	1465.99±0.01 ^{Aa}	1567.63±0.01 ^{Aa}
Kavun	1425.57±125.27 ^{ABa}	1218.58±0.01 ^{Aab}	841.30±147.90 ^{Bb}
Ananas	1607.67±105.46 ^{ABa}	1494.99±31.505 ^{Aa}	740.08±6.97 ^{Bb}
Enginar	1780.26±0.01 ^{Aa}	1612.32±0.01 ^{Aab}	1157.01±0.01 ^{ABb}
<i>p</i> değeri : 0.01			
Örnek	CUPRAC (mg Troloks/L PAS)±S.S		
	Fermentasyon/Hidroliz süresi (saat)		
	6	12	24
Kontrol	112.72±16.94 ^{Aa}	103.27±4.16 ^{Ba}	99.66±6.66 ^{Ca}
<i>L. acidophilus</i>	108±10.55 ^{Ac}	228±5.0 ^{Ab}	487.44±47.22 ^{Aa}
<i>L. rhamnosus</i>	136.88±1.66 ^{Aa}	165.50±1.94 ^{ABa}	152.72±10.27 ^{Ca}
Kavun	155.50±5.27 ^{Ab}	229.11±3.88 ^{Ab}	332.16±15.27 ^{Ba}
Ananas	108±4.44 ^{Ab}	195.50±14.72 ^{Aa}	166.33±9.44 ^{Cab}
Enginar	85.22±0.1 ^{Aa}	108.27±2.50 ^{Ba}	128±1.11 ^{Ca}
<i>p</i> değeri : 0.01			

^{A-D}Aynı fermentasyon/hidroliz süresinde farklı büyük harflerle gösterilen uygulamalara ait ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$). ^{a-c}Aynı uygulamaya ait farklı küçük harflerle gösterilen fermentasyon/hidroliz ortalamaları arasında farklar önemlidir ($p<0.05$). S.S: standart sapma

Fermente ve Hidrolize Peynir Altı Sularının ACE İnhibitör Aktiviteleri

ACE inhibitör peptitler ACE'yi inaktif hale getirerek kan basıncını/tansiyon düşürücü etki gösterirler. Gıda ürünleri içerisinde, süt ve süt ürünleri kaynaklı biyoaktif peptitlerin özellikle ACE inhibitör etkisinin olduğu yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Guo ve ark., 2019; Pereira de Souza ve ark., 2019; Pérez ve ark., 2019). Süt ve süt ürünlerinde ACE inhibitör aktivitesine sahip biyoaktif peptitlerin oluşumunun kazein proteini ve serum fazında bulunan β -laktoglobulin ve α -laktalbumin proteinlerinden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Pihlanto-Leppälä, 2001). Çizelge 2'de fermente ve hidrolize PAS örneklerinin ACE inhibitör aktiviteleri gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda fermente ve hidrolize edilmiş PAS örneklerinin ACE inhibitör aktivitelerinin yapılan uygulamanın çeşidine ve süresine bağlı olarak değişim gösterdiği bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre; kontrol grubu (fermente/hidroliz olmayan PAS) hariç hem probiyotik mikroorganizmalarla fermente edilen hem de enzimatik olarak hidroliz edilmiş PAS örneklerinin ACE inhibitör aktivitelerinde önemli bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir.

Fermentasyon uygulaması ele alındığında; 24 saatlik fermentasyon sonunda, *L. acidophilus* ile fermente olan PAS'ın ACE inhibitör aktivitesinin *L. rhamnosus* ile fermente olan PAS'dan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Enzimatik hidroliz uygulaması incelendiğinde ise 24 saat sonunda kavundan elde edilen ham enzim ekstraktı ile

hidroliz edilmiş PAS örneklerinin ACE inhibitör aktivitesi ananas ve kavundan elde edilen ham enzim ekstraktlarıyla hidroliz edilmiş PAS örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Tüm PAS örnekleri birlikte değerlendirildiğinde, ACE inhibitör aktivitesindeki artışın en yüksek 6.48 kat ve 3.29 kat olarak sırasıyla *L. rhamnosus* ile fermente edilen ve enginardan elde edilen ham enzim ekstraktı ile hidroliz edilmiş PAS örneklerinde olduğu belirlenmiştir. PAS örneklerindeki ACE inhibitör aktivitesi artışının hem probiyotik bakterilerle fermentasyon hem de bitkisel ham enzim ekstraktları ile hidroliz sonucunda oluşan biyoaktif peptitler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 2. Fermente ve hidrolize PAS örneklerinin ACE inhibitör aktiviteleri

Örnek	ACE İnhibitör Aktivitesi (%) ± S.S			ACE İnhibitör Aktivitesindeki Değişim (kat)
	Fermentasyon/Hidroliz süresi (saat)			
	6	12	24	
Kontrol	24.07±0.01 ^{Db}	43.05±0.01 ^{Ba}	28.70±0.01 ^{Db}	1.19
<i>L. acidophilus</i>	48.18±0.01 ^{Ab}	31.48±0.46 ^{Cc}	97.22±0.01 ^{Aa}	2.02
<i>L. rhamnosus</i>	10.64±0.01 ^{Ec}	17.12±0.01 ^{Db}	68.98±0.01 ^{Ca}	6.48
Kavun	40.24±3.74 ^{Bb}	34.49±1.62 ^{Cc}	85.18±0.01 ^{Ba}	2.11
Ananas	37.50±0.01 ^{Bb}	65.74±0.01 ^{Aa}	69.44±0.01 ^{Ca}	1.85
Enginar	22.22±0.01 ^{Cb}	14.81±0.01 ^{Dc}	73.14±0.01 ^{Ca}	3.29

p değeri: 0.01

^{A-D}Aynı fermentasyon/hidroliz süresinde farklı büyük harflerle gösterilen uygulamalara ait ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$). ^{a-c}Aynı uygulamaya ait farklı küçük harflerle gösterilen fermentasyon/hidroliz ortalamaları arasında farklar önemlidir ($p < 0.05$). S.S: standart sapma

Çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer olarak, literatürde PAS proteinlerinin enzimatik hidroliz, mikrobiyel fermentasyon, ısı işlem gibi farklı uygulamalar sonucunda ACE inhibitör aktivitesinin yükseldiği veya ACE inhibitör özelliğine sahip biyoaktif peptitlerin salındığına/oluştığına ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çerçevede, Pérez ve ark., (2019) yaptıkları bir çalışmada enkapsüle *Bacillus subtilis* ile inek sütünden üretilen peynirlerden arta kalan PAS hidrolize edilmiş ve hidrolize PAS konsantratında bulunan antihipertansif ve antioksidan özellikteki peptitler incelenmiştir. PAS konsantratının 6 saat boyunca 50°C'de enkapsüle *Bacillus subtilis* ile hidrolizasyon işlemi sonucunda PAS proteinlerinin yaklaşık % 40'nın hidroliz olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, enkapsüle *Bacillus subtilis* ile hidrolize edilmiş PAS konsantratında bulunan 3-11 kDa arası ve 3 kDa'dan küçük molekül ağırlığındaki peptit fraksiyonlarının ACE inhibitör aktivitelerini sırasıyla % 82.33 ve % 63.37 bulurken, serbest hücrelerle hidrolize edilmiş PAS konsantratının aynı molekül ağırlığına sahip peptit fraksiyonlarında ise ACE inhibitör aktivitelerini sırasıyla % 68.89 ve % 23.75 olarak belirlemişlerdir. Farklı süt ve süt ürünlerinden izole edilen mikrobiyel flora ile fermente edilen keçi sütünün asitlendirilmesiyle elde edilmiş PAS'ın proteoliz ve ACE inhibitör aktivitesinin değerlendirildiği diğer bir çalışmada (Hamme ve ark., 2009), Bamalou des Pyrenees peynirinden ekstrakte edilen mikroflora ile PAS'ın fermentasyonu sonucunda α -laktalbumin'in % 99.6'sının, β -laktoglobulin'in ise % 7.6'sının hidrolize olduğu ve hidroliz işlemi sonucunda ACE inhibitör aktivitesinin % 61.2 olduğu saptanmıştır. Çalışmada Bamalou des

Pyrenees peynirinden ekstrakte edilen mikrofloranın ise taksonomik olarak *Kluyveromyces marxianus* ve *Lactobacillus rhamnosus* olduğu tanımlanmıştır. Lacroix ve ark., (2016) yaptıkları bir çalışmada ticari Thermoase PC10F, Peptidase R, and ProteAX ve Accelerzyme® enzimlerini kullanarak PAS izolatından elde edilen hidrolizatların ACE ile *Dipeptil-Peptidaz IV (DPP-IV)* inhibitör aktivitesini incelemişlerdir. Araştırmacılar, öncelikle PAS izolatını Thermoase PC10F enzimi ile hidrolize etmişler ve hidrolize olan PAS izolatının supernant kısmını Peptidase R, ProteAX ve Accelerzyme® enzimleri ile her bir enzim için optimum çalışma koşullarında yeniden hidrolize etmişlerdir. ACE inhibitör aktivite gösteren PAS hidrolizatlarının sıralaması en yüksekten en düşüğe doğru Thermoase PC10F > Accelerzyme®, Peptidase R > ProteAX şeklinde belirlenmiştir. Literatürde, ACE inhibitör aktivitesi seviyesinin % 70-90 arasında olmasının genellikle yüksek olarak kabul edildiği bildirilmektedir (Pérez ve ark., 2019). Buna göre; 24 saat fermente veya hidrolize edilen PAS'ın ACE inhibitör aktivitesinin yüksek olduğu söylenebilir. Özellikle *L. acidophilus* ile fermente edilmiş PAS örneklerinin % 97 gibi yüksek oranda ACE inhibitor aktivitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu örneği, % 85 ile kavundan elde edilen ham enzim ekstraktı ile hidrolize edilmiş PAS örneği takip etmiştir. Örnekler arasındaki ACE inhibitör aktivite farklılıklarının proteoliz seviyelerin farklı olmasından ve kullanılan enzim ve mikroorganizma çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, çalışmadan elde edilen ACE inhibitör aktivitelerine ait bulguların literatürdeki bulgularla uyumlu olduğu görülmektedir.

Fermente ve Hidrolize Peynir Altı Sularının Antimikrobiyel Aktiviteleri

Hidroliz sonucu oluşan peptitlerin antimikrobiyel etki mekanizmaları tam aydınlatılmamış olmakla beraber bakteriyel membrandaki anyonik lipidlerin pozitif yüklerin etkisiyle stabilizasyonunun bozulduğu ve membran yapısının parçalanmamasına neden olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan, katyonik peptitlerin, hücre dışındaki potasyum (K⁺) geçirgenliğini artıracak şekilde membranı polarize olduğunu veya geçirgenliğini değiştirdiği ifade edilmektedir. Söz konusu hipoteze karşı α -laktalbuminden salınan hem anyonik ve katyonik peptitlerin sadece gram pozitif bakterilere etki ettiği ifade edilmektedir. Bu nedenle, peptitlerin yük ve hidrofobite özelliklerinin yanında bilinmeyen fizikokimyasal etkilerinin olduğu da bildirilmektedir (Yeaman ve Yount, 2003; Elbarbary ve ark., 2019). Çizelge 3'de fermente ve hidrolize PAS örneklerinin antimikrobiyel aktiviteleri gösterilmiştir. Yapılan antimikrobiyel testler sonucunda hem probiyotik bakteriler ile fermente edilmiş hem de ham bitkisel enzim ekstratları ile hidrolize edilmiş PAS örneklerinin test edilen patojen bakterilere karşı mikrobiyel inhibisyonun sağlanmadığı belirlenmiştir. Ancak, pozitif kontroller olan spiramisin ve eritromisin antibiyotiklerinin patojen mikroorganizmalara karşı mikrobiyel inhibisyon gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Buna göre, spiramisin'in gram pozitif bakterilere etkisinin daha fazla olduğu, eritromisin'in ise en fazla inhibisyon gösterdiği patojen bakterinin gram pozitif olan *S. aureus* olduğu, *S. enterica* ve *L. monocytogenes* şuşlarına ise benzer inhibisyon etki gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgulardan farklı olarak literatürde PAS proteinlerinden olan α -laktalbumin, β -laktoglobulin ve laktoferrin'in pepsin, tripsin, proteinaz K gibi proteolitik enzimlerle hidrolizi sonucunda antibakteriyel ve antiviral özellikte peptitlerin oluştuğu belirtilmiştir (Salami ve ark., 2010; Brandelli ve ark., 2015; Mohanty ve ark., 2016).

Salami ve ark., (2010) yaptıkları bir çalışmada tripsin, kimotripsin, proteinaz K ve *Bacillus thermoproteolyticus rokko* kaynaklı termolysin ile sınırlı düzeyde hidrolize edilmiş deve ve inek sütü kaynaklı PAS örneklerinin antimikrobiyel ve antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, araştırmacılar özellikle deve sütünden elde edilen PAS hidrolizatı ve hidrolizatın 3-10 kDa arasındaki fraksiyonlarının inek sütü PAS hidrolizatına göre *Escherichia coli* üzerine daha yüksek antimikrobiyel aktivite gösterdiği belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada (Osman ve ark., 2016), keçi sütünün rennet enzimi ile muamelesi ile elde edilen PAS'ın *Bacillus licheniformis*'den elde edilen alkalaz ile hidrolizi sonucu oluşan peptitlerin antimikrobiyel aktiviteleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, PAS örneğinin pH 7.8'de ve 55°C'de 240 dakika hidroliz edilmesiyle elde edilen peptitlerin *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus cereus* ATCC 33018, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 ve *Escherichia coli* ATCC 8739 üzerinde antimikrobiyel etkisinin olduğu belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada (Elbarbary ve ark., 2019) ise farklı pH'larda buzağı ve mikrobiyel kaynaklı rennetlerin ve domuz pepsini enzimlerinin hidrolizi ile ham PAS örneklerinden antimikrobiyel peptitlerin hazırlanması araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, pH 3'te ve buzağı renneti ile hidrolize edilen Pas örneğinin *Bacillus subtilis* ve *E. coli*'ye karşı en yüksek antimikrobiyel etkiyi gösterdiği belirlenmiştir. PAS'ın her üç enzim ile hidrolizi sonucunda oluşan antimikrobiyel peptit fraksiyonlarının laktoferrin f(20–30) ile β -laktoglobulin f(14–22) ve f(92–103) olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3. Fermente ve hidrolize PAS örneklerinin antimikrobiyel aktiviteleri

Örnek	İnhibisyon Zonu (mm)± S.S			
	Patojen Mikroorganizmalar			
	<i>E. coli</i> ATTC 25922	<i>S. enterica</i> subsp. <i>Enterica serovar</i> <i>Typhimurium</i> ATCC 700408	<i>S. aureus</i> ATCC 6538	<i>L.monocytogenes</i> 4c RSKK 476
Spiramisin	11.40±0.15	8.92±0.04	35.66±0.77	34.62±0.39
Eritromisin	20.75±1.62	15.21±0.64	37.37±1.08	13.36±0.28
Kontrol	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
<i>L. acidophilus</i>	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
<i>L.rhamnosus</i>	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Kavun	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Ananas	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Enginar	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif

S.S: standard sapma

Çalışmada elde edilen bulgular ile literatürdeki bulgular birlikte değerlendirildiğinde, fermente ve hidrolize ettiğimiz PAS örneklerinde antimikrobiyel aktivitenin saptanmamasının nedeni; ham enzim ekstraktlarındaki enzimlerin serum proteinleri ile etkileşimlerinin farklı olması ve fermente ve hidroliz edilen peynir altı suyunun protein fraksiyonlarının tam olarak saflaştırılmamasından kaynaklı olabilir. Nitekim, konu ile ilgili önceki

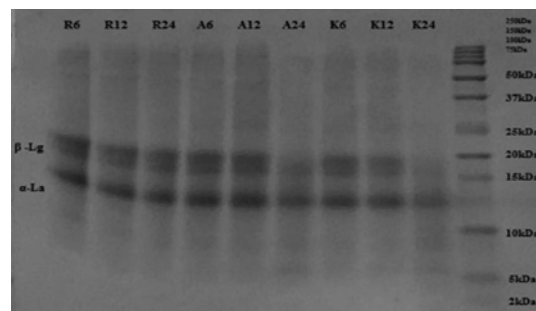
çalışmalarda hidroliz edilen PAS'ın çoğunlukla jel filtrasyon ve boyut geçirim kromatografisiyle fraksiyonlarına ayrıldığı ve ayrılan bu fraksiyonların yüksek antimikrobiyel etki gösterdiği görülmüştür. Oluşan antimikrobiyel peptitlerin ortamda bulunan diğer bileşenlerle moleküler düzeyde etkileşime girmeleri de antimikrobiyel etkinin görülmemesine neden olmuş olabilir.

Fermente ve Hidrolize Peynir Altı Sularının SDS-PAGE Sonuçları

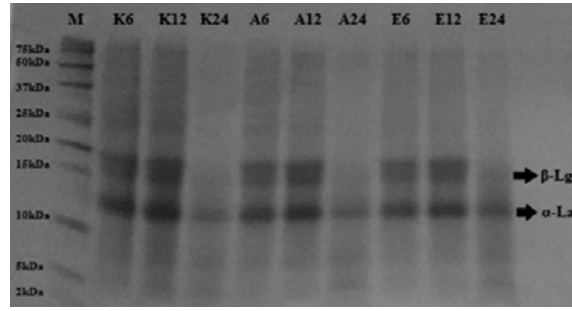
Fermente ve hidrolize PAS örneklerinin SDS-PAGE jellerine ait görüntüler Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir. Elektroforez jelleri incelendiğinde, örneklerin tümünde 10-20 kDa arasında olan iki ana bantın olduğu görülmektedir. Söz konusu bantlardan birincisi ~18.4 kDa molekül büyüklüğüne sahip olan β -laktoglobulin, ikincisi ~14.3 kDa molekül büyüklüğüne sahip olan α -laktalbumin'dir. Fermentasyon ve enzimatik hidroliz işleminin proteolize etkisi değerlendirildiğinde, bitkisel ham enzim ekstraktları ile hidrolizasyon işleminin probiyotik bakteriler ile fermentasyon işleminden daha yüksek protein parçalanması gerçekleştirdiği saptanmıştır.

Probiyotik mikroorganizmaların serum proteinleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde, fermentasyon süresince β -laktoglobulin ve α -laktalbumin bantlarının yoğunluklarının azaldığı, özellikle β -laktoglobulin'in bant yoğunluğu azalmasının α -laktalbumin'dekinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Jellerde yapılan görüntü analizi sonucunda, *L. acidophilus* ve *L. rhamnosus* ile fermentasyon işlemi peynir altı suyundaki β -laktoglobulin'in bant yoğunluğunun azalma miktarının sırasıyla ortalama % 13.16 ve 34.16 olduğu, α -laktalbumin'in bant yoğunluğunun azalma miktarının ise sırasıyla ortalama % 7.27 ve % 13.52 olduğu saptanmıştır (Şekil 2).

Hidroliz işleminin serum proteinleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde ise β -laktoglobulin ve α -laktalbumin bandlarına ait yoğunlukların her ikisinde azalmanın meydana geldiği tespit edilmiştir. Nitekim; kavun, ananas ve enginar'dan elde edilen enzim ekstraktının peynir altı suyundaki α -laktalbumin bant yoğunluğunun azalma miktarı sırasıyla ortalama %37.68, %54.7 ve %16.34 bulunurken β -laktoglobulin'in bant yoğunluğundaki azalma miktarının ise ~ % 80 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Fermentasyon işlemi gerçekleştirilmiş peynir altı suyunun elektroforez görüntüsü (R6: 6 saat *L. rhamnosus* ile fermente olmuş peynir altı suyu; R12: 12 saat *L. rhamnosus* ile fermente olmuş peynir altı suyu; R24: 24 saat *L. rhamnosus* ile fermente olmuş peynir altı suyu; A6: 6 saat *L. acidophilus* ile fermente olmuş peynir altı suyu; A12: 12 saat *L. acidophilus* ile fermente olmuş peynir altı suyu; A24: 24 saat *L. acidophilus* ile fermente olmuş peynir altı suyu; K6: 6 saat kontrol grubu; K12: 12 saat kontrol grubu; K24: 24 saat kontrol grubu)



Şekil 3. Hidroliz işlemi gerçekleştirilmiş peynir altı sularının elektroforez görüntüsü (M: 250-2kDA protein standardı; K6: 6 saat boyunca kavundan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; K12: 12 saat boyunca kavundan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; K24: 24 saat boyunca kavundan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; A6: 6 saat boyunca ananasdan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; A12: 12 saat boyunca ananasdan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; A24: 24 saat boyunca ananasdan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; E6: 6 saat boyunca enginardan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; E12: 12 saat boyunca enginardan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu; E24: 24 saat boyunca enginardan elde edilen enzim ekstraktı ile hidroliz olmuş peynir altı suyu).

Çalışmada elde edilen β -laktoglobulin ve α -laktalbumin parçalanma miktarları yapılan diğer çalışmalarla bazı benzerlik ve farklıklar göstermektedir. Neto ve ark. (2019) yaptıkları bir çalışmada *Eupenicillium javanicum* ve *Myceliophthora thermophile* ile elde ettikleri proteazların PAS proteinlerini hidrolize miktarlarını sırasıyla % 20.85 ve % 20.26 olarak belirlemişlerdir. Bununla birlikte, Tavares ve ark. (2011) yabani enginar ekstraktının farklı enzim/substrat oranları kullanıldığında α -laktalbumin'i hidrolize etme miktarının %1.3-7.9 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Wróblewska ve Troszyńska (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, inek sütü kaynaklı ticari peynir altı suyu protein izolatının alkalaz ve papain enzimleriyle iki aşamalı hidroliz edilmesiyle oluşan protein hidroliz miktarının % 15.9 olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Çalışmada, PAS'ın hem probiyotik bakterilerle fermente edilerek hem de bitkisel enzimlerle hidroliz edilmiş biyoaktif özellikleri zenginleştirilmiş PAS'ın üretilmesi ve antioksidan özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Hem enzimatik hidroliz hem de probiyotik starter kültürler kullanılarak PAS'ın antioksidan ve ACE inhibitör aktivitesi gibi terapötik özelliklerinin artırılacağı görülmüştür. Buna göre; enginar ve kavun kabuklarından elde edilen ham bitkisel enzim ekstraktlarıyla hidroliz edilmiş PAS örneklerinde ortalama %35-53 arasında değişen antioksidan aktivite artışının meydana geldiği tespit edilmiştir. Probiyotik starter kültürlerle fermente edilen PAS örneklerin ACE inhibitör aktiviteleri ortalama 2.02-6.48 kat, bitkisel enzim ekstraktları ile hidroliz edilmiş PAS örneklerinde ise ortalama 1.85 ile 3.29 kat arasında artış gösterdiği belirlenmiştir.

Biyoaktif özellikleri artırılmış hidrolize veya fermente PAS üretiminin farklı parametreler (sıcaklık, süre, enzim/substrat miktarı vb.) göz önünde bulundurularak pilot ve endüstriyel düzeyde üretiminin optimize

edilmesi ve fonksiyonel özellikler açısından daha detaylı araştırılması gerekmektedir. Hidroliz veya fermentasyon yoluyla üretilen fonksiyonel özellikleri arttırılmış PAS ürünlerinin hayvan besleme çalışmalarlarıyla *in vivo* olarak hücresel düzeydeki etkilerinin gelecekte yapılacak çalışmalarda ele alınmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Çalışmada hammadde olarak kullanılan PAS'ın ve bazı kimyasal maddelerin temininde yardımcı olan Uşak Süt A.Ş'ye, starter kültürlerin temin edilmesinde yardımcı olan CHR HANSEN (Türkiye) firmasına ve Antimikrobiyel etki çalışması için patojen kültürlerin temin edilmesinde yardımcı olan Doç. Dr. Sine ÖZMEN TOĞAY ve Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ'ye teşekkür ederiz. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abdel-Hamid, M., Otte, J., De Gobba, C., Osman, A. and Hamad, E. 2017. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity and antioxidant capacity of bioactive peptides derived from enzymatic hydrolysis of buffalo milk proteins. *International Dairy Journal*, 66: 91-98.
- Aguilar-Toalá, J.E., Santiago-López, L., Peres, C.M., Peres, C., Garcia, H.S., Vallejo-Cordoba, B. and Hernández-Mendoza, A. 2017. Assessment of multifunctional activity of bioactive peptides derived from fermented milk by specific *Lactobacillus plantarum* strains. *Journal of Dairy Science*, 100(1): 65-75.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. and Karademir, S.E. 2004. A novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols, vitamin C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: The CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:7970-7981.
- Barros, R.M., Ferreira, C.A., Silva, S.V. and Malcata, F.X. 2001. Quantitative studies on the enzymatic hydrolysis of milk proteins brought about by cardosins precipitated by ammonium sulfate. *Enzyme and Microbial Technology*, 29(8-9): 541-547.
- Benvenuti, S., Pellati F., Melegari, M., Bertelli, D., 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of Food Science*, 69: 164–169.
- Blaschek, K. M., Wendorff, W. L. and Rankin, S. A. 2007. Survey of salty and sweet whey composition from various cheese plants in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 90(4): 2029-2034.
- Bradley, J.R.L, Arnold, J.E, Barbano, D.M, Semerad, R.G, Smith, D.E and Vines, B.K. 1992. Chemical and physical methods: Standard Methods for the Examination of Dairy Products, Ed .: Marshal R.T, American Public Health Association, Washington, DC, 433–531.

- Büyüktuncel, E. 2013. Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17: 93-103.
- Brandelli, A., Daroit, D.J. and Correa, A.P.F. 2015. Whey as a source of peptides with remarkable biological activities. *Food Research International*, 73:149-161.
- Chabance, B., Marteau P., Rambaud J.C., Migliore Samour, D., Boynard M., Perrotin P., Guillet R., Jollès, P. and Fait A.M. 1998. Casein peptide release and passage to the in humans during digestion of milk or yogurt. *Biochimie*, 80: 155-65.
- Chaves-López, C., Serio, A., Paparella, A., Martuscelli, M., Corsetti, A., Tofalo, R. and Suzzi, G. 2014. Impact of microbial cultures on proteolysis and release of bioactive peptides in fermented milk. *Food microbiology*, 42: 117-121.
- Cherrat, L., Espina, L., Bakkali, M., Garcia-Gonzalo, D., Pagan, R. and Laglaoui, A. 2013. Chemical composition and antioxidant properties of *Laurus nobilis* L. and *Myrtus communis* L. essential oils from Morocco and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes for food preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6):1197-1204.
- Correa, A.P.F, Daroit, D.J., Fontoura, R., Meira, S.M.M., Segalin, J. and Brandelli, A. 2014. Hydrolysates of sheep cheese whey as a source of bioactive peptides with antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activities. *Peptides*, 61: 48-55.
- Cushman, D.W. and Cheung, H.S. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochemical Pharmacology*, 7 (20): 1637-1648.
- Dave, R.I. and Shah, N.P. 1996. Evaluation of Media for Selective Enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacteria*. *Journal of Dairy Science*, 79(9): 1529-1536.
- Elbarbary, H.A., Ejima, A. and Sato, K. 2019. Generation of antibacterial peptides from crude cheese whey using pepsin and rennet enzymes at various pH conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99:555-563.
- Esposito, M., Di Pierro, P., Dejonghe, W., Mariniello, L. and Porta, R. 2016. Enzymatic milk clotting activity in artichoke (*Cynara scolymus*) leaves and alpine thistle (*Carduus defloratus*) flowers. Immobilization of alpine thistle aspartic protease. *Food Chemistry*, 204:115-121.
- Guo, Y., Jiang, X., Xiong, B., Zhang, T., Zeng, X., Wu, Z., Sun, Y. and Pan, D. 2019. Production and transepithelial transportation of Angiotensin-I-converting enzyme (ACE)-inhibitory peptides from whey protein hydrolyzed by immobilized *Lactobacillus helveticus* proteinase. *Journal Dairy Science*, 102:1–15.
- Gür, F., Güzel, M., Öncül, N., Yıldırım, Z. ve Yıldırım, M. 2010. Süt serum proteinleri ve türevlerinin biyolojik ve fizyolojik aktiviteleri. *Akademik Gıda*, 8(1): 23-31.

- Hamme, V., Sannier, F., Piot, J.M., Didelot, S. and Juchereau, S.B. 2009. Crude goat whey fermentation by *Kluyveromyces marxianus* and *Lactobacillus rhamnosus*: contribution to proteolysis and ACE inhibitory activity. *Journal of Dairy Research*, 76:152–157.
- Hernández-Ledesma, B., Quirós, A., Amigo, L. and Recio, I. 2007. Identification of bioactive peptides after digestion of human milk and infant formula with pepsin and pancreatin. *International Dairy Journal*, 17(1): 42-49.
- Kailasapathy, K., Harmstorf, L. and Phillips, M. 2008. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium anamalis* spp. lactics in stirred fruit yogurts. *LWT Food Science and Technology*, 41(7):1317-1322.
- Kırca, A. ve Özkan, Ö. 2010. Değişik amaçlı bazı test ve analiz yöntemleri: Gıda analizleri, Ed.:Bekir Cemeroglu, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Yayın No: 34, bizim Grup Basımevi, Ankara.
- Konrad, B., Anna, D., Marek, S., Marta, P., Aleksandra, Z. and Jożefa, C. 2014. The evaluation of dipeptidyl Peptidase (DPP)-IV, α -Glucosidase and angiotensin converting enzyme (ACE) Inhibitory activities of whey proteins hydrolyzed with serine protease isolated from Asian pumpkin (*Cucurbita ficifolia*). *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 20:483–491.
- Korhonen, H. 2009. Milk-derived bioactive peptides: From science to applications *Journal of Functional Foods*, 1(2): 177-187.
- Korhonen, H. and Pihlanto-Leppälä, A. 2000. Milk protein-derived bioactive peptides-novel opportunities for health promotion. *Bulletin of IDF*, 363: 17-26.
- Korhonen, H. and Pihlanto-Leppälä, A. 2006. Bioactive peptides: production and functionality. *International Dairy Journal*. 16(9): 945-960.
- Lacroix, I.M.E., Meng, G., Cheung, I.W.Y. and Li-Chan, E.C.Y. 2016. Do whey protein-derived peptides have dual dipeptidyl-peptidase IV and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activities? *Journal of Functional Foods*, 21: 87–96
- Le Blanc, J. G., Matar, C., Valdez, J. C., LeBlanc, J. and Perdigon, G. 2002. Immunomodulating effects of peptidic fractions issued from milk fermented with *Lactobacillus helveticus*. *Journal of Dairy Science*, 85(11): 2733-2742.
- Ledesma, B.H., Davalos, A., Bartolome, B. and Amigo, L. 2005. Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from alpha-Lactalbumin and beta-Lactoglobulin identification of active peptides by HPLC-MS/MS. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53:588-593.
- Lestari, P. and Suyata, S. 2019. Antibacterial activity of hydrolysate protein from Etawa goat milk hydrolysed by crude extract bromelain. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 509 (1):012111. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/509/1/012111/pdf> (Erişim tarihi: 15/03/2019)

- Lievore, P., Simões, D.R., Silva, K.M., Drunkler, N.L., Barana, A.C., Nogueira, A. and Demiate, I.M. (2015). Chemical characterisation and application of acid whey in fermented milk. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4): 2083-2092.
- Mann, B., Athira, S., Sharma, R., Kumar, R. and Sarkar, P. 2019. Bioactive peptides from whey proteins: Whey proteins. Ed.: Deeth, H.C, Bansal, N., Academic Press, Lonodon, United Kindom, pp: 519-547.
- Masood, M.I., Qadir, M.I., Shirazi, J.H. and Khan, I.U. 2011. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. *Critical Reviews in Microbiology*, 37(1), 91-98.
- Medeiros, V., Rainha, N., Paiva, L., Lima, E. and Baptista, J. 2014. Bovine milk formula based on partial hydrolysis of caseins by bromelain enzyme: Better digestibility and angiotensin-converting enzyme-inhibitory properties. *International journal of food properties*, 17(4), 806-817.
- Meisel, H. 1997. Biochemical properties of regulatory peptides derived from milk proteins. *Biopolymers*, 43(2): 119-128.
- Meisel, H. and Bockelmann, W.1999. Bioactive peptides encrypted in milk proteins: proteolytic activation and thropho-functional properties. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 76(1-4): 207-215.
- Mohanty, D., Jena, R., Choudhury, P.K., Pattnaik, R., Mohapatra, S. and Saini, M.R., 2016. Milk derived antimicrobial bioactive peptides: a review. *International Journal of Food Properties*, 19 (4):837-846.
- Neto, Y.A.A.H., Rosa, J.C. and Cabral, H. 2019. Peptides with antioxidant properties identified from casein, whey, and egg albumin hydrolysates generated by two novel fungal proteases. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 49(7):639-648.
- Osman, A., Goda, H.A., Abdel-Hamid, M., Badran, S.M. and Otte, J. 2016. Antibacterial peptides generated by alcalase hydrolysis of goat whey. *Food Science and Technology*, 65:480-486.
- Owusu-Apenten, R. 2005. Colorimetric analysis of protein sulfhydryl groups in milk: applications and processing effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(1): 1-23.
- Pereira de Souza, A.M., Bezerra de Farias, D.R., Brito de Queiroz, B., Suelleny de Caldas Nobre, M., Cavalcanti, M.T., Salles, H.O., Olbrich dos Santos, K.M., Dantas de Medeiros, A.C., Florentino, E.R. and Burity, F.C.A. 2019. Influence of a co-culture of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus casei* on the proteolysis and ACE-inhibitory activity of a beverage based on reconstituted goat whey powder. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 11:273–282.
- Pérez, Y.A., Urista, C.M., Cerda, A.M., Sánchez, J.Á. and Rodríguez, F.R. 2019. Antihypertensive and antioxidant properties from whey protein hydrolysates produced by encapsulated *Bacillus subtilis* cells. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25:681–689.
- Pescuma, M., Hébert, E.M., Mozzi, F. and de Valdez, G.F. 2008. Whey fermentation by thermophilic lactic acid bacteria: Evolution of carbohydrates and protein content. *Food Microbiology*, 3(25): 442-451.
- Pihlanto-Leppälä, A. 2001. Bioactive peptides derived from bovine whey proteins: opioid and ace-inhibitory peptides. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 347-356.

- Rocha, G.F., Kise, F., Rosso, A.M. and Parisi, M.G. 2017. Potential antioxidant peptides produced from whey hydrolysis with an immobilized aspartic protease from *Salpichroa organifolia* fruits. Food Chemistry, 237:350-355.
- Salami, M., Moosavi-Movahedi, A.A., Ehsani, M.R., Yousefi, R., Haertle, T., Chobert, J.M., Razavi, S.H., Henrich, R., Balalaie, S., Ebadi, S.A., Pourtakdoost, S. and Naslaji, A.N. 2010. Improvement of the antimicrobial and antioxidant activities of camel and bovine whey proteins by limited proteolysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58:3297–3302.
- Santos-Sánchez, N.F., Salas-Coronado, R., Villanueva-Cañongo, C. and Hernández-Carlos, B. 2019. Antioxidant compounds and their antioxidant mechanism: Antioxidants, Ed.: Shlaby, E. IntechOpen Book, p1-20. <https://www.intechopen.com/books/antioxidants/antioxidant-compounds-and-their-antioxidant-mechanism>
- Sheskin, D.J. 2004. Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures. (No. Ed 3.). Chapman and Hall/CRC press, New York, 1193p.
- Şanlı, T., Akal, H.C., Yetişemiyen, A., and Hayaloglu, A.A. 2018. Influence of adjunct cultures on angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity, organic acid content and peptide profile of kefir. International Journal of Dairy Technology, 71(1): 131-139.
- Tavares, T.G., Monteiro, K.M., Possenti, A., Pintado, M.E., Carvalho, J.E. and Malcata, F.X. 2011. Antiulcerogenic activity of peptide concentrates obtained from hydrolysis of whey proteins by proteases from *Cynara cardunculus*. International Dairy Journal, 21(12): 934-939.
- Tsai, J.S., Chen, T.J., Pan, B.S., Gong, S.D. and Chung, M. Y. 2008. Antihypertensive effect of bioactive peptides produced by protease-facilitated lactic acid fermentation of milk. Food Chemistry, 106(2): 552-558.
- Usta, B. ve Yılmaz Ersan, L. (2013). Sütün antioksidan enzimleri ve biyolojik etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2):123-130.
- Venegas-Ortega, M.G., Flores-Gallegos, A.C., Martínez-Hernández, J.L., Aguilar, C.N. and Nevárez-Moorillón, G.V. 2019. Production of bioactive peptides from lactic acid bacteria: a sustainable approach for healthier foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(4):1039-1051.
- Virtanen, T., Pihlanto, A., Akkanen, S. and Korhonen, H. 2007. Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria. Journal of Applied Microbiology, 1(102): 1364-5072.
- Welsh, G., Ryder, K., Brewster, J., Walker, C., Mros, S., Bekhit, A.E.D.A., McConnell, M. and Carne, A. 2017. Comparison of bioactive peptides prepared from sheep cheese whey using a food-grade bacterial and a fungal protease preparation. International Journal of Food Science and Technology, 52(5):1252-1259.
- Wróblewska, B. and Troszyńska, A. (2005). Enzymatic hydrolysis of cow's whey milk proteins in the aspect of their utilization for the production of hypoallergenic formulas. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 14(4):349-357.
- Yeaman, M.R. and Yount, N.Y. 2003. Mechanisms of antimicrobial peptide action and resistance. Pharmacological reviews, 55(1): 27-55.



Hasat Öncesi İncir Meyvelerinde Ethephon Kullanımının Oluşturduğu Kalıntı Riskinin Belirlenmesi^A

Gülden HAZARHUN¹, Nabi Alper KUMRAL^{2*}

Öz: Bursa siyahı incirinin yüksek besin değerlerine sahip olması ve yetiştiriciliği yapılmayan Orta ve Kuzey Avrupa ülkelerinde egzotik bir meyve olarak tercih edilmesi nedeniyle önemi Türkiye tarımı ve ihracatı açısından çok yüksektir. Bu bitkisel ürünün sentetik kimyasallar kullanılmadan üretilmesi tüketicinin diğer bir tercih nedenidir. Ancak, incir meyvelerinin hasat öncesinde hızlı olgunlaşmasını sağlamak amacıyla ethephon gibi bitki gelişme düzenleyicilerinin kullanılması sorunlu bir konudur. Bu nedenle, bu simülasyon çalışmasında, ethephon'un bahçe koşullarında uygulanması sonucu ortaya çıkan ethephon ve onun parçalanma ürünü olan fosfonik asidin kalıntı risklerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla, ethephon'un ticari bir formülasyonu arazi koşullarında bitkilere iki farklı konsantrasyonda uygulanmıştır. Uygulamanın hemen sonrasında, hasat sırasında ve hasat sonrasında farklı depolama süreçlerinde örnekler alınarak, bu iki kimyasalın kalıntı düzeyleri yeni bir analiz metodu kullanılarak LC-MS-MS cihazı ile belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, ethephon'un üç günde hasat olgunluğuna neden olan yüksek konsantrasyonu uygulandığında 3. ve 6. günlerdeki hasat edilmiş ürünlerdeki ortalama ethephon konsantrasyonu sırasıyla 10.92 ve 8.45 mgkg⁻¹ bulunmuştur. Hasat sonrasında 16 günlük soğuk havada saklama sürecinde ise ethephon konsantrasyonu sırasıyla 5.30 ve 6.34 mgkg⁻¹'a kadar düşmüştür. Diğer taraftan, 6 günde meyveleri olgunluğa ulaştıran düşük konsantrasyon kullanılırsa, hasat edilmiş ürünlerdeki ortalama ethephon konsantrasyonu 0.63 mgkg⁻¹; hasat sonrası soğuk koşullarda 16 gün bekleme sonucu 0.20 mgkg⁻¹ bulunmuştur. Fosfonik asit ise ethephonun uygulanmasından hemen sonra tüm aşamalarda 0.19-0.31 mgkg⁻¹ konsantrasyonlarda belirlenmiştir. Sonuç olarak, her koşulda ve aşamada ethephon ve

^A Bu çalışma finansal olarak Perla Fruit A.Ş. tarafından desteklenmiştir. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Nabi Alper KUMRAL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bursa, Türkiye, akumral@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-9442-483X](https://orcid.org/0000-0001-9442-483X)

¹ Gülden HAZARHUN, Perla Fruit, Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı, Bursa Uludağ Üniversitesi, ULUTEK Teknoloji Geliştirme Bölgesi, Görükle Kampüsü, Bursa, Türkiye, gulden.hazarhun@perlafruit.com, [OrcID 0000-0003-2036-2722](https://orcid.org/0000-0003-2036-2722)

parçalanma ürünü fosfonik asit incir meyveleri üzerinde tespit edilmiştir. Bu nedenle bu ürün incir yetiştiriciliğinde kesinlikle kullanılmaması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ethephon, fosfonik asit, incir, kalıntı, risk.

Assessment of Residue Risks Caused by Ethephon Use during Pre-harvest Period of Fig Fruits

Abstract: Bursa black fig holds great significance in terms of agricultural production and exportation of Turkey, because of its high nutritional value and the demand from Central and Northern European countries as an exotic fruit. Another reason for the consumer preference is that this agricultural product is grown without using synthetic chemicals. However, the use of plant growth regulators like ethephon, during pre-harvest period to ensure rapid ripening of fig fruits becomes questionable. The aim of this simulation study was to determine the residual risks of ethephon and its degradation product, phosphonic acid, resulting from its application in orchards during pre-harvest period. For this purpose, a commercial formulation of ethephon was applied to plants at two different concentrations under field conditions. The residue levels of these two chemicals were detected by LC-MS-MS using a new analysis method, by taking samples in different processes: immediately after the application, during pre- and postharvest. Results showed that the fruits reach maturity within three days when the high concentration of ethephon was applied. The average ethephon residues in the harvested products on the 3rd and 6th days were found to be 10.92 and 8.45 mg kg⁻¹, respectively. During the 16-day cold storage process after harvest, ethephon concentration slowly decreased to 5.30 and 6.34 mg kg⁻¹, respectively. If the low concentration is applied to fruits, maturity completed within 6 days. The average ethephon residues at harvest time and at the end of 16 days cold storage were 0.63 mg kg⁻¹ and 0.20 mg kg⁻¹, respectively. Phosphonic acid has been determined between 0.19 and 0.31 mg kg⁻¹, since the time of ethephon application in all treatments. As a result, the residues of ethephon and its breakdown metabolite phosphonic acid left over the detection limits of the device and the method during all processes. Therefore, this chemical should not be used during the growing period of figs.

Keywords: Ethephon, phosphonic acid, fig, residue, risk assessment.

Giriş

Dünya'nın farklı bölgelerinde yetiştiriciliği yapılan incir (*Ficus carica* L.), Dutgiller (Moracea) familyasına ait bir meyve türüdür (Köseoğlu, 2008). Dünya incir üretiminin %70'i Akdeniz'in kıyı bölgelerinde bulunan ülkeler tarafından gerçekleştirilmektedir (Çalışkan ve Polat, 2011). Ülkemiz Erbeyli İncir Araştırma Enstitüsü koleksiyon bahçesinde de muhafaza edilen yüzlerce incir çeşidine ev sahipliği yapmaktadır (Aksoy ve ark.,

1992; Kutlu ve Aksoy, 1997; Nalbant ve ark., 1998; Aksoy ve ark., 2001). Bu nedenle Türkiye hem kurutmalık hem de sofralık incir üretim ve ihracatında dünyada en önemli ülkedir (Çalışkan ve Polat, 2012). Dünya genelinde sofralık incire karşı olan talep taze tüketilen diğer birçok meyve türüne oranla daha fazladır ve her geçen gün de artmaktadır. İncir meyvelerinde bulunan yüksek orandaki antioksidan bileşikler (fenoller, organik asitler, E vitamini ve karotenoidler) insan hücrelerinde meydana gelen oksidatif zararlanmanın engellenmesinde rol oynamaktadır (Silva ve ark., 2004). Mineral maddelerin özellikle de kalsiyum ve demir içeriğinin fazla olması sebebiyle insanlardaki kemik erimesine, vitamin eksikliğine ve kansızlığa iyi gelmektedir. Ayrıca barındırdığı ham ve indirgen lifler mükemmel bir besin kaynağıdır (Yıldırım, 2016). İncirin tüm bu olumlu yönlerinin yanında kendine özgü aroması, görünümü ve zengin besin içeriği nedeniyle Bursa Siyahı incir çeşidi ihracatın gözdesi durumundadır. Türkiye 2019 yılında 300 905 bin tonluk incir ihracatı ile dünyada birinci sırada yer almaktadır. İncir ihracatının 7 748 ton'luk bölümü ise Bursa siyahı incir ihracatı olarak gerçekleştirilmiş olup her yıl bu miktar %6 civarında artış göstermektedir (Anonim, 2019; FAO, 2019).

Bursa siyahı incir çeşidinin tüm bu olumlu özelliklerine ek olarak herhangi bir kimyasala ihtiyaç duyulmadan yetiştirilebiliyor olması bu ürünün nadir organik olarak yetiştirilen gıdalardan biri olmasını da sağlamaktadır. Bu nedenle T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı çok zorunlu kalmadıkça herhangi bir kimyasalın ruhsatına izin vermemektedir. İncirde kullanılmasına izin verilmeyen kimyasallardan biri de meyvelerinin çabuk olgunlaşmasına neden olan ethephon etken maddeli Bitki Gelişme Düzenleyicisi (BGD)'dir. Sistemik etkili bir BGD olan ethephon (chloroethphon; 2-CEPA; 2-chloroethylphosphonic acid, $C_2H_6ClO_3P$) cilde, solunum yollarına ve göze tahriş edici özelliğe sahiptir. Suda çözünürlüğü çok yüksek olan bu kimyasalın yarılanma ömrü 13 gün kadardır. Asidik koşullarda bu süre 99 güne kadar çıkabilirken bazı şartlarda 2 günün altına inebilmektedir. Memelilere akut toksisitesi orta düzeyde bulunurken, kronik toksik etkisi daha yüksek olarak belirlenmiştir (Mursalat ve ark., 2013; Bhadoria ve ark., 2015; 2018; PPDB, 2020). Herhangi bir genotoksik veya nörotoksik hasara neden olmamakla birlikte bazı parçalanma ürünleri HEPA (2-hydroxyethyl phosphonic acid, $C_2H_3O_4P$) ve fosfonik asitin (phosphonic acid, H_3O_3P) kendisinden daha toksik olduğu yönünde bazı bulgular bulunmaktadır (EFSA Scientific Report, 2008; Azar ve ark., 2016). Bu nedenle, bu tip kimyasalların kalıntılarının taze tüketilen meyvelerde belirlenen sınır değerlerinin üstünde olmaması istenmektedir (Kumral ve ark., 2020). Ethephon ülkemizde sadece domates ve pamukta ruhsatlı olup, bu ürünlerde izin verilen hasat öncesi süre (PHI) 14 gündür. Ayrıca, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde ve ülkemizde domates üzerinde bulunması izin verilen maksimum kalıntı sınırı (MRL) sırasıyla ve 2 ve 1 $mgkg^{-1}$ 'dir (BKUtarım, 2020). Ülkemizde yasak olmasına rağmen yine AB ülkelerinde incir için belirlenen MRL değeri 3.0 $mgkg^{-1}$ 'dir. Ancak İyi Tarım Uygulamaları yönetmeliğine göre üretildiği ülkede ruhsatı olmayan bir ürün kesinlikle kullanılmaz ve dolayısıyla ülkemizde incir meyvelerinde ethephon için belirlenen MRL değeri sıfır'dır (Anonim, 2010). Ayrıca, ethephonun bir parçalanma ürünü olan fosfonik asit türevlerinin de incir üzerinde olması istenmemektedir. AB ülkeleri tarafından bir pestisit olan fosetyl-al etken maddesiyle aynı statüde değerlendirilen fosfonik asidin incir meyvelerindeki MRL değeri 2.0 $mgkg^{-1}$ 'dir (EU Pesticide Database, 2020). Benzer olarak, fosetyl-al'in Türkiye'de incir üzerinde ruhsatlı olmaması bu kimyasalın MRL değerinin sıfır kabul edilmesine neden olmaktadır.

Tüm bu nedenlerle, ülkemizde yetiştiriciliği yapılan incir meyvelerinde ethephon kullanılmamalı, riskleri ortaya konmalı ve üretici bu konuda bilinçlendirilmelidir. Bu çalışmada 2020 yılı arazi koşullarında ethephon uygulaması iki farklı konsantrasyonda simüle edilmiş olup, ethephon ve onun bir parçalanma ürünü olan fosfonik asit kalıntı düzeyleri farklı süreçlerde (uygulama sırasında, hasat esnasında, depolama ve nakliye) gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, bu araştırmada ethephon ve fosfonik asit kalıntı düzeyleri LC-MS-MS cihazında Perla Fruit Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş yeni bir metot kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer bir araştırma Azar ve ark. (2016) tarafından yine Bursa siyahı inciri üzerinde gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, kullanılan analiz yöntemi, ethephon konsantrasyonları, örnekleme süreçleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca bu araştırmada fosfonik asit kalıntılarının ilk defa bakılacak olması çalışmamızın diğer orijinal yönüdür.

Materyal ve Yöntem

Bitkisel Materyal

Bu çalışmada Bursa ili Dürdane köyünde doğal olarak yetişen Bursa siyahı incir çeşidi (*Ficus carica* L. Moraceae) meyveleri kullanılmıştır. Denemede kullanılan incir meyveleri herhangi bir kimyasal kullanılmadan yetiştirilmiştir.

Kimyasallar

Bu denemede arazi koşullarında meyvelere uygulanmak üzere 480 g/l ethephon aktif maddesi içeren Aproz 48 SL marka (BİO Agro & Tarım firması) ticari bir formülasyon kullanılmıştır. LC-MS-MS analizlerinde ise ethephon (2-chloroethylphosphonic acid)'un ve fosfonik asidin %99'luk saflıktaki analitik standardı Ehrenstorfer kimyasal firmasından sağlanmıştır. Diğer tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

İncir Meyvelerine Ethephon Uygulaması

Ethephonun iki farklı konsantrasyonu incir meyvelerine 22 Eylül 2020 tarihinde bir el spreyi ile homojen bir şekilde püskürtülmüştür. Bu amaçla 60 adet meyveye 5 ml/1 lt su konsantrasyonunda (2400 mgL⁻¹ a.i.), bir diğer 60 meyveye ise 1 ml/1 lt su konsantrasyonunda (480 mgL⁻¹ a.i.) ticari ethephon formülasyonu eşit miktarda hacimde uygulanmıştır. Ağaçtaki ışıklandırma sürelerindeki farklılıklar düşünülerek uygulama yapılacak meyveler ağaçların üç farklı yönünden seçilmiştir. Ağaçtan kaynaklanacak farklılıkları eşitlemek için her iki konsantrasyonda aynı ağaçta farklı meyvelere uygulanmış, farklı konsantrasyonlar renkli kurdelelerle işaretlenmiştir. Püskürtme sırasında oluşabilecek sürüklenme etkisine karşı uygulama yapılan meyvelerin arasında belirli bir mesafe sağlanmıştır. Aynı sayıda meyveye ise kontrol amaçlı olarak hiçbir uygulama yapılmamıştır. Denemeler 3 tekerrürlü olacak şekilde üç farklı ağaçta yürütülmüştür.

Örnekleme Prosedürü

Ethephon ve onun parçalanma ürünü olan fosfonik asidin kalıntı düzeylerini belirlemek amacıyla farklı tarihlerde örnekleme yapılmıştır. İlk örnekleme arazide uygulama yapılır yapılmaz (0G) gerçekleştirilmiştir. İkinci örnekleme uygulamadan sonra meyvede olgunlaşma görüldüğü hasat gününde yapılmıştır. Yüksek doz için 3. (3G) ve 6. gün (6G)'ler; düşük doz için ise 6. gün (6G) hasat günü örnekleme olarak belirlenmiştir. Pratik anlamda hasat edilen incir meyveleri tüketime sunulana kadar değişken zamanlarda soğuk zincir koşullarında (+4°C) muhafaza veya nakliye edildiğinden, farklı zamanlarda hasat sonrası depo örnekleme yapılmıştır. Bu nedenle soğuk zincir koşullarında ürünün en yakın ve en uzak sevkiyat noktalarına ulaşma zamanı dikkate alınarak farklı zamanlarda örnekleme yapılmıştır: her iki konsantrasyon içinde uygulamadan 15 gün sonra (15G), 19 gün sonra (19G) ve 22 gün sonra (22G).

Ethephon ve Fosfonik asit Ekstrasyonu

Ethephon ve fosfonik asit ekstrasyonu için Perla Fruit uzmanları tarafından geliştirilen ve uluslararası patent başvurusu yapılan (Patent Başvuru No: 2020/22810) yeni bir metot kullanılmıştır. Bu amaçla, öncelikle 500 gr incir meyvesi örnekleri Retsch marka GM300 model blenderde homojenize edilmiştir. Homojenize edilen bu örneklerin 10 g'lık kısmı 50 mL'lik polypropylene santrifüj tüpüne konmuş ve üzerine 2 ml ultra saf su ilavesi yapılmıştır. Örnekler 30 sn vortex ile çalkalandıktan sonra içine 100 µL Internal standart (Ethrenstorfer) ilave edilmiştir. Daha sonra 10 ml %1 formik asit içeren metanol eklenerek 1 dk daha vortex yapılmıştır. Örnekler 5000 rpm'de santrifüj edildikten sonra üst faz 15 ml lik tüplere 0.45 µm çaplı membran filtre (Millipore) ile süzülerek aktarılmıştır. Örnekler saf su kullanılarak 5 kat seyreltilmiş ve amber renkli 1.5ml lik cam viallere aktarılmıştır.

Ethephon ve Fosfonik asit Düzeylerinin Belirlenmesi

Ethephon ve fosfonik asit konsantrasyonları Agilent 6470 Triple Quad Liquid-Mass Spectrometry (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kromatografik ayırma için Shodex kolon kullanılmıştır. Mobil A faz amonium bikarbonat ve saf su içeren sulu bir çözeltiden oluşmaktadır. Mobil faz akış hızı, 0,45mL/dakika olarak ayarlanmıştır. Gradyan elüsyon sırasıyla 0-1 dk %40 A, 1-4 dk %30 A, 4-4.95 dk %0 A ve 4.95-6.50 dk %40 A olacak şekilde programlanmıştır. Kütle spektrofotometresi (MS) ile tespit, çoklu reaksiyon izleme (MRM) ve elektrosprey iyonizasyon (ESI) modunda gerçekleştirilmiştir. Gaz akışı 10 psi, gaz kılcal voltajı 3600V ve kaynak sıcaklığı 100°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Numune enjeksiyon hacmi 20 µL'dir.

Validasyon Çalışmaları

Validasyon çalışmaları Avrupa Komisyonu DG Sağlık ve Gıda Güvenliği Kılavuzuna (SANTE, 2019) uygun olarak herhangi bir kimyasal içermeyen incir meyve örnekleri ile gerçekleştirilmiştir. Her iki aktifin kalibrasyon

eğrileri altı konsantrasyonda (0.005 ile 5 mgL⁻¹) üç tekerrürlü olarak belirlenmiştir. Tüm bileşikler için elde edilen kalibrasyon eğrilerinin korelasyon katsayısı (R^2) ≥ 0.99 olacak şekilde kullanılmıştır. Tekrarlanabilirlik 0.01 ve 0.05 mgL⁻¹ konsantrasyonlarda 5 tekerrürlü olarak iki farklı analistle gerçekleştirilmiştir. Tekrar üretilebilirlik ve geri kazanım çalışmaları 0.01 ve 0.05 mgL⁻¹ konsantrasyonlarda farklı zamanda iki farklı analistle gerçekleştirilmiştir. Cihazın (LODs) ve metodun tespit sınırlarını (LOQs) belirlemek amacıyla her iki kimyasalın 5 µgL⁻¹lik konsantrasyonları 10 tekerrürlü olarak analiz edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Farklı zamanlarda örneklenen incir meyvelerindeki ethephon ve fosfonik asit düzeylerinin ortalamaları tekrarlı ölçülmüş varyans analiz (*MANOVA*) testine tabi tutulmuştur. Daha sonra Tukey'in post hoc testi ($p < 0.05$) gerçekleştirilerek ortalamalar arasındaki farklıklar gruplandırılmıştır (SAS 2007).

Bulgular

Validasyon Sonuçları

Analiz sonuçlarına göre ethephonun yakalama zamanı 4.3 dk; ana iyonu 143 m/z; Ürün iyonu 107 m/z ve collision (çarpışma) enerjisi 10'dur. Fosfonik asidin ise yakalanma zamanı 4.1 dk., ana iyonu 81 m/z; ürün iyonu 79 m/z ve çarpışma enerjisi 5'tir. Tekrarlanabilirlik için RSD ethephonda %1.11-%3.64, fosfonik asitte %0.70-%2.40 arasında bulunmuştur. Ethephon ve fosfonik asidin 0.01 ve 0.05 mgL⁻¹ konsantrasyonları için tekrar üretilebilirlik için RSD %0.94-3.50, fosfonik asitte %5.13-1.21 olarak belirlenmiştir. Ortalama geri kazanım ethephon ve fosfonik asidin 0.01 ve 0.05 mgL⁻¹ konsantrasyonları için sırasıyla %103.62-102.66 ve %101.76-101.93 olmuştur. Ethephon ve fosfonik asit için cihaz tespit sınırları (LODs) 5.85 ve 5.49 µgL⁻¹ ve metod tespit sınırları (LOQs) sırasıyla 7.82 ve 6.64 µgL⁻¹ olarak belirlenmiştir.

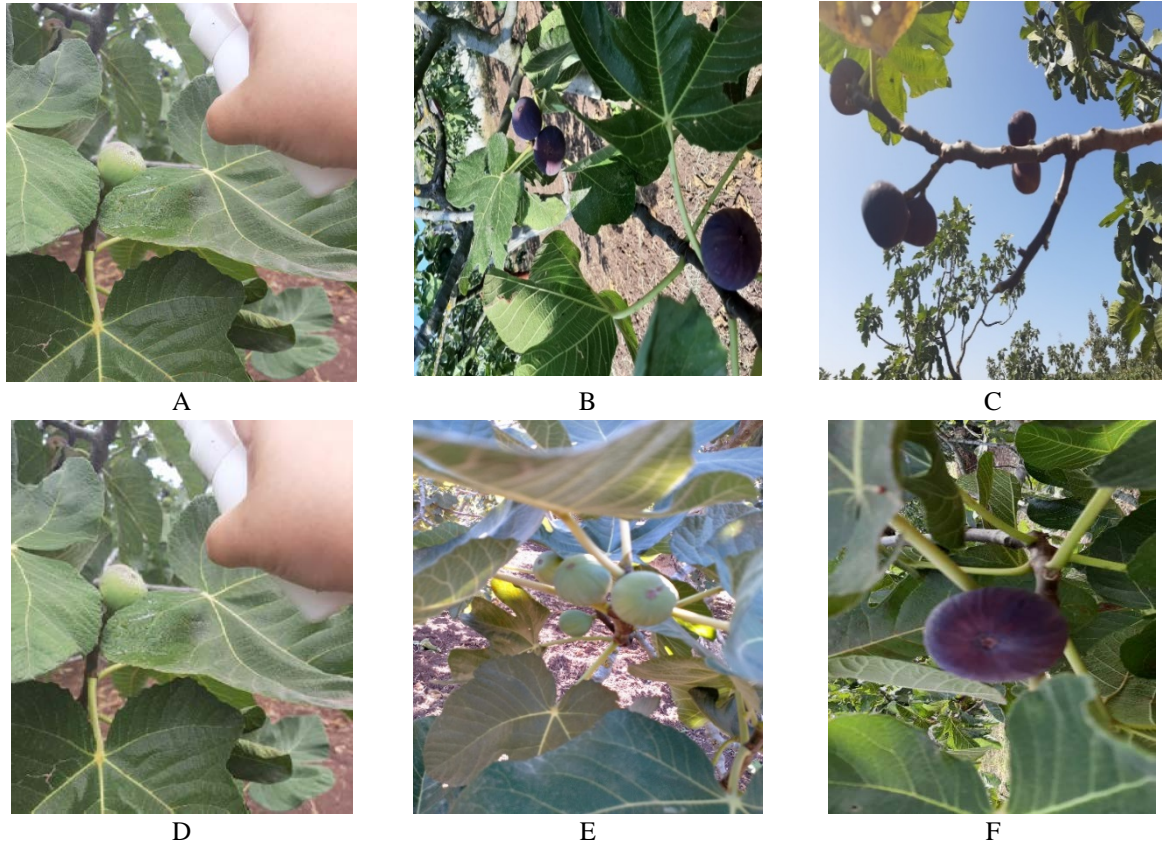
Ethephon Kalıntıları

Arazi koşullarında 2400 ve 480 mgL⁻¹ konsantrasyonlarda ethephon uygulandıktan sonra 3 ve 6 gün sonra meyvelerde görülen renk değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Gözlemlerimize göre yüksek konsantrasyon uygulandığında meyvelerde 3 gün sonra olgun meyve rengi oluşmuştur (Şekil 1b). Aynı konsantrasyonda 6 gün beklenildiğinde ise meyvelerin tamamen olgunlaştığı ve hatta dalından düşecek duruma geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, yüksek konsantrasyon uygulaması yapılan meyvelerin etrafındaki yaprakların döküldüğü görülmüştür (Şekil 1c). Diğer taraftan düşük konsantrasyon uygulanan meyvelerde 3 gün sonra kısmen bir renklenme görülürken ancak 6 gün sonra olgunlaşma saptanmıştır (Şekil 1d,e,f). Bu meyvelerin bulunduğu dallarda herhangi bir yaprak dökümü saptanmamıştır.

Arazi koşullarında 2400 mgL⁻¹ konsantrasyonda ethephon uygulanmasından sonra meyvelerde yapılan analizlerde ethephon kalıntı miktarı ortalama 36.48 mgkg⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 2a). Uygulamadan 3 gün

sonra hasat olgunluğuna ulaşan meyvelerde yapılan analizlerde ise ortalama ethephon miktarı 10.91 mgkg^{-1} bulunmuştur. Bu örnekler $+4\text{C}$ 'deki soğuk havada 12 gün boyunca tutulduğunda 5.73 mgkg^{-1} , 16 gün boyunca muhafaza edildiğinde 5.30 mgkg^{-1} ethephon kalıntısı belirlenmiştir. Uygulama yapılan günde alınan örneklere göre ethephon kalıntı miktarı hem arazi koşullarında hem de depolama sırasında önemli düzeyde düşüş göstermiştir. Ancak, soğuk hava deposunda farklı sürelerde bekletilen örneklerde ethephon miktarı açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır ($F_{3,8}=308.72$; $P<0.01$). Aynı konsantrasyonla uygulama yapıldıktan 6 gün sonra hasat edilen örneklerde ise ortalama ethephon konsantrasyonu 8.45 mgkg^{-1} bulunmuştur (Şekil 2b). Örnekler $+4\text{C}$ 'deki soğuk havada 12 gün boyunca tutulduğunda 7.73 mgkg^{-1} , 16 gün boyunca muhafaza edildiğinde 6.34 mgkg^{-1} ethephon kalıntısı saptanmıştır. Uygulama günü kalıntı miktarları ile karşılaştırıldığında ethephon kalıntı miktarı hasat zamanında önemli bir şekilde düşüş gösterse de soğuk hava deposunda geçen sürelerde istatistiki anlamda önemli bir düşüş belirlenmemiştir ($F_{3,8}=368.69$; $P<0.01$).

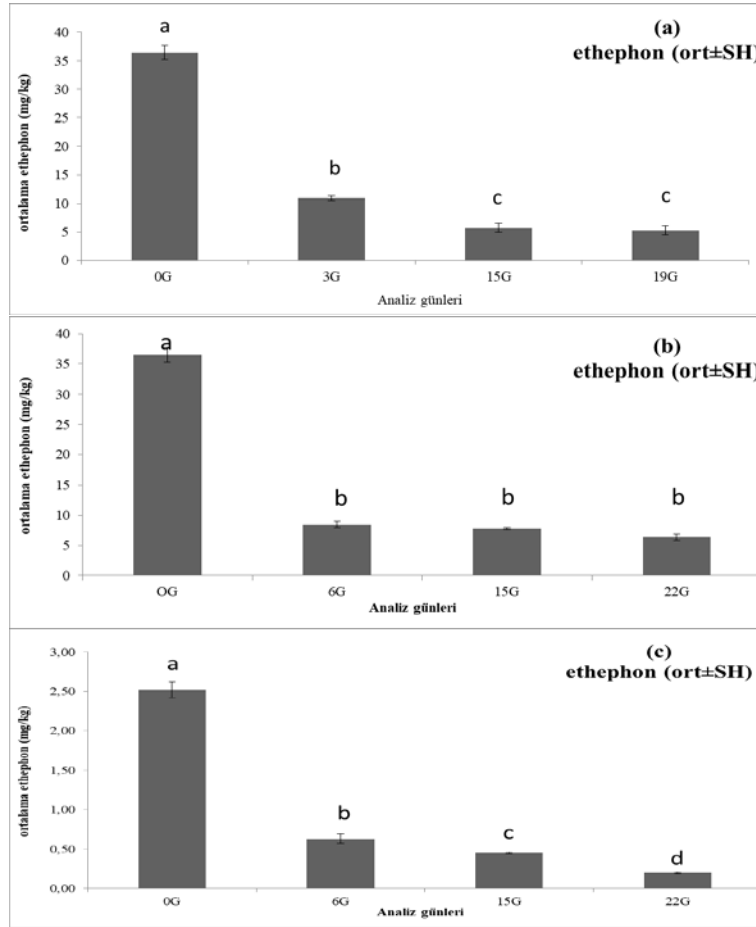
Arazi koşullarında 480 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanması yapıldıktan hemen sonra meyvelerde yapılan analizlerde ortalama ethephon konsantrasyonu 2.52 mgkg^{-1} bulunmuştur (Şekil 2c). Uygulamadan 6 gün sonra olgunlaşan incir meyvelerinde yapılan analizlerde ortalama ethephon miktarı 0.63 mgkg^{-1} 'ye düşmüştür. Bu örnekler $+4\text{C}$ 'deki soğuk havada 9 gün boyunca tutulduğunda 0.45 mgkg^{-1} , 16 gün boyunca muhafaza edildiğinde 0.20 mgkg^{-1} ethephon kalıntısı belirlenmiştir. Uygulama yapılan günden sonraki her örneklemede ethephon kalıntı miktarı önemli düzeyde düşüş göstermiştir ($F_{3,8}=348.09$; $P<0.01$). Soğuk havada tutulan örneklerde önemli bir farklılık bulunmamıştır. İstatistiki analizlere göre; yüksek konsantrasyona göre düşük konsantrasyonda ethephon uygulanan tüm incirlerde her örnekleme gününde de önemli düzeyde daha az kalıntı bulunmuştur ($F_{7,16}=541.97$; $P<0.01$). Yüksek konsantrasyon uygulanan örneklerde en düşük ethephon kalıntısı 22. günde depodan alınan örneklerde bulunsa dahi; bu miktar düşük dozun uygulandığı tarihteki örneklerde düşük bulunmamıştır.



Şekil 1. Arazi koşullarında 2400 mgL⁻¹ konsantrasyonda ethephon uygulanan meyvelerdeki (a) uygulama günü görüntüsü (b) 3 gün sonra hasat edilecek örneklerdeki görüntü (c) 6 gün sonra hasat edilecek örneklerdeki görüntü 480 mgL⁻¹ konsantrasyonda ethephon uygulanan meyvelerdeki (d) uygulama günü görüntüsü (e) 3 gün sonra hasat edilecek örneklerdeki görüntü (f) 6 gün sonra hasat edilecek örneklerdeki görüntü

Fosfonik Asit Kalıntıları

Arazi koşullarında 2400 mgL⁻¹ konsantrasyonda ethephon uygulanmasından sonra meyvelerde yapılan analizlerde fosfonik asit kalıntısı ortalama 0.31 mgkg⁻¹ olarak saptanmıştır (Şekil 3a). Hiç uygulama yapılmayan örneklerde ise herhangi bir fosfonik asit kalıntısına rastlanılmamıştır (Analiz sonuçları sıfır çıktığı için herhangi bir grafikte gösterilmemiştir). Uygulamadan 3 gün sonra hasat olgunluğuna ulaşan meyvelerde yapılan analizlerde ise ortalama fosfonik asit 0.22 mgkg⁻¹ bulunmuştur. Bu örnekler +4°C'deki soğuk havada 12 gün boyunca tutulduğunda 0.19 mgkg⁻¹, 16 gün boyunca muhafaza edildiğinde 0.19 mgkg⁻¹ fosfonik asit kalıntısı belirlenmiştir. Fosfonik asit kalıntı miktarları sadece arazi koşullarında düşüş göstermiş olup, soğuk hava deposunda istatistiki ve göreceli anlamda bir düşüş saptanmamıştır (F_{3,8}=10.18; P<0.01). Aynı konsantrasyonla uygulama yapıldıktan 6 gün sonra hasat edilen örneklerde ise ortalama fosfonik asit konsantrasyonu 0.36 mgL⁻¹ bulunmuştur (Şekil 3b). Örnekler +4°C'deki soğuk havada 12 gün boyunca tutulduğunda 0.29 mgkg⁻¹, 16 gün boyunca muhafaza edildiğinde 0.41 mgkg⁻¹ fosfonik asit kalıntısı saptanmıştır. Uygulama gününe göre diğer örnekleme günlerinde önemli düzeyde bir yükseliş belirlenmiştir (F_{3,8}=24.64; P<0.01).



Şekil 2. (a) Arazi koşullarında 2400 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanan ve 3 gün sonra hasat edilen örneklerdeki; (b) 2400 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanan ve 6 gün sonra hasat edilen örneklerdeki; (c) 480 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanan ve 6 gün sonra hasat edilen incir örneklerindeki ethephon kalıntı miktarları (0G, uygulama günü; 3G, 3. günde hasat edilen; 6G, 6. günde hasat edilen; 15G, soğuk saklama koşullarında bekletilen 15. gün; 19G, soğuk saklama koşullarında bekletilen 19. Gün; soğuk saklama koşullarında bekletilen 22. gün örnekleri), Sütunların üzerindeki çubuklar standart hatayı; farklı küçük harfler ise Tukey analizine göre istatistiksel anlamda ($p < 0.01$) farklılıkları göstermektedir.

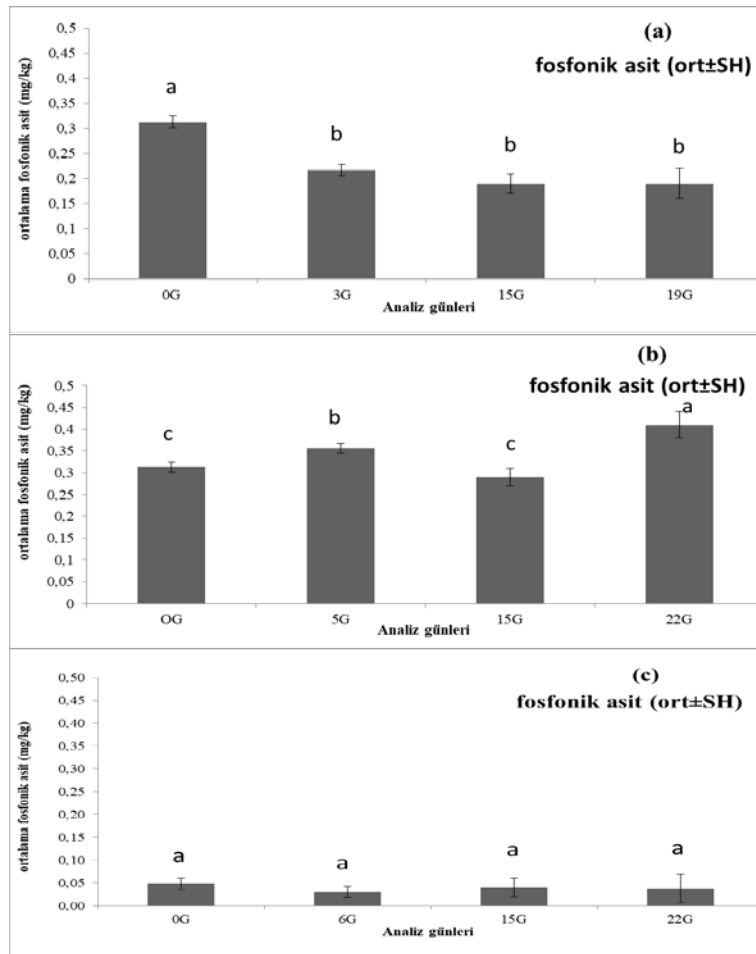
Arazi koşullarında 480 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanmasının arkasından alınan meyve örneklerinde ortalama fosfonik asit kalıntısı 0.048 mgkg^{-1} bulunmuştur (Şekil 3c). Uygulamadan 6 gün sonra olgunlaşan incir meyvelerinde yapılan analizlerde ortalama fosfonik asit miktarı 0.03 mgkg^{-1} 'ye düşmüştür. Bu örnekler $+4\text{C}$ 'deki soğuk havada 9 gün boyunca tutulduğunda 0.06 mgkg^{-1} , 16 gün boyunca muhafaza edildiğinde 0.038 mgkg^{-1} fosfonik asit kalıntısı belirlenmiştir. Uygulama yapılan gündeki örneklerle karşılaştırıldığında hasat zamanında önemli bir düşüş görülmesine rağmen, depolama esnasında önemli bir azalma görülmemiştir ($F_{3,8}=14.79$; $P < 0.01$). İki yollu ANOVA varyans analizine göre düşük konsantrasyonda ethephon uygulanan örneklerde önemli düzeyde daha az fosfonik asit kalıntısı belirlenmiştir ($F_{7,16}=421.06$; $P < 0.01$). Diğer taraftan, fosfonik asit miktarında uygulama gününe nazaran önemli bir düşüş saptanmamıştır.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada ethephon ve fosfonik asit kalıntıları yeni bir ekstrasyon ve cihaz koşulları kullanılarak LC-MS-MS cihazında belirlenmiştir. SANTE (2019) dökümanında belirtilen standartlara uygun olarak matrisli kalibrasyon eğrilerinin R^2 değeri >0.99 olmuştur. Doğrusallık için en önemli kriterin bu korelasyon katsayısı olduğu araştırmacılar tarafından not edilmektedir (Tiryaki, 2017; Yolci Omeroglu ve ark., 2018). Ethephon ve fosfonik asit için metodun en alt sınır değeri (LOQ) sırasıyla 7.82 ve 6.64 μgkg^{-1} olarak tespit edilmiş olup, her iki kimyasalın AB MRL değerlerinin (3 ve 2 mgkg^{-1}) çok altında olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Türkiye’de bu iki kimyasalın ruhsatlı olmayışı tespit limitlerinin çok düşük olması gerekliliğini getirdiği için metodun hassasiyeti oldukça iyi bulunmuştur. Nitekim, Azar ve ark. (2016), kullandıkları yönteme göre ethephon için bu değeri 20.38 μgkg^{-1} olarak daha yüksek bulmuşlardır. SANTE (2019) normlarına göre geri kazanım limitleri $\%60 \leq Q \leq \%140$ arasında olmalı ve tekrarlanabilirlik $\leq 20\%$ olmalıdır. Bu normlara uygun olarak bu çalışmada ortalama geri kazanım ethephon ve fosfonik asit için $\%103.62-102.66$ ve $\%101.76-101.93$ olarak tespit edilmiş ve tekrarlanabilirlik $<20\%$ (sırasıyla $\%1.11-\%3.64$, $\%0.70-\%2.40$) olmuştur. Tüm bu veriler geliştirilen yeni metodun kazanım testlerinin sonuçlarının kabul edilebilir olduğu ve kalıntı analizi için yöntem performans kriterlerine uygun olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, arazi koşullarında incir meyveleri üzerinde farklı konsantrasyonlarda uygulama yapılmasının akabinde ethephon ve fosfonik asit kalıntıları farklı örnekleme günlerinde tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yüksek konsantrasyonda ham incir meyveleri 3 gün içinde olgunlaşmış olup, uygulamadan 6 gün sonra meyveler ve hatta yapraklar dökülmeye başlamıştır. Bu uygulama sonucunda gerek hasat sırasında (8.45 - 10.91 mgkg^{-1}) gerekse hasattan sonra depolama (5.73 - 7.73 mgkg^{-1}) ve pazara sunma (5.30 - 6.34 mgkg^{-1}) aşamalarında AB MRL değerlerinin (3 mgL^{-1}) üzerinde kalıntılara rastlanmıştır (EU Pesticide Database, 2020). Düşük konsantrasyonda yapılan uygulamalardan sonra ham meyvelerin olgunlaşması 6 gün sürmüştür ve ethephon kalıntıları hasat sırasında 0.63 mgkg^{-1} , hasattan sonra depolama aşamasında 0.45 mgkg^{-1} ve pazara sunma sırasında 0.20 mgkg^{-1} olmuştur. Bu sonuçlar her ne kadar AB MRL değerlerini altında kalsa da ülkemizde ethephon’un incir üzerinde kullanılmasına izin verilmediği için ihracatta ve iç piyasada herhangi bir ethephon kalıntısı istenmemektedir. Bu anlamda, bu süreçlerde ethephon’un tamamen parçalanmadığı ve kalıntı riski oluşturduğu ortaya çıkmaktadır. Benzer olarak, Kanada’da incirler üzerinde yapılan bir çalışmada ethephon kalıntıları 20-40 gün sonra dahi 0.2 ila 2.3 mgkg^{-1} düzeyinde saptanmıştır (FAO, 1995). Bursa ilinde incirler üzerinde farklı bir analiz yöntemi ile yapılan başka bir çalışmada ise 1500 mgL^{-1} konsantrasyonunda ethephon uygulanan incirlerde hasat sırasında 0.8-1.2 mgkg^{-1} , depolama sürecinde 0.3 mgkg^{-1} ve hasat sırasında 0.2 mgkg^{-1} ortalama ethephon kalıntılarında rastlanılmıştır (Azar ve ark., 2016). Araştırmacılar da benzer olarak, incirde ethephon uygulamasının üründe uzun bir süre kalıntıya neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmaya göre, bizim araştırmamızda düşük konsantrasyon (480 mgL^{-1}) kullanmamıza rağmen ethephon kalıntı düzeylerinin daha yüksek çıkmasının iki sebebi olabilir. Birincisi bizim çalışmamızda kullanılan yeni metodun geri kazanım oranının ortalama $\%103$ oranlarında olmasına karşılık, Azar ve ark. (2016)’ın metodunun $\%83$ ila $\%110$ arasında çok değişken olmasıdır. Ayrıca, bu çalışmadaki metotta tekrarlanabilirlik ve tekrar üretkenlik değerleri de

oldukça iyi bulunmasına rağmen, atıf yapılan çalışmada bu değerler paylaşılmamıştır. Diğer ikinci sebep, örnekleme takvimi ile ilişkili olabilir. Çünkü bizim çalışmamızda meyvenin olgunlaşma sürecine bakılarak örneklemler yapılmış ve iç ve dış pazarlara sunulma durumuna göre hem araziden hem depodan değişken zamanlarda örnekleme yapılmıştır. Atıfta bulunan çalışmada en az 10 gün örnekler arazi koşullarında bekletildikten sonra +4°C sıcaklığa alınmıştır. Bu nedenle, doğal koşullarda ethephonun parçalanması daha kolay olacağından depoya giren örneklerde daha düşük konsantrasyonların bulunması doğal bir sonuçtur. Ancak, özellikle yüksek konsantrasyon ethephon kullanıldığında meyveler çok hızlı olgunlaştığı ve hatta yere dökülmeye başladığı için erken hasat edilmesi (3. gün) gerekmektedir. Bu durumda da soğuk koşullarda üründeki ethephonun parçalanması çok yavaşlamakta ve daha fazla risk ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3. (a) Arazi koşullarında 2400 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanan ve 3 gün sonra hasat edilen örneklerdeki; (b) 2400 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanan ve 6 gün sonra hasat edilen örneklerdeki; (c) 480 mgL^{-1} konsantrasyonda ethephon uygulanan ve 6 gün sonra hasat edilen incir örneklerindeki fosfonik asit kalıntı miktarları (0G, uygulama günü; 3G, 3. günde hasat edilen; 6G, 6. günde hasat edilen; 15G, soğuk saklama koşullarında bekletilen 15. gün; 19G, soğuk saklama koşullarında bekletilen 19. gün; soğuk saklama koşullarında bekletilen 22. gün örnekleri). Sütunların üzerindeki çubuklar standart hatayı; farklı küçük harfler ise Tukey analizine göre istatistiki anlamda ($p < 0.01$) farklılıkları göstermektedir.

Bu çalışmada ayrıca uygulama yapılmayan temiz örneklerle göre ethephon uygulanan tüm örneklerde fosfonik asit kalıntısı bulunmuştur. Daha önce Azar ve ark. (2016) ethephonun bir parçalanma ürünü olan HEPA'yı uygulamadan 17 gün sonra belirlemelerine rağmen, bizim çalışmamızda fosfonik asit uygulamanın yapıldığı ilk günden itibaren düşük konsantrasyonlarda ($0.19-0.31 \text{ mgkg}^{-1}$) belirlenmiştir. Bu çalışmada, ethephon uygulanan her örnekte fosfonik asit kirliliğinin bulunması bu çalışmada ilk defa gösterilmiştir. Bulgularımızla uyumlu olarak, bazı araştırmacılar ethephonun yapraklara püskürtülmesinden hemen sonra stoma açıklıkları ve kütikuladan hızlıca penetre olduğunu, 5 pH ve üzerinde etilen, klorit ve fosfat türevlerine parçalandığını kaydetmektedirler (Archambault ve ark., 2006; Bhadoria ve ark., 2018).

Sonuç olarak, domates ve pamuk örnekleri düşünüldüğünde ethephonun PHI değerleri 14 gün olduğu görülmektedir. Ancak, incirde bu çalışmada kullanılan her iki konsantrasyon da dikkate alındığında en fazla 6 gün sonra incirler hasat edilmelidir. Aksi takdirde meyveler dalında bozulmaya başlanmaktadır. Diğer bir değişle incirde hasat sonrasındaki bekleme süresi yetersizdir. Bu çalışmada gösterildiği gibi soğuk hava koşullarında depolamalarda da bu kimyasalın parçalanması çok yavaşlamaktadır. Üstüne üstlük HEPA'dan farklı olarak fosfonik asit ethephon uygulanır uygulanmaz saptanabilmektedir. Her iki kimyasal için de tüm süreçlerde kalıntı miktarları saptandığından, meyvelerin ticaretini engellemektedir. Bizim bu çalışmamız ve Azar ve ark. (2016)'nın önceki saptamaları ışığında ethephonun incirde kullanımı incir ticareti açısından çok yüksek riskli görülmektedir.

Teşekkür Bilgi Notu

Bu çalışma STB065816 nolu ve “İhracat Ürünü Bursa Siyahı İncirinin azar Değerinin Artırılması için Kontrol ve Analiz Yöntemlerinin ve Üretici Portföyünün Geliştirilmesi” başlıklı ULUTEK Teknopark araştırma projesi kapsamında yürütülmüştür. Bu çalışmanın tüm kimyasal analizleri G. HAZARHUN tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bilimsel kurgusu, deneme deseni ve istatistiki analizleri N. A. KUMRAL tarafından yapılmıştır. Yazarlar tüm makaleyi birlikte hazırlamışlar ve okumuşlardır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aksoy, U., Seferoğlu, G., Mısırlı, A., Kara, S., Şahin, N., Bülbül, S. ve Düzbastılar, M. 1992. Ege Bölgesi koşullarına uygun sofralık incir çeşit seleksiyonu. Türkiye 1. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 13-16 Ekim 1992, İzmir 545-548.
- Aksoy, U., Can, H.Z., Hepaksoy, S. ve Şahin, N. 2001. İncir Yetiştiriciliği. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Projesi Yayınları, İzmir, 45 s.
- Anonim, 2010. İyi Tarım Uygulamaları Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete, sayı 27778, s:1-14.

- Anonim, 2019. Uludağ Yaş Sebze Meyve İhracatçıları Birliği. Yıllık, <http://www.uib.org.tr/tr/ihracat-ihracat-rakamlari-uib-ihracat-rakamlari.html> (Erişim tarihi: 26.11.2020).
- Archambault, D.J., Li X., Foster K.R. and Jack T.R., 2006. A screening test for the determination of ethylene sensitivity. *Environ Monit Assessment*, 115: 509–530
- Azar, İ., Tosunoğlu, H. Akbaş, N. ve Deniz, A. 2016. Bursa siyah incirinde ethephonun metaboliti olan 2-hydroxyethyl phosphonic acide dönüşüm sürecinin ve kalıntı düzeylerinin araştırılması. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 16(1): 24-32.
- Bhadoria, P., Nagar, M., Bahrioke, V. and Bhadoria A.S. 2015. Effect of ethephon on the liver in albino rats: A histomorphometric study. *Biomed Journal*. 38: 421–427.
- Bhadoria, P., Nagar, M., Bharihoke, V. and Bhadoria, A.S. 2018. Ethephon, an organophosphorous, a fruit and vegetable ripener: has potential hepatotoxic effects? *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 7(1): 179-183.
- BKUtarm 2020. Bitki Koruma Ürünleri Veri Bankası. <https://bku.tarim.gov.tr> (Erişim tarihi: 26.11.2020).
- Çalışkan, O. and Polat, A.A. 2011. Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 128(2011): 473-478.
- Çalışkan, O. ve Polat, A.A. 2012. Bazı incir çeşitlerinin fitokimyasal ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2): 201-207.
- EFSA Scientific Report, 2008. Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment active substance ethephon. Conclusion on the PeerReview of Ethephon, 174: 1-65.
- EU Pesticide Database, 2020. European Commission Pesticide Database. <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN> (Erişim tarihi: 26.11.2020).
- FAO, 1995. Pesticide residues in Food-1994. Evaluation Part-1 Residues Vol.1, Rome, Italy, 520pp.
- FAO 2019. Food and Agriculture Organisation, FAOSTAT, Crops. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim tarihi: 26.11.2020).
- Köseoğlu, İ.V. 2008. Sarılop incir (*Ficus carica* L.) çeşidinin kurutulmuş meyvelerinde fumonisin varlığının araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Kumral, Y.A., Kumral N.A. and Gurbuz O. 2020. *Candida boidinii*'nin farklı suşlarının deltamethrini parçalama potansiyellerinin in-vitro koşullarda belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2): 337-349.
- Kutlu, E. and Aksoy, U. 1997. Further evaluation of selected Sarılop (*Calimyrna*) clones. *Acta Horticulturae*, 480: 265-269.
- Mursalat, M., Rony A.H., Rehman A.H., Khan, M.S. and Islam M.N. 2013. Critical Analysis of Artificial Fruit Ripening: Scientific, Legislative and Socio-Economic Aspects. *CHE Thoughts*, 1: 1–7.

- Nalbant, M., Şahin, N. and Aydın, Ş. 1998. Fig genetic resources at the Fig Research Institute (Aydın/Turkey), *Acta Horticulturae*, 480: 43.
- PPDB, 2020. The Pesticide Properties Database. www.sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/154.htm (Erişim tarihi: 26.11.2020).
- SANTE, 2019. Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. SANTE/12682/2019. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/pesticides_mrl_guidelines_wrkdoc_2019-12682.pdf (Erişim tarihi: 26.11.2020).
- SAS, 2007. SAS Institute. JMP version 7.0.2 Release Notes Cary, NC: SAS Institute Print Center, 1-20.
- Silva, R.H., Ağabeylio, V.C., Takatsu, A.L., Kameda, S.R., Grassl, C., Chehin, A.B., Medrano, W.A., Calzavara, M.B., Registro, S., Andersen, M.L., Machado, R.B., Carvalho, R.C., Ribeiro, A., Tufik, S. and Frussa-Filho, R. 2004. Role of hippocampal oxidative stress in memory deficits induced by sleep deprivation in mice. *Neuropharmacology*, 46: 895–903.
- Tiryaki O., 2017. Pestisit Kalıntı Analizlerinde Kalite Kontrol (QC) ve Kalite Güvencesi (QA), Geliştirilmiş ve Güncelleştirilmiş 2. Basım, Nobel Yayın No: 1697, Fen Bilimleri: 129, ISBN 978-605-320-604-0. Mart 2017, Ankara, 273s.
- Yıldırım, B. 2016. Bursa ilinde yetiştiriciliği yapılan ‘Bursa Siyahı’ incir çeşidinin SSR moleküler markırları kullanılarak tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, Bursa uludağ Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.
- Yolci Omeroglu, P., Ambrus, A., and Boyacioglu, D. 2018. Uncertainty of pesticide residue concentration determined from ordinary and weighted linear regression curve. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(7): 1324-1339.



Meeting Local Energy Requirement from Wind Energy in Areas without Grid: Northern Mesopotamia

Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU¹, Ali VARDAR^{2*}

Abstract: In this study, it has been investigated whether the electrical energy needs of the agricultural plant, which have minimized their production range due to network deprivation in the Southeastern Anatolia Region (Northern Mesopotamia), can be met locally with small wind turbines to increase their product range. Turkey's largest development project in the Southeastern Anatolia Project (GAP), the topography where Tigris and Euphrates Rivers exist was investigated. Data from 24 meteorology stations in nine cities and their speed and direction data, Wind Energy Potential Atlas of the Renewable Energy General Directorate, and satellite images were analyzed simultaneously. In line with the information obtained, the wind characteristics and energy potential of the region have been determined. Also, considering the wind characteristics presence, possible power, and energy values from the small wind turbines that have been chosen as representative are presented. Finally, the capacity factors and the costs of these wind turbines have been compared, and their economic and technical installability has been examined.

Keywords: Wind energy, capacity factor, small wind turbines, northern mesopotamia, cost, agricultural incentives.

¹ Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU, Bursa Uludag University, Institute of Natural and Applied Science, Department of Biosystems Engineering (Agricultural Energy Systems), Bursa, Turkey. E-mail: rozagulbencuya@gmail.com, [OrcID](#) 000 0002 0211 295X

* **Corresponding Author:** ²Ali VARDAR. Bursa Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering (Agricultural Energy Systems), Bursa, Turkey. E-mail: dravardar@uludag.edu.tr, [OrcID](#) 000 0001 6349 9687

Şebeke Bulunmayan Alanlarda Lokal Enerji İhtiyacının Rüzgar Enerjisinden Karşılanması: Kuzey Mezopotamya

Öz: Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu bölgesinde (Kuzey Mezopotamya) şebeke yoksunluğu sebebiyle üretimleri aksayan veya sınırlı kalan tarım tesislerinin elektrik enerji ihtiyaçlarının lokal olarak küçük rüzgar türbinleri ile karşılanabilirliği araştırılmıştır. Bölge olarak, Türkiye'nin en büyük kalkınma projesi olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında olan Dicle ve Fırat nehirlerinin bulunduğu topografya ele alınmıştır. Toplam dokuz şehirdeki 24 meteoroloji istasyonuna ait veriler, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne ait Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası ve uydu görüntüleri eş zamanlı olarak incelenmiştir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda öncelikle bölgenin rüzgâr karakteristikleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca rüzgâr karakteristikleri dikkate alınarak temsili olarak seçilmiş küçük rüzgâr türbinlerinden muhtemel elde edilecek güç ve enerji değerleri ortaya konulmuştur. Son olarak da söz konusu rüzgar türbinlerinin kapasite faktörleri karşılaştırılmış ve ekonomik olarak kurulabilirlikleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar enerjisi, kapasite faktörü, küçük rüzgar türbinleri, kuzey mezopotamya, maliyet, tarımsal teşvikler.

Introduction

The world has undergone a great change with the industrial revolution. The raw materials in nature have started to be valued and shaped. It caused the need of increase for energy and raw materials. The concept of distance has been replaced to the concept of globalization (Doğan, 2013). After the Ottoman conquest of Istanbul, the Crusades and the First and Second World Wars caused the spread of technology and technological breakthroughs all over the world. Competition in the energy market has increased with the disappearance of colonialism by the Wilson principles. The radical divergence of the world from colonialism and the economic distress in accessing the workforce have also triggered industrialization. Engines and machines have started to replace unskilled workers. Employment quality has changed, and this has been the engine of increasing the level of the knowledge. Operating these devices was easier than hiring people. Conventional sources, the sources that made concrete energy access by easiest since then and today, have been identified as the primary energy source. Since renewable energy sources that are free in nature are discontinuous, people have adopted fossil fuels as the primary source of energy in the industrialization process. During this period, there have been many ecological changes in the world and the world has started to get populated. Production, consumption and therefore pollution increased as the world population increased. Global warming, melting of glaciers, and deterioration of ecological balance were ignored. Competition has started to increase and access to raw materials and fuels that are sources of energy was no longer easy. However, the oil crisis in 1973 has thrown off one's balance established on conventional power, bringing up the issue of "renewable energy sources and diversification of energy sources".

Historians state that there were mills for irrigation in Mesopotamia at the time of Hammurabi, King of Babylon in the 1700 BC (Before Christ). In addition to this, various documents related to the history of using wind power through circular moving mills, namely turbines, are encountered. It is estimated that the oldest wind power machine, the windmill, was built near Alexandria 3000 years ago (Shepherd, 1990). The use of wind power passed into the Western world around the 10th century. The products of this periodic technology's transition from east to west are first encountered in England in the 11th and 12th centuries. AD (Anno Domini) In the late 19th century and in the 20th century AD practices such as drawing water from the well and obtaining electricity with windmills emerged (Hayli, 2001). It is known that wind energy was used in Iran in 700 BC, long before the energy crisis occurred in 1973. Following the industrial revolution, the use of this energy source for electricity production was delayed until the near future due to interruption. There are several reasons for this discontinuity. First of all, the wind is an intermittent source and the superiority of fossil fuels in this regard is the main reason for this delay. This situation led to the development of clean energy technology and, thus, a new energy market. Today, the subject of "independent energy", where all needs are met with renewable energy sources, is on the agenda.

Renewable energy sources classified as wind, solar, biomass, geothermal, hydroelectric, hydrogen, wave energy is called as clean energy. "Wind energy" on which we are talking about is one of the most accessible sources in Turkey, located in the middle climate zone, where four seasons are experienced and surrounded by seas on three sides.

According to the Global Wind Energy Council (GWEC) 2019 report; After the 63.8 GW power installation of 2015, the wind energy sector showed the second biggest wind energy installation breakthrough in the world in 2019 with a 60.4 GW installation and the cumulative wind energy capacity increased to 651 GW. It is reported that the installation performance of the sector is 100 GW/year, but this performance has not been reached yet. Compared to the past twenty years, the newly established gas and fossil-related energy facility cost are comparable to wind and solar power plant installation costs. It is anticipated that it will become less costly in the next decade. In such a case, wind energy will be the cheapest energy source to stop environmental pollution and CO₂ emissions. As it approaches at the 2030s, wind energy is expected to compete economically, and the annual installation potential of the sector is expected to be evaluable. For the GWEC 2020 projects, a 1-2-month delay is foreseen due to the COVID-19 pandemic. However, due to the pandemic recession, it is reported that there will be a current publication for the 2020-24 projection (Anonymous, 2020a).

On the other hand, according to the report for January 2020 of Turkey Wind Energy Association (TUREB): operating Wind Power Plant (WPP) capacity of 8056 MW and which is under construction WPP capacity of 1309.8 MW as specified (Anonymous, 2020b).

It is not known how the leaders (China and the United States) of the wind power industry is affected by the COVID-19 pandemic. Also, it is not known how the sectors will be affected when the pandemic disappears entirely, and the markets get back in circulation.

It is stated that in the future scenarios of economists, China has 16% of the global economy. Cause of late pandemic precautions of pandemic experienced in the first quarter of 2020, the sectors are locked in the world, many people became unemployed, and the supply & demand curve decreased. It will take time to return to normal (Even if China normalizes its supply by producing, it will take time for global demand to increase to a reasonable level). It is expected that the average economic growth will be 3.5% lower because of this situation, which especially affects the entire service sector and supply chain (It should be noted that the main source of global production of many clean energy technologies is from China). Looking at the data in the first two months of 2020, infrastructure investments of the countries decreased by 30% compared within previous years. On the other hand, it is stated that the cost of each month when pandemic measures are prolonged will be 2.0-2.5% (Fernandes, 2020).

Not all sectors will be affected equally by the pandemic. The restriction of the industry and the basic requirements will create a new balance during the epidemic.

When the factories are reopened, production curves will be “V” or “U”, and there will be ups and downs. The primary indicator of this situation is energy and raw material prices. Even if investment and gross national product (GNP) growth in exporter countries decrease, falling energy and raw material prices are potentially favorable for exporters, commercial users, and consumers. Besides, it is assumed that money markets will react with the tendency to soften the global economy (Mann, 2020).

They were locking the sector due to the pandemic, McKibbin and Fernando (2020) foresight that the energy sector in Turkey will remain under the influence of a shock 37%. However, according to Spitzmueller et al (2020) issue; it may be too early to predict that “Environmental, Social and Governance” (ESG) initiatives and their sustainability priorities for renewable energy for the energy industry may change over the next few months. Changes for the energy industry to predict renewable energy, due to the ongoing COVID-19 pandemic and low oil prices, However, even in times of turmoil, the energy industry and ESG have been shown to have experience and flexibility throughout the crisis, keeping them out of trouble. It is also stated in the same publication that as the industry quickly focuses on ready-to-use resources, financial and legal needs, and government regulation institution policies, de-carbonization and sustainability targets will be disrupted. De-carbonization is linked with ESG initiatives, and they have common goals; affordable price, reliability, and sustainability. Therefore, if companies continue to invest in creative, dynamic solutions for long-term recovery and resilience, ESG determinants can succeed in sustainability if a proactive interaction is engaged in the world market, and a safe environment for entrepreneurship is provided (Spitzmueller et al., 2020).

The law numbered 5346 “Electricity Law on Utilization of Renewable Energy Resources for the Purpose of Production” is in force in Turkey. In his scope, the electricity obtained from wind energy is pricing as 7.3 c\$/kWh. Also, if components are domestic production, there is additional support for the price, it is reported that this pricing will be adjusted every ten years (Anonymous, 2005a) . This study, which is prepared considering that agricultural activities and an increase in agrarian income have an important role in the social and economic development of the Southeastern Anatolia region, also supports the Southeastern Anatolia Project (GAP). By the Agricultural and Rural Development Support Institution (TKDK); The Project to increase the use of renewable

energy resources in the GAP region (with sector code 302-7) is supported by renewable energy investments (for Diyarbakır, Şanlıurfa, and Mardin cities) for use in diversifying and developing farm activities. Although, IPARD's (Instrument for Pre-Accession Assistance-IPA) the total support budget is 54000000 Euros, the support rate is between 55-65% (Anonymous 2020c). According to the communiqué (communiqué no: 2019/30) on the support of agricultural investments within the scope of the 13th stage of rural development supports and the communiqué (communiqué no: 2017/22) on the support of agricultural investments within the scope of rural development supports (50%) (Anonymous 2019; Anonymous, 2017). Also, according to the communiqué on the electrical energy support used in agricultural irrigation (communiqué no: 2005/22); 0.017 Turkish Lira support payment is made per kilowatt of active electrical energy consumed in agricultural irrigation (Anonymous, 2005b). The region is also supported by an institution such as Karacadağ Development Agency (Anonymous, 2020d) and İpekyolu Development Agency (Anonymous, 2020e) with development investments.

Wind turbines have come a long way until they reach today's technology. It was discovered and used in Asia, especially in Mesopotamia, and reached today's technology by spreading with the Crusades to Europe. In the prior period, the usage intensity decreased in the Middle East and Mesopotamia (Shepherd, 1990). This study was carried out to demonstrate the re-use, and feasibility of wind turbines used to generate electricity to all systems, pump water, cut wood, and create airflow, in the region where the renewable wind energy was born.

Materials and Methods

The research area was determined as the Southeastern Anatolia Region (northern Mesopotamia), which is one of the seven regions of Turkey and the region where the most significant national development Project GAP is carried out. A large part of the region contains Northern Mesopotamia, which lies between the Euphrates and Tigris rivers. Cities in this region are; Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Mardin, Şırnak, Siirt, Batman, Diyarbakır, and Adıyaman.

Small wind turbines with horizontal and vertical axes that are selected as representative of the study are given in Table 1 and Table 2.

Table 1. Types of horizontal axis wind turbines <Anonymous 2016a>

Horizontal Axis Wind Turbine	1 kW	3 kW	5 kW	10 kW	20 kW
Lowest Operation Wind Speed (m/s)	3	3	3	3	3
Highest Operation Wind Speed (m/s)	40	40	25	25	25
Optimal Operation Wind Speed (m/s)	12	12	12	12	12
Number of Wings	3	3	3	3	3
Rotor Diameter	2.6	4.5	5.8	8.2	11.6
Sweeping Area m ²	5.3	16.0	26.6	53.2	106.4
Wing length	1.2	2.5	2.7	4.0	5.0

Table 2. Types of vertical axis wind turbines <Anonymous 2016b>

Vertical Axis Wind Turbines	V1s	V1	V1.8s	V1.8
Available Power (W)	200	300	1000	1500
Highest Achievable Power (W)	250	350	1300	1800
Voltage (V)	14.5	14.5	180 dc	180 dc
Proper Operation of Wind Speed (m/s)	12	12	11	11
Service Wind Speed (m/s)	1.5	1.5	1.5	1.5
Suitable Number of Cycle (cycle/min)	270	250	200	180
Highest Speed Cycle (cycle/min)	320	300	220	200
Rotor Diameter (m)	0.9	0.9	1.5	1.5
Wing Length (m)	1.0	1.0	1.8	1.8
Total weight (kg)	25	25	110	110

In the framework of the study, the wind data-reached from the Republic of Turkey Ministry of Water State and Forestry, the General Directorate of Meteorology (2016) between 1968-2015 were analyzed for obtaining dominant wind direction and intensities, and a representative year was created by analyzing the frequencies.

“Compound Threat Method” (UTM) data was accessed using GoogleEarth, and meteorological station location information was processed in the ArcMAP program (Figure 1). The dominant wind direction is visualized with ArcMAP and Google Earth programs. Thanks to these images, the degrees of an exploit of the wind speed have been revealed. The roughness class and, therefore, the roughness length (Z_0) values at the station locations were selected from the present charts (Bektaş, 2013; Anonymous, 2003; Biçen and Vardar, 2020; Bölükbaş et al., 2020). Correction coefficients have been put forward. The primary correction factor has been submitted (Table 4 in the Results section).

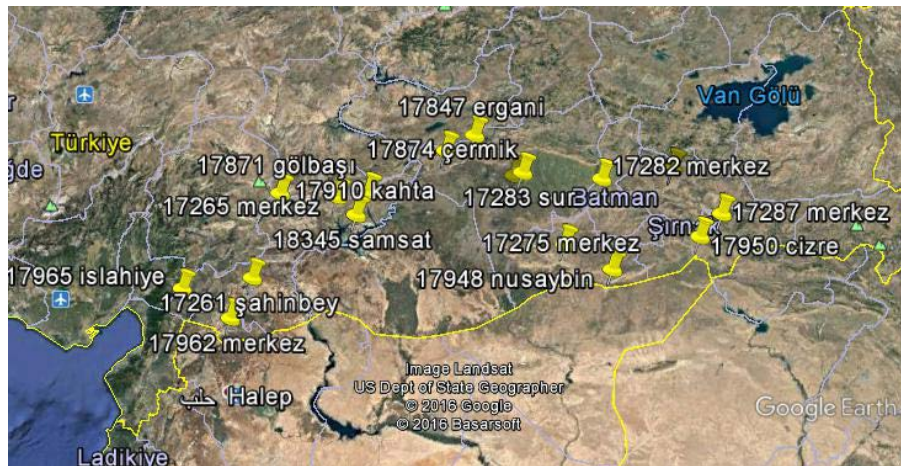


Figure 1: ArcMAP Meteorological station locations in Northern Mesopotamia

The meteorological average wind speed in the coordinates was compared with the Turkey Wind Energy Potential Atlas (Anonymous, 2007) data by using the interpolation method to the points, and the deviation in these values was examined mathematically. In addition, correction coefficients suitable for the meteorological

station location were obtained. Meteorological station information and data in accordance with wind data, according to station location and the average annual wind speed distribution at 50 m from Turkey Wind Energy Potential Atlas (REPA) (Anonymous, 2007), was reorganized under the influence factor correction coefficient in comparison with the data. The deviation resulting from the comparison was examined mathematically and a secondary correction factor was obtained.

Available daily data, which was obtained at 10 m high from meteorological stations, was converted to average data on a station basis. Wind speeds are calculated for altitude calculations of 10 m and 50 m.

The corrected and lean station wind speed data obtained was calculated linearly between the increase model, and correlation coefficients were obtained.

In addition, calculations were made on the unit area. Total potentials of cities and districts have not been investigated. Also, due to the rapid urbanization in terms of the accuracy of our findings, the UTM images obtained from the GoogleEarth software are not known. As Özşahin and Kaymaz (2013) suggested; Before proceeding to the investment phase, it should be remembered that detailed studies should be used on larger scale maps and the most up-to-date land image possible.

In line with the data of station and the representative turbines data which are selected to sampling, the capacity factor was determined by proportioning the energy intensities obtained annually.

Costs of turbines and towers at various heights were calculated separately. By applying the capacity factor effect, unit energy cost calculations were examined. In addition, calculations have been examined to better visualize the effect of incentives and supports on unit energy cost. Government supports (non-refundable loans) and government incentives (if applicable) were exercised in these calculations.

Also, accordingly, the minimum cost that can be reached with simple cost and grant support was calculated, analyzed, and compared according to various hub heights of turbines. According to the Republic of Turkey, published in the official gazette notification and Agriculture and Rural Development Support Agency (TKDK) specified in the IPARD Program grants are processed.

IPARD's the support rate is between 55-65% (Anonymous, 2020c). According to the communiqué (communiqué no: 2019/30) on the support of agricultural investments within the scope of the 13th stage of rural development supports and the communiqué (communiqué no: 2017/22) on the support of agricultural investments within the scope of rural development supports (50%) (Anonymous, 2019; Anonymous, 2017).

In this study, value added tax and freight costs of turbines are not included in the calculations as they are a relative and dynamic factor in energy kWh cost calculations. Licensed and unlicensed wind energy generation facilities are exempted from the above items if they are connected to the grid (Anonymous 2005a).

Theory/ Calculation

Information about the study site, station wind data and wind turbines were interpreted mathematically with a series of equations. While calculating the kWh cost of the amount of energy that the turbine can produce at the working site, the following equations are used.

The primary correction coefficient we use to obtain the value of the wind speed at various heights under the influence of surface roughness (Jhoinson 2006).

$$u^* = \frac{v(h) \times k}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)} \quad (1)$$

Secondary correction coefficient created to increase REPA values by comparing REPA data with findings (Yağcı 2013).

$$P = \frac{REPA \text{ data}}{\text{Average speed of station}} + 1 \quad (2)$$

Wind data of 50 m subjected to these two factors were used in the field unit area power and energy density calculations.

$$P = 0,5\rho Av^3 \quad (3)$$

If the capacity factor is at least 25% in horizontal axis wind turbines (Anonymous 2005a; Anonymous 2020c) and 6.4% in vertical axis wind turbines, it is considered to be suitable for **economic** WPP investments. And if the capacity factor is at least 20% in horizontal axis, 2% in vertical axis wind turbines, it is considered to be suitable for **technical** Wind Power Plant investments. According to Anonymous (2006), the capacity factor in vertical axis wind turbines should be between 1.6% and 13.6%, and the average is 6.4%. The equation used in the calculation of the capacity factor is given below.

$$C_F = \frac{\text{Total amount of energy produced annually}}{\text{The amount of energy that the turbine should produce annually with nominal power}} \quad (4)$$

The following equation shows the present value cost of the investment made throughout the life of the turbine.

$$PVC = I + B \left[\frac{1+i}{r-i} \right] \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+r} \right)^t \right] - S \left(\frac{1+i}{1+r} \right)^t \quad (5)$$

Unit cost of energy produced from wind turbines Present Value Cost (PVC); The investment made during the life of the turbine is the current time costs. "I" is the turbine cost. This value is the connection costs of the turbine price and the turbine price, the connection costs are 20% of the turbine price. "B" is the annual

maintenance and repair costs, “i” shows inflation rate, “r” interest value, “S” scrap value (10% of equipment cost) and t turbine life (Bagiorgas 2007; Elibüyük at al 2016) and (Dabbaoğlu et al 2014). According to the data of Central Bank of the Republic of Turkey; The inflation rate in December 2019 is 11.84% and the interest rate is 12.16% (Anonymous 2020f).

The equation below shows how equipment cost is calculated.

$$B = \frac{I}{(tx4)} \quad (6)$$

The kWh cost of electrical energy is seen in the equation below.

$$kWh \text{ Cost} = \frac{PVC}{P_R C_f t} \quad (7)$$

The kWh cost of electrical energy under the influence of the grant factor is seen in the equation below.

$$kWh \text{ Cost} = \frac{PVC}{P_R C_f t} \times (1 - \text{Grant Factor}) \quad (8)$$

Results

Within the scope of the study; Meteorological station data were processed, available datasets were obtained, and the locations of meteorological stations were evaluated by using GoogleEarth program images. In line with this information, surface roughness classes and roughness lengths are determined according to the locations of the stations. Table 3 shows the 50 m wind averages obtained from the REPA visuals by interpolation and the wind speeds of the stations at 50 m and the correction coefficient between them with REPA.

Table 3. Roughness class, roughness length, etc. field values

City	District	Available Data (Year)	REPA Wind Speed (m/s)	Roughness		Wind Speed Average (50 m)	Correction Coefficient
				Class	Length (m)		
Şirnak	Cizre	34	4.5	2.5	0.2	3.55	1.27
	Central	20	5	3	0.4	3.08	1.62
Siirt	Central	41	4	0.5	0.0024	1.91	2.09
Batman	Central	35	4	0.5	0.0024	2.01	1.99
Mardin	Central	39	6	1.5	0.055	5.22	1.15
	Nusaybin	23	6	2.5	0.2	2.46	2.44
Diyarbakır	Çermik	25	5.5	2	0.1	1.96	2.81
	Central	41	5.5	2.5	0.2	3.47	1.59
	Ergani	12	6.5	1	0.03	3.01	2.16
	Sur	6	4.5	0.5	0.0024	2.02	2.23
Şanlıurfa	Akçakale	19	5	1	0.03	2.43	2.06
	Birecik	34	4.5	3	0.4	2.49	1.81
	Bozova	7	4.5	1	0.03	1.3	3.46
	Ceylanpınar	25	5	1.5	0.055	1.96	2.55
	Hilvan	10	4	1.5	0.055	3.31	1.21
	Siverek	38	5.5	3	0.4	4.5	1.22
Adıyaman	Central	38	5.5	3.5	0.8	2.87	1.92
	Central	42	4.5	3	0.4	3.01	1.50
	Gölbaşı	9	5	2	0.1	2.32	2.16
	Kahta	6	4.5	1.5	0.055	3.86	1.17
Gaziantep	Samsat	8	4.5	0.5	0.0024	2	2.25
	Central	43	6.5	3.5	0.8	2.41	2.70
	İslâhiye	40	5.5	0.5	0.0024	2.37	2.32
Kilis	Central	41	6.5	1	0.03	3.42	1.90

Considering the annual total power and energy density of stations based on the correction coefficient of wind speed depending on the station location and based on REPA wind speed difference, the field unit power, and energy potentials obtained theoretically. The ratio of the amount of energy that can be achieved if the wind turbines operate at nominal speed for a whole year and the ratio of the amount of energy that can actually be obtained due to the wind potential of the region is defined as the capacity factor. Using the equation given in the method section, the capacity factors that can be obtained with the wind turbines handled on the basis of the stations in the region were calculated and presented in Table 4 and Table 5.

While examining the economic and technical installability of horizontal and vertical axis wind turbines in the Southeastern Anatolia Region, energy unit costs were examined under the influence of lean and grant.

Cost calculations based on the grant support information specified at Materials and methods section; city, region, turbines with various power and features and various hub heights.

Economically and technically installability is discussed in the Table 4-13, italic/bold colored values are economically installable and italic/grayly colored values are technically installable express.

Table 4. Horizontal axis wind turbine capacity factors

CITY	District	1 kW			3 kW			5 kW			10 kW				20 kW				
		Cf 10	Cf 12	Cf 15	Cf 10	Cf 12	Cf 15	Cf 10	Cf 12	Cf 18	Cf 12	Cf 15	Cf 18	Cf 24	Cf 30	Cf 36	Cf 18	Cf 24	Cf 30
Şırnak	Cizre	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.02	0.04	0.05	
	Central	0.04	0.04	0.06	0.13	0.14	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.12	0.15	0.14	0.06	0.10	0.14	
Siirt	Central	0.02	0.02	0.02	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.02	0.04	0.06	
Batman	Central	0.02	0.02	0.02	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.02	0.04	0.06	
Mardin	Central	0.09	0.09	0.11	0.19	0.20	0.15	0.15	0.14	0.16	0.16	0.17	0.18	0.17	0.08	0.12	0.16		
	Nusaybin	0.07	0.08	0.09	0.16	0.17	0.13	0.13	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.18	0.17	0.08	0.12	0.16	
Diyarbakır	Çermik	0.06	0.07	0.08	0.15	0.15	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.15	0.14	0.06	0.10	0.13	
	Central	0.05	0.06	0.07	0.13	0.14	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.15	0.14	0.06	0.10	0.13	
	Ergani	0.15	0.16	0.17	0.24	0.25	0.20	0.20	0.18	0.21	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.12	0.17	0.21	
	Sur	0.07	0.07	0.08	0.15	0.15	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.06	0.08	0.11	
	Akçakale	0.07	0.07	0.08	0.14	0.14	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.14	0.13	0.06	0.09	0.12	
Şanlıurfa	Birecik	0.01	0.02	0.02	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.05	0.06	0.09	0.08	0.03	0.05	0.08	
	Bozova	0.06	0.06	0.07	0.11	0.12	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.05	0.08	0.10		
	Ceylan-pınar	0.06	0.07	0.07	0.12	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.06	0.09	0.11	
	Hilvan	0.02	0.02	0.02	0.06	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	0.06	0.03	0.04	0.06		
	Siverek	0.03	0.04	0.05	0.11	0.12	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.13	0.12	0.05	0.09	0.12		
Central	0.02	0.03	0.05	0.08	0.09	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.10	0.15	0.13	0.05	0.09	0.13		
Adıyaman	Central	0.01	0.02	0.02	0.05	0.06	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04	0.05	0.06	0.08	0.07	0.03	0.05	0.08	
	Gölbaşı	0.03	0.04	0.05	0.11	0.12	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.12	0.11	0.04	0.07	0.10		
	Kahta	0.05	0.05	0.05	0.08	0.09	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.04	0.06	
	Samsat	0.05	0.05	0.06	0.12	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.04	0.07	0.09	
Gaziantep	Central	0.06	0.07	0.09	0.13	0.15	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15	0.22	0.19	0.09	0.14	0.19	
	İslâhiye	0.15	0.16	0.16	0.23	0.23	0.20	0.20	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.22	0.22	0.11	0.14	0.17	
Kilis	Central	0.15	0.16	0.17	0.24	0.25	0.22	0.21	0.19	0.21	0.21	0.22	0.22	0.24	0.23	0.12	0.17	0.21	

Table 5. Vertical axis wind turbine capacity factors

CITY	District	VA 300 W		VA 1000 W	
		Cf 10	Cf 12	Cf 10	Cf 12
Şırnak	Cizre	0.00	0.00	0.01	0.01
	Central	0.01	0.02	0.05	0.06
Siirt	Central	0.00	0.01	0.03	0.04
Batman	Central	0.00	0.01	0.03	0.03
Mardin	Central	0.04	0.04	0.10	0.10
	Nusaybin	0.03	0.03	0.08	0.08
Diyarbakır	Çermik	0.02	0.03	0.07	0.07
	Central	0.02	0.02	0.06	0.07
	Ergani	0.06	0.07	0.13	0.13
	Sur	0.03	0.03	0.07	0.08
Şanlıurfa	Akçakale	0.03	0.03	0.07	0.07
	Birecik	0.00	0.00	0.02	0.03
	Bozova	0.02	0.03	0.06	0.06
	Ceylanpınar	0.02	0.02	0.06	0.06
	Hilvan	0.00	0.01	0.03	0.03
	Siverek	0.01	0.01	0.05	0.05
Central	0.01	0.01	0.04	0.04	
Adıyaman	Central	0.00	0.00	0.02	0.02
	Gölbaşı	0.01	0.01	0.05	0.05
	Kahta	0.01	0.01	0.05	0.05
	Samsat	0.02	0.02	0.06	0.06
Gaziantep	Central	0.02	0.03	0.06	0.07
	İslâhiye	0.07	0.08	0.13	0.13
Kilis	Central	0.07	0.07	0.13	0.13

Table 6. Horizontal axis wind turbine energy price (\$) per kWh (1 kW)

CITY	District	Cost 10	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 12	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 15	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	3.48	1.74	NA	NA	2.81	1.41	NA	NA	2.68	1.34	NA	NA
	Central	0.50	0.25	NA	NA	0.42	0.21	NA	NA	0.42	0.21	NA	NA
Siirt	Central	0.88	0.44	NA	NA	0.88	0.44	NA	NA	1.05	0.52	NA	NA
Batman	Central	0.86	0.43	NA	NA	0.86	0.43	NA	NA	1.02	0.51	NA	NA
Mardin	Central	0.21	0.10	0.09	0.07	0.20	0.10	0.09	0.07	0.23	0.12	0.10	0.08
	Nusaybin	0.25	0.12	0.11	0.09	0.24	0.12	0.11	0.08	0.26	0.13	0.12	0.09
Diyarbakır	Çermik	0.30	0.15	0.13	0.10	0.29	0.14	0.13	0.10	0.32	0.16	0.15	0.11
	Central	0.33	0.17	0.15	0.12	0.31	0.16	0.14	0.11	0.35	0.17	0.16	0.12
	Ergani	0.12	0.06	0.05	0.04	0.12	0.06	0.05	0.04	0.15	0.07	0.07	0.05
	Sur	0.26	0.13	0.12	0.09	0.26	0.13	0.12	0.09	0.32	0.16	0.14	0.11
Şanlıurfa	Akçakale	0.26	0.13	0.11	0.09	0.26	0.13	0.12	0.09	0.31	0.15	0.14	0.11
	Birecik	1.37	0.69	0.62	0.48	1.11	0.55	0.50	0.39	1.05	0.53	0.47	0.37
	Bozova	0.29	0.15	0.13	0.10	0.29	0.15	0.13	0.10	0.35	0.18	0.16	0.12
	Ceylanpınar	0.29	0.15	0.13	0.10	0.29	0.15	0.13	0.10	0.34	0.17	0.15	0.12
	Hilvan	1.03	0.51	0.46	0.36	0.95	0.48	0.43	0.33	1.04	0.52	0.47	0.36
	Siverek	0.65	0.32	0.29	0.23	0.53	0.26	0.24	0.19	0.51	0.26	0.23	0.18
Adıyaman	Central	0.73	0.36	0.33	0.25	0.57	0.29	0.26	0.20	0.54	0.27	0.24	0.19
	Central	1.58	0.79	NA	NA	1.27	0.63	NA	NA	1.20	0.60	NA	NA
	Gölbaşı	0.54	0.27	NA	NA	0.50	0.25	NA	NA	0.53	0.27	NA	NA
	Kahta	0.37	0.18	NA	NA	0.38	0.19	NA	NA	0.46	0.23	NA	NA
Gaziantep	Samsat	0.36	0.18	NA	NA	0.36	0.18	NA	NA	0.44	0.22	NA	NA
	Central	0.31	0.15	NA	NA	0.27	0.14	NA	NA	0.28	0.14	NA	NA
Kilis	İslâhiye	0.12	0.06	NA	NA	0.12	0.06	NA	NA	0.15	0.08	NA	NA
	Central	0.12	0.06	NA	NA	0.12	0.06	NA	NA	0.14	0.07	NA	NA

Table 7. Horizontal axis wind turbine energy price (\$) per kWh (3 kW)

CITY	District	Cost 10	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 12	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	0.34	0.17	NA	NA	0.31	0.15	NA	NA
	Central	0.07	0.03	NA	NA	0.07	0.03	NA	NA
Siirt	Central	0.10	0.05	NA	NA	0.11	0.05	NA	NA
Batman	Central	0.10	0.05	NA	NA	0.11	0.06	NA	NA
Mardin	Central	0.05	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02
	Nusaybin	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03	0.03	0.02
Diyarbakır	Çermik	0.06	0.03	0.03	0.02	0.06	0.03	0.03	0.02
	Central	0.07	0.03	0.03	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02
	Ergani	0.04	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01
	Sur	0.06	0.03	0.03	0.02	0.06	0.03	0.03	0.02
Şanlıurfa	Akçakale	0.06	0.03	0.03	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02
	Birecik	0.15	0.07	0.07	0.05	0.15	0.07	0.07	0.05
	Bozova	0.08	0.04	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.03
	Ceylanpınar	0.07	0.04	0.03	0.02	0.07	0.04	0.03	0.03
	Hilvan	0.14	0.07	0.06	0.05	0.14	0.07	0.06	0.05
	Siverek	0.08	0.04	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.03
Adıyaman	Central	0.11	0.05	0.05	0.04	0.10	0.05	0.05	0.04
	Central	0.17	0.08	NA	NA	0.16	0.08	NA	NA
	Gölbaşı	0.08	0.04	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA
	Kahta	0.11	0.05	NA	NA	0.11	0.06	NA	NA
Gaziantep	Samsat	0.07	0.04	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA
	Central	0.06	0.03	NA	NA	0.06	0.03	NA	NA
Kilis	İslâhiye	0.04	0.02	NA	NA	0.04	0.02	NA	NA
	Central	0.04	0.02	NA	NA	0.04	0.02	NA	NA

Table 8. Horizontal axis wind turbine energy price (\$) per kWh (5 kW)

CITY	District	Cost 10	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 12	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 18	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	0.64	0.32	NA	NA	0.56	1.12	NA	NA	0.48	0.24	NA	NA
	Central	0.13	0.06	NA	NA	0.13	0.27	NA	NA	0.17	0.09	NA	NA
Siirt	Central	0.19	0.10	NA	NA	0.20	0.39	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA
Batman	Central	0.19	0.10	NA	NA	0.20	0.40	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA
Mardin	Central	0.08	0.04	0.04	0.03	0.09	0.18	0.04	0.03	0.13	0.06	0.06	0.04
	Nusaybin	0.10	0.05	0.05	0.04	0.11	0.21	0.05	0.04	0.15	0.07	0.07	0.05
Diyarbakır	Çermik	0.11	0.05	0.05	0.04	0.12	0.23	0.05	0.04	0.16	0.08	0.07	0.05
	Central	0.12	0.06	0.05	0.04	0.13	0.26	0.06	0.04	0.17	0.08	0.08	0.06
	Ergani	0.06	0.03	0.03	0.02	0.07	0.14	0.03	0.02	0.10	0.05	0.05	0.04
	Sur	0.11	0.05	0.05	0.04	0.11	0.23	0.05	0.04	0.15	0.08	0.07	0.05
Şanlıurfa	Akçakale	0.11	0.06	0.05	0.04	0.12	0.24	0.05	0.04	0.16	0.08	0.07	0.06
	Birecik	0.28	0.14	0.13	0.10	0.28	0.55	0.12	0.10	0.30	0.15	0.13	0.10
	Bozova	0.14	0.07	0.06	0.05	0.14	0.29	0.06	0.05	0.18	0.09	0.08	0.06
	Ceylanpınar	0.13	0.06	0.06	0.05	0.14	0.27	0.06	0.05	0.18	0.09	0.08	0.06
	Hilvan	0.26	0.13	0.12	0.09	0.26	0.52	0.12	0.09	0.28	0.14	0.13	0.10
	Siverek	0.14	0.07	0.06	0.05	0.15	0.30	0.07	0.05	0.19	0.10	0.09	0.07
	Central	0.20	0.10	0.09	0.07	0.20	0.40	0.09	0.07	0.24	0.12	0.11	0.08
Adıyaman	Central	0.31	0.15	NA	NA	0.30	0.60	NA	NA	0.31	0.16	NA	NA
	Gölbaşı	0.14	0.07	NA	NA	0.15	0.30	NA	NA	0.19	0.09	NA	NA
	Kahta	0.21	0.11	NA	NA	0.21	0.43	NA	NA	0.25	0.12	NA	NA
	Samsat	0.13	0.07	NA	NA	0.14	0.27	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA
Gaziantep	Central	0.12	0.06	NA	NA	0.13	0.25	NA	NA	0.17	0.08	NA	NA
	İslâhiye	0.06	0.03	NA	NA	0.07	0.14	NA	NA	0.10	0.05	NA	NA
Kilis	Central	0.06	0.03	NA	NA	0.06	0.13	NA	NA	0.09	0.05	NA	NA

Table 9. Horizontal axis wind turbine energy price (\$) per kWh (10 kW)

CITY	District	Cost 12	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 15	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 18	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	0.53	0.26	NA	NA	0.49	0.25	NA	NA	0.47	0.23	NA	NA
	Central	0.10	0.05	NA	NA	0.11	0.05	NA	NA	0.11	0.06	NA	NA
Siirt	Central	0.17	0.08	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA	0.20	0.10	NA	NA
Batman	Central	0.17	0.09	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA	0.20	0.10	NA	NA
Mardin	Central	0.06	0.03	0.03	0.02	0.07	0.03	0.03	0.02	0.07	0.04	0.03	0.03
	Nusaybin	0.08	0.04	0.03	0.03	0.08	0.04	0.04	0.03	0.09	0.04	0.04	0.03
Diyarbakır	Çermik	0.09	0.04	0.04	0.03	0.09	0.05	0.04	0.03	0.10	0.05	0.04	0.03
	Central	0.10	0.05	0.04	0.03	0.10	0.05	0.05	0.04	0.11	0.05	0.05	0.04
	Ergani	0.05	0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03	0.03	0.02
	Sur	0.08	0.04	0.04	0.03	0.09	0.05	0.04	0.03	0.10	0.05	0.05	0.04
Şanlıurfa	Akçakale	0.09	0.05	0.04	0.03	0.10	0.05	0.04	0.03	0.10	0.05	0.05	0.04
	Birecik	0.23	0.12	0.11	0.08	0.23	0.12	0.11	0.08	0.23	0.12	0.11	0.08
	Bozova	0.11	0.05	0.05	0.04	0.12	0.06	0.05	0.04	0.12	0.06	0.06	0.04
	Ceylanpınar	0.10	0.05	0.05	0.04	0.11	0.05	0.05	0.04	0.12	0.06	0.05	0.04
	Hilvan	0.22	0.11	0.10	0.08	0.23	0.11	0.10	0.08	0.24	0.12	0.11	0.08
	Siverek	0.12	0.06	0.05	0.04	0.13	0.06	0.06	0.04	0.13	0.06	0.06	0.05
	Central	0.15	0.08	0.07	0.05	0.15	0.08	0.07	0.05	0.15	0.07	0.07	0.05
Adıyaman	Central	0.26	0.13	NA	NA	0.26	0.13	NA	NA	0.25	0.13	NA	NA
	Gölbaşı	0.12	0.06	NA	NA	0.12	0.06	NA	NA	0.13	0.07	NA	NA
	Kahta	0.17	0.09	NA	NA	0.19	0.09	NA	NA	0.20	0.10	NA	NA
	Samsat	0.11	0.05	NA	NA	0.12	0.06	NA	NA	0.13	0.06	NA	NA
Gaziantep	Central	0.09	0.04	NA	NA	0.09	0.04	NA	NA	0.09	0.05	NA	NA
	İslâhiye	0.05	0.03	NA	NA	0.06	0.03	NA	NA	0.06	0.03	NA	NA
Kilis	Central	0.05	0.02	NA	NA	0.05	0.03	NA	NA	0.06	0.03	NA	NA

Table 10. Horizontal axis wind turbine energy price (\$) per kWh (10 kW)

CITY	District	Cost 24	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 30	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 36	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	0.46	0.23	NA	NA	0.32	0.16	NA	NA	0.43	0.21	NA	NA
	Central	0.12	0.06	NA	NA	0.11	0.06	NA	NA	0.14	0.07	NA	NA
Siirt	Central	0.24	0.12	NA	NA	0.26	0.13	NA	NA	0.30	0.15	NA	NA
Batman	Central	0.24	0.12	NA	NA	0.26	0.13	NA	NA	0.30	0.15	NA	NA
Mardin	Central	0.09	0.04	0.04	0.03	0.10	0.05	0.04	0.03	0.11	0.06	0.05	0.04
	Nusaybin	0.10	0.05	0.04	0.03	0.09	0.05	0.04	0.03	0.11	0.06	0.05	0.04
Diyarbakır	Çermik	0.11	0.06	0.05	0.04	0.12	0.06	0.05	0.04	0.14	0.07	0.06	0.05
	Central	0.12	0.06	0.05	0.04	0.12	0.06	0.05	0.04	0.14	0.07	0.06	0.05
	Ergani	0.07	0.03	0.03	0.02	0.07	0.04	0.03	0.03	0.09	0.04	0.04	0.03
	Sur	0.12	0.06	0.06	0.04	0.15	0.07	0.07	0.05	0.16	0.08	0.07	0.06
Şanlıurfa	Akçakale	0.12	0.06	0.06	0.04	0.13	0.06	0.06	0.04	0.15	0.07	0.07	0.05
	Birecik	0.25	0.12	0.11	0.09	0.20	0.10	0.09	0.07	0.26	0.13	0.12	0.09
	Bozova	0.15	0.07	0.07	0.05	0.15	0.08	0.07	0.05	0.18	0.09	0.08	0.06
	Ceylanpınar	0.14	0.07	0.06	0.05	0.14	0.07	0.06	0.05	0.16	0.08	0.07	0.06
	Hilvan	0.27	0.14	0.12	0.10	0.26	0.13	0.12	0.09	0.31	0.16	0.14	0.11
	Siverek	0.14	0.07	0.06	0.05	0.13	0.06	0.06	0.04	0.16	0.08	0.07	0.06
Central	0.15	0.08	0.07	0.05	0.12	0.06	0.05	0.04	0.15	0.08	0.07	0.05	
Adıyaman	Central	0.26	0.13	NA	NA	0.20	0.10	NA	NA	0.26	0.13	NA	NA
	Gölbaşı	0.15	0.08	NA	NA	0.15	0.07	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA
	Kahta	0.25	0.12	NA	NA	0.28	0.14	NA	NA	0.32	0.16	NA	NA
	Samsat	0.15	0.08	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA	0.20	0.10	NA	NA
Gaziantep	Central	0.10	0.05	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA	0.10	0.05	NA	NA
	İslâhiye	0.07	0.04	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA	0.09	0.04	NA	NA
Kilis	Central	0.07	0.03	NA	NA	0.07	0.04	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA

Table 11. Horizontal axis wind turbine energy price (\$) per kWh (20 kW)

CITY	District	Cost 18	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 24	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 30	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	0.52	0.26	NA	NA	0.34	0.17	NA	NA	0.27	0.13	NA	NA
	Central	0.18	0.09	NA	NA	0.12	0.06	NA	NA	0.10	0.05	NA	NA
Siirt	Central	0.45	0.23	NA	NA	0.30	0.15	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA
Batman	Central	0.44	0.22	NA	NA	0.30	0.15	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA
Mardin	Central	0.13	0.06	0.06	0.05	0.10	0.05	0.04	0.03	0.08	0.04	0.04	0.03
	Nusaybin	0.13	0.07	0.06	0.05	0.10	0.05	0.04	0.03	0.08	0.04	0.04	0.03
Diyarbakır	Çermik	0.17	0.08	0.07	0.06	0.12	0.06	0.05	0.04	0.10	0.05	0.05	0.04
	Central	0.17	0.08	0.08	0.06	0.12	0.06	0.05	0.04	0.10	0.05	0.05	0.04
	Ergani	0.09	0.04	0.04	0.03	0.07	0.04	0.03	0.03	0.07	0.03	0.03	0.02
	Sur	0.18	0.09	0.08	0.06	0.14	0.07	0.06	0.05	0.13	0.06	0.06	0.04
Şanlıurfa	Akçakale	0.16	0.08	0.07	0.06	0.13	0.07	0.06	0.05	0.11	0.06	0.05	0.04
	Birecik	0.34	0.17	0.15	0.12	0.22	0.11	0.10	0.08	0.17	0.09	0.08	0.06
	Bozova	0.20	0.10	0.09	0.07	0.16	0.08	0.07	0.05	0.14	0.07	0.06	0.05
	Ceylanpınar	0.18	0.09	0.08	0.06	0.14	0.07	0.06	0.05	0.12	0.06	0.05	0.04
	Hilvan	0.41	0.21	0.19	0.14	0.28	0.14	0.12	0.10	0.23	0.11	0.10	0.08
	Siverek	0.21	0.11	0.09	0.07	0.14	0.07	0.06	0.05	0.11	0.06	0.05	0.04
Central	0.20	0.10	0.09	0.07	0.13	0.07	0.06	0.05	0.11	0.05	0.05	0.04	
Adıyaman	Central	0.34	0.17	NA	NA	0.22	0.11	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA
	Gölbaşı	0.24	0.12	NA	NA	0.16	0.08	NA	NA	0.13	0.07	NA	NA
	Kahta	0.36	0.18	NA	NA	0.28	0.14	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA
	Samsat	0.24	0.12	NA	NA	0.18	0.09	NA	NA	0.16	0.08	NA	NA
Gaziantep	Central	0.12	0.06	NA	NA	0.09	0.04	NA	NA	0.07	0.04	NA	NA
	İslâhiye	0.09	0.05	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA	0.08	0.04	NA	NA
Kilis	Central	0.09	0.04	NA	NA	0.07	0.04	NA	NA	0.06	0.03	NA	NA

Table 12. Vertical axis wind turbine energy price (\$) per kWh (300 W)

CITY	District	Cost 10	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 12	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	NA	NA	NA	NA	NA	52.20	NA	NA
	Central	2.82	1.41	NA	NA	4.38	2.19	NA	NA
Siirt	Central	7.19	3.59	NA	NA	12.97	6.48	NA	NA
Batman	Central	7.11	3.55	NA	NA	13.05	6.53	NA	NA
Mardin	Central	0.85	0.43	0.38	0.30	1.65	0.83	0.74	0.58
	Nusaybin	1.13	0.56	0.51	0.39	2.08	1.04	0.94	0.73
Diyarbakır	Çermik	1.36	0.68	0.61	0.48	2.56	1.28	1.15	0.90
	Central	1.62	0.81	0.73	0.57	2.95	1.47	1.33	1.03
	Ergani	0.50	0.25	0.22	0.17	1.00	0.50	0.45	0.35
	Sur	1.11	0.56	0.50	0.39	2.25	1.12	1.01	0.79
Şanlıurfa	Akçakale	1.07	0.54	0.48	0.38	2.12	1.06	0.95	0.74
	Birecik	19.85	9.93	8.93	6.95	19.31	9.65	8.69	6.76
	Bozova	1.29	0.64	0.58	0.45	2.55	1.28	1.15	0.89
	Ceylanpınar	1.39	0.69	0.63	0.49	2.71	1.35	1.22	0.95
	Hilvan	6.62	3.31	2.98	2.32	11.46	5.73	5.16	4.01
	Siverek	5.41	2.71	2.44	1.90	7.03	3.52	3.17	2.46
	Central	3.76	1.88	1.69	1.31	5.45	2.72	2.45	1.91
Adıyaman	Central	34.74	17.37	NA	NA	25.75	12.88	NA	NA
	Gölbaşı	3.18	1.59	NA	NA	5.42	2.71	NA	NA
	Kahta	2.47	1.23	NA	NA	5.11	2.55	NA	NA
	Samsat	1.67	0.84	NA	NA	3.35	1.68	NA	NA
Gaziantep	Central	1.47	0.74	NA	NA	2.43	1.22	NA	NA
	İslâhiye	0.43	0.21	NA	NA	0.88	0.44	NA	NA
Kilis	Central	0.47	0.23	NA	NA	0.94	0.47	NA	NA

Table 13. Vertical axis wind turbine energy price (\$) per kWh (1 kW)

CITY	District	Cost 10	Grant 50	Grant 55	Grant 65	Cost 12	Grant 50	Grant 55	Grant 65
Şırnak	Cizre	3.23	1.61	NA	NA	2.85	1.42	NA	NA
	Central	0.53	0.26	NA	NA	0.54	0.27	NA	NA
Siirt	Central	0.86	0.43	NA	NA	0.92	0.46	NA	NA
Batman	Central	0.87	0.44	NA	NA	0.93	0.47	NA	NA
Mardin	Central	0.30	0.15	0.14	0.11	0.32	0.16	0.15	0.11
	Nusaybin	0.38	0.19	0.17	0.13	0.39	0.20	0.18	0.14
Diyarbakır	Çermik	0.41	0.21	0.19	0.14	0.44	0.22	0.20	0.15
	Central	0.47	0.24	0.21	0.16	0.49	0.25	0.22	0.17
	Ergani	0.23	0.12	0.10	0.08	0.25	0.12	0.11	0.09
	Sur	0.39	0.19	0.18	0.14	0.43	0.21	0.19	0.15
Şanlıurfa	Akçakale	0.42	0.21	0.19	0.15	0.45	0.22	0.20	0.16
	Birecik	1.31	0.65	0.59	0.46	1.27	0.63	0.57	0.44
	Bozova	0.51	0.26	0.23	0.18	0.55	0.27	0.25	0.19
	Ceylanpınar	0.49	0.24	0.22	0.17	0.52	0.26	0.23	0.18
	Hilvan	1.12	0.56	0.50	0.39	1.16	0.58	0.52	0.40
	Siverek	0.64	0.32	0.29	0.22	0.65	0.32	0.29	0.23
	Central	0.80	0.40	0.36	0.28	0.78	0.39	0.35	0.27
Adıyaman	Central	1.49	0.74	NA	NA	1.41	0.70	NA	NA
	Gölbaşı	0.59	0.30	NA	NA	0.62	0.31	NA	NA
	Kahta	0.60	0.30	NA	NA	0.67	0.33	NA	NA
	Samsat	0.51	0.25	NA	NA	0.55	0.28	NA	NA
Gaziantep	Central	0.45	0.23	NA	NA	0.45	0.22	NA	NA
	İslâhiye	0.22	0.11	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA
Kilis	Central	0.23	0.11	NA	NA	0.24	0.12	NA	NA

Discussion

With the Atatürk Dam built under the GAP project, it allowed the development of water resources in Northern Mesopotamia. However, salinity problem occurred in the region due to uncontrolled irrigation. In order for the continuity and existence of agricultural production to continue in the Southeastern Anatolia Region, desalination should be applied to agricultural areas or new irrigation techniques should be applied. Agricultural activities will only be sustainable under these conditions. Energy is needed for these methods.

In this study, wind energy potential research was carried out for agricultural activities in the Southeastern Anatolia Region. Small capacity wind turbines were selected as examples to support agricultural production and to eliminate the possible grid shortage of farming areas. In the study, the capacity factors obtained in line with the station data of the selected turbines have been determined as the analysis criterion, and economic and technic installability situations have been revealed.

Capacity factors in the range of 20% to 35% for horizontal axis wind turbines and capacity factors in the range of 1.6-13.6% are considered appropriate for vertical axis wind turbines (Anonymous 2006). In this study, capacity factors of up to 25% for horizontal axis wind turbines and up to 13% for vertical axis wind turbines were obtained. As a result, it is possible to benefit from wind energy in many areas represented by the stations.

In our study, although the result of the efficient capacity factor for Adıyaman wind energy has been obtained, there is a wind power plant operated in the region, this difference is due to the location of the meteorological station (Kaplukan, 2017).

Republic of Turkey Ministry of Energy support is provided to that meet 25% and above capacity factor condition for Wind Power Plant's. Agricultural and Rural Development Support Institution (TKDK) provides 55% up to 65% support geat for Diyarbakır, Mardin and for Şanlıurfa in the establishment of a 1MW facility within the scope of the Instrument for Pre-Accession Assistance-IPA (IPARD) projects within the range of € 54000000 (Anonymous, 2020c). According to the communiqué (communiqué no: 2019/30) on the support of agricultural investments within the scope of the 13th stage of rural development supports and the communiqué (communiqué no: 2017/22) on the support of agricultural investments within the scope of rural development supports (50%) (Anonymous, 2019; Anonymous, 2017). Also, according to the communiqué on the electrical energy support used in agricultural irrigation (communiqué no: 2005/22); 0,017 Turkish Lira support payment is made per kilowatt of active electrical energy consumed in agricultural irrigation (Anonymous, 2005b). The law numbered 5346 "Electricity Law on Utilization of Renewable Energy Resources for the Purpose of Production" is in force in Turkey. In his scope, the electricity obtained from wind energy is pricing as 7.3 c\$/kWh. Also, if components are domestic production, there is additional support for the price, it is reported that this pricing will be adjusted every ten years (Anonymous, 2005a).

Since our research is aimed at providing energy to increase their production range, quality and quantity in agricultural enterprises in areas without grids, 5346 "Electricity Law on Utilization of Renewable Energy Resources for the Purpose of Production" support for 7.3 c\$/kWh (Anonymous 2005a) and communiqué on the

electrical energy support used in agricultural irrigation (communiqué no: 2005/22) support for 0.017 Turkish Lira were not included to the calculations (Anonymous, 2005b).

The kWh price included in the electricity energy tariffs of the energy supervisory board for single term tariff for low voltage is 66,7215 Kurush for agricultural irrigation (Anonymous 2020g). This value does not include funds, shares, taxes and similar legal obligations. When these items are added, the kWh cost of energy on average is 85 Kurush. As this current value, according to Central Bank of Republic of Turkey's data is \$ 0.17 or €0.156 (Anonymous, 2020h).

Even if the electricity is supplied from the grid, the stations that have competitive power for electricity generation from wind energy have been determined with the turbines we have selected. The above mentioned supports also make a difference under the condition that the electricity grid exists and the cost of the energy obtained in this way is quite profitable.

These supports are scientifically lacking for vertical axis wind turbines. Because the economical installability capacity factor of vertical axis turbines can be considered as an average of 6.4%. These supports should be evaluated in order to meet the energy need for agricultural activity by considering the critical energy need of the region and by considering the economic benefit calculation and by staying away from the energy line.

Cost analysis in the study reveals the economics of horizontal axis turbines. However, as a response to low wind speeds, vertical axis turbines are more functional despite being high in cost (see Table 12). For this reason, the 25% capacity factor criterion determined by law (Anonymous, 2005a) is scientifically insufficient. Especially in non-grid areas, these laws should be revised by supplementing with annexes. It should pave the way for system installations where technical potential can also be evaluated and vertical axis turbines will also be covered.

These supports should also be provided to meet the energy need for agricultural activity, which is away from the grid. Wind Power Plant investments; In addition to factors such as capacity factor and payback period, hidden costs should also be examined in particular, Wind Power Plant s to be designed as hybrid should be encouraged as they will reduce discontinuity. As the Wind Power Plant's is environmentally friendly will provide the potential to speed up very important issues for Turkey as organic product manufacturing and accelerate critical production procedures such as domestic seed. In all agricultural activities that can be done before and after the product vegetation, the necessary energy requirement can be provided by wind energy.

Acknowledgments

The authors wish to acknowledge the Turkish State Meteorological Service for providing data for this research.

This study was produced from Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU's Master Thesis.

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

Research and Publication Ethics were followed in this study.

References

- Anonymous, 2003. Roughness Classes and Roughness Length Table. Danish Wind Industry Association. <http://xn--drmsttre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/stat/unitsw.htm#roughness> [accessed 24 April 2020]
- Anonymous, 2005a. Law on the use of renewable energy sources for electricity generation. Law No. 5346 (10.05.2005), official gazette of Presidential of Republic of Turkey: 17.05.2005.
- Anonymous, 2005b. Communiqué on the electrical energy support used in agricultural irrigation (communiqué no: 2005/22) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050504-10.htm> [accessed 14 May 2020]
- Anonymous, 2006. Wind energy integration in the urban environment WINEUR. Techno Economic Report 2006. https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/wineur techno_economic_report.pdf [accessed 24 April 2020]
- Anonymous, 2007. Turkey Wind Energy Potential Atlas. Republic of Turkey General Directorate of Renewable Energy; 2007. http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html [accessed 18 January 2020]
- Anonymous, 2016a. Horizontal Axis Wind Turbine. Soyut Wind; 2016. <http://www.soyutwind.com/soyutwind/akulu6.php> [accessed: 15 June 2016]
- Anonymous, 2016b. Vertical Axis Wind Turbine. Hopeful Energy; 2016. <http://www.hopefulenergy.com> [accessed 15 June 2016]
- Anonymous, 2017. Communiqué on the support of agricultural investments within the scope of rural development supports (communiqué no: 2017/22) official gazette of Presidential of Republic of Turkey: 30179.
- Anonymous, 2019. Communiqué on the support of agricultural investments within the scope of the 13th stage of rural development supports (communiqué no: 2019/30) official gazette of Presidential of Republic of Turkey: 30850.
- Anonymous, 2020a. Global Wind Energy Council (GWEC), Global wind energy report 2019. Global Wind Energy Council <https://gwec.net/global-wind-report-2019/2020>. [accessed 10 April 2020]
- Anonymous, 2020b. Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporu- Ocak 2020. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. <https://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2020>. [accessed 24 April 2020]
- Anonymous, 2020c. Agriculture And Rural Development Support Institution. <http://tkdk.gov.tr/> [accessed 28 May 2020]
- Anonymous, 2020d. Karacadağ Development Agency; 2020, <https://www.karacadag.gov.tr/destekler/3/teknik-destek-programi/> [accessed 14 May 2020]
- Anonymous, 2020e. İpekyolu Development Agency; 2020. <https://www.ika.org.tr/2020-Yili-Mali-Destek-Programlari-icerik-389.html> [accessed: 14 May 2020]

- Anonymous, 2020f. Central Bank of the Turkish Republic. <https://www.tcmb.gov.tr/> [accessed 28 February 2020]
- Anonymous, 2020g. Republic of Turkey Energy Market Regulatory Authority. <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-1/tarifeler> [accessed: 15 May 2020]
- Anonymous, 2020h. Central Bank of the Turkish Republic. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/tr/tcmb+tr/main+page+site+area/bugun> [accessed 15 May 2020]
- Bagiorgas, H. S., 2007. Assimakopoulos M N, Theoharopoulos D, Matthopoulos D, Mihalakakou G K, Electricity generation using wind energy conversion systems in the area of Western Greece Energy Conversion and Management; 48:1640-1655.
- Bektaş, A., 2013. Binalarda rüzgâr enerjisi kullanımının farklı bölgeler açısından değerlendirilmesine yönelik bir çalışma: Toki Tarımköy Projesi örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı. <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/8151/1/13952.pdf-%20> [accessed 23 December 2015]
- Biçen, T. ve Vardar, A. 2020. Regional Energy Production with Small Wind Turbines with Concentrator Systems in Nort-West Turkey. Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg., 34(1), s. 167-184.
- Bölükbaş, E., Biçen, T., Vardar, A., 2020. Technical and Economic Analysis of the Use of Wind Energy for Water Extraction: Karacabey Example. Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg., 34(2), s. 287-301.
- Dabbaoğlu, H., Yumuşak, S., Uyar, E., 2014. Vergi Usul Kanunu ve Türkiye Muhasebe Standartlarına Göre Amortisman Konusunun İncelenmesi ve Örnek Uygulamalar1. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi 23. doi: <http://dx.doi.org/10.11611/JMER407>.
- Doğan, M., 2013. Türkiye sanayileşme sürecine genel bir bakış. Marmara Coğrafya Dergisi; 28:211-231. ISSN:1303-2429, e-ISSN 2147-7825.
- Elibüyük, U., Yakur, A. K., Üçgül, İ., 2016. Süleyman Demirel Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Santrali Projesi Süleyman Demirel Üniversitesi YEKARUM e-Dergisi 2016. (Journal of YEKARUM) 3(2), e-ISSN: 1309-9388.
- Fernandes, N., 2020. Economic effects of coronavirus outbreak (COVID-19) on the world economy. University of Navarra, IESE Business School. doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3557504>
- Hayli, S., 2001. Rüzgâr enerjisinin önemi, Dünya’da ve Türkiye’deki durumu. Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi; 11(1):1-26.
- Jhoinson, G. L., 2006. Wind Energy Systems, Manhattan, KS, 55; 2006 October 10.
- Kapluhan, E., 2017. Rüzgar Enerjisi Uygulamalarına Bir Örnek: Sincik (Adıyaman) Rüzgar Enerji Santrali. doi: 10.17719/jisr.2017.1663.
- Mann, C. L., 2020. Real and financial lenses to assess the economic consequences of COVID-19. In Baldwin R. and di Mauro B. W.(eds.) Economics in the Time of COVID-19; 81-85; CEPR Press, London, UK.

- McKibbin, W., Fernando, R., 2020. The Global Macroeconomic Impacts of COVID-19: Seven Scenarios. Australian National University Crawford School of Public Policy. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3547729>.
- Özşahin, E., Kaymaz, Ç. K., 2013. Rüzgâr enerji santrallerinin (RES) yapımı yer seçimi üzerine bir CBS analizi: Hatay örneği TUBAV Bilim Dergisi; 6 (2):1-18.
- Shepherd, D.G., 1990. Historical development of the windmill; United States: 1990. doi: <https://www.osti.gov/servlets/purl/6342767>
- Spitzmueller, C., Krishnamoorti, R., Flin, R., Datta, A., 2020. The Energy Workforce and COVID-19: Data-Driven Policy Recommendations. UH Energy White Paper Series: No. 02.2020;16-17. <https://uh.edu/uh-energy/research/white-papers/white-papers-files/krishnamoorti-energy-outlook-covid-19.pdf> [accessed 4 April 2020]
- Yağcı, E., 2013. Wind speed extrapolation methods and their effect on energy generation estimation, 2013 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA); 2013. doi: 10.1109/ICRERA.2013.6749793.



Palm Yağında 3-MCPD ve Glisidol Esterleri Oluşumuna Proses Şartlarının Etkisi^A

Aslıhan ELMAS¹, Arzu AKPINAR BAYİZİT^{2*}

Öz: Bu çalışmanın amacı, yemeklik yağ ya da katkı olarak kullanılan palm olein yağının rafinasyonu sırasında ağartma ajanları ve deodorizasyon sıcaklığı gibi rafinasyona yardımcı kimyasal malzemelerin ve rafinasyon parametrelerinin değiştirilmesi ile “proses bulaşanı” olarak ifade edilen 3-MCPD (3-monokloropropan diol) ve GE (glisidol esterleri) oluşumunun önlenmesi ya da azaltılması için uygun proses şartlarını belirlemektir. İncelenecek yağ örnekleri ham yağ, nötralize çıkışı, ağartma çıkışı ve deodorizasyon çıkışından alınmış ve 3-MCPD ile glisidol esterlerinin miktarları DGF Standart Metodu ile GC/MS cihazı kullanılarak yapılmıştır. Nötralize edilen ve nötr ağartma toprağı kullanılan örnekler RBD (rafine-ağartılmış-deodorize) palm olein ile karşılaştırıldığında, 3-MCPD ve GE değerlerindeki en dikkat çeken azalmalar %46.00 ile 220⁰C’de ve %87.85 ile 230⁰C’de deodorizasyon çıkışında tespit edilmiştir. Nötralize edilen ve asit aktive toprak kullanılan örneklerin 3-MCPD ve GE değerleri RBD palm olein ile karşılaştırıldığında ise en büyük azalma sırasıyla %22.80 ile nötralizasyon ve %85.22 ile 200⁰C’deki deodorizasyon çıkışında belirlenmiştir. Nötralize edilmeden nötr ağartma toprağı kullanılan örneklerde 3-MCPD değerinde gözlenen en yüksek azalma %69.91 ile 230⁰C’deki deodorize çıkışında, GE miktarında ise %90.32 ile ağartma çıkışında saptanmıştır. Nötralize edilmeden ve asit aktive toprak kullanılan örneklerde ise 3-MCPD değeri %14.02 ile 230⁰C’deki deodorize çıkışında en yüksek azalmayı gösterirken, GE sonuçlarında en fazla azalma %93.85 ile 230⁰C’deki deodorize çıkışında elde edilmiştir. Çalışma kapsamında 3-MCPD miktarının azaltılması hedeflendiğinde, RBD palm olein’de %69.91 düzeyinde azalmanın nötralize edilmeden, nötr ağartma toprağının kullanıldığı ve 230⁰C’de deodorizasyon prosesinin gerçekleştiği parametrelerle sağlandığı tespit edilmiştir. GE miktarının azaltılması

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ²Arzu AKPINAR BAYİZİT, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, abayizit@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0003-1898-1153](https://orcid.org/0000-0003-1898-1153)

¹ Aslıhan ELMAS, Emek Yağ, Çağrısan Köyü, Bursa, Türkiye, aemas@emekyag.com.tr, [OrcID 0000-0002-5261-6021](https://orcid.org/0000-0002-5261-6021)

hedeflendiğinde ise, %93.85'lik azalma için nötralize edilmeden, asit aktive ağartma toprağının kullanıldığı, 230⁰C'de gerçekleşen deodorizasyon koşulları optimum parametreler olarak tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 3-MCPD, Glisidol esterleri, palm yağı, rafinasyon, GC-MS.

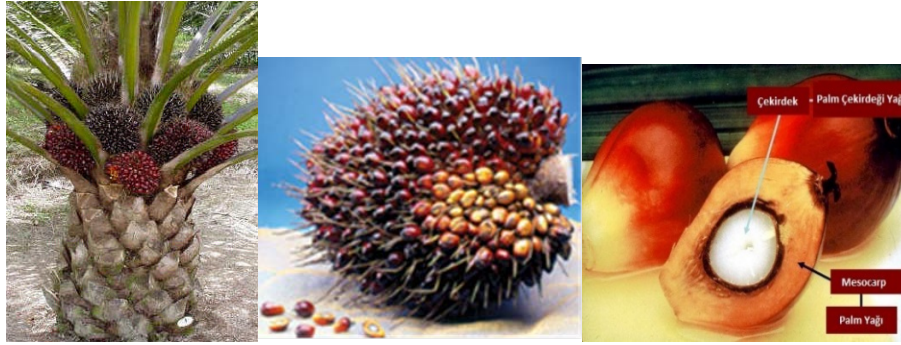
The Impact of Process Conditions on the Formation of 3-MCPD and Glycidol Esters in Palm Oil

Abstract: The aim of the present study is to determine the suitable process conditions to prevent and/or reduce the formation of 3-MCPD and glycidol esters expressed as "process contaminant" by modifying the refining-aid chemical materials and refining parameters, such as bleaching agents and deodorisation temperature during the refining of palm olein oil used as edible oil or additive. The samples were taken from RBD palm olein and outputs of neutralisation, bleaching and deodorisation. The amounts of 3-MCPD and glycidol esters in the samples were determined according to the DGF Standard Method by GC/MS. In the study by neutralizing and using neutral bleaching earth, the highest decrease in the 3-MCPD results was obtained as 46.00% from output of deodorization at 220⁰C, and the highest decrease in glycidol esters was obtained as 87.85% from output of deodorization at 230⁰C. The highest decrease in the 3-MCPD of neutralized and bleached with acid activated earth was obtained as 22.80% from output of neutralization, and the highest decrease in glycidol esters was obtained as 85.22% from output of deodorization at 200⁰C. The highest decrease in the 3-MCPD of non-neutralized and bleached with neutral earth was obtained as 69,91% from output of deodorization at 230⁰C, and the highest decrease in glycidol esters was obtained as %90,32 from output of bleaching. The highest decrease in the 3-MCPD of non-neutralized and bleached with acid activated earth was obtained as 14.02% from output of deodorization at 230⁰C, and the highest decrease in glycidol esters was obtained as 93.85% from output of deodorization at 230⁰C. If the focus is the reduction of 3-MCPD values in RBD palm olein the recommended refining parameters are non-neutralising, using neutral bleaching earth and deodorising at 230⁰C which result in 69.91% decrease. For GE the maximum reduction with 93.85% is obtained by non-neutralising, using acid activated bleaching earth and deodorising at 230⁰C.

Keywords: 3-MCPD, glycidol esters, palm oil, refining, GC-MS.

Giriş

Palm yağı, Afrika Palmiye Ağacı (*Elaeis guineensis*), Amerikan Yağ Palmiyesi (*Elaeis oleifera*) ile Maripa Palmiyesi (*Attalea maripa*) meyvelerinden edilen doymuş yağ asidi içeriği yüksek bir bitkisel yağdır (Şekil 1; Akinola ve ark. 2010, Lai 2012, Choudhary ve Grover 2019).



Şekil 1: a) Palm ağacı b) Palm meyve salkımları, c) Palm meyvesinin kesiti

Palm meyvesinin mezokarp (meyve eti ya da pulp) kısmından elde edilen palm yağı yarı-katı bitkisel bir yağ olup %48 oranında doymuş yağ asitleri ile %45 oranında tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerini içermektedir. Yağın rengi içerdiği yüksek karotenoid (500-700 mg/kg yağ) oranına bağlı olarak kırmızıdır. Bu karotenoidler arasında α -karoten (%36.2), β - karoten (%54.4), γ - karoten (%3.3), likopen (%3.8) ile ksantofiller (%2.2) yer almaktadır. Palm yağında 500 ile 800 mg/kg yağ arasında E vitamini aktivitesi gösteren bileşik bulunmaktadır. Başlıca E vitamini izomerleri α -tokotrienol (% 29), α -tokoferol (% 28) ve δ -tokotrienol (% 14)'dür (Sundram ve ark. 2003). Palm yağları aynı zamanda koenzim Q10 (ubiquinone) (18-25 mg/kg) ve sterol (325-365 mg/kg) bakımından da zengin kaynaklardır. Meyvenin yüksek yağ verimine sahip olması (hektar başına 7 250 L), yağ üretim maliyetinin düşük olması, gıdanın tekstür, renk, tat ve koku gibi duyuşal özellikleri üzerinde olumsuz etkisinin olmaması, trans yağ asidi içermemesi, yüksek miktarda doğal antioksidan bileşenleri içermesi ve rafine ürünün yüksek oksidatif kararlılık sergilemesi nedeniyle, palm yağı gıda sanayinde margarin, unlu mamuller, pasta, çikolata, dondurma ve benzeri ürünlerin üretiminde tercih edilmektedir (Akusu ve ark. 2000, Sundram ve ark. 2003, Berger 2005, Bin Ismail 2005, Matthäus 2007, Pande ve ark. 2012, Lai ve ark. 2015, Imoisi ve ark. 2015, Waisundara 2018). FAO/WHO ortak kuruluşu olan uluslararası Codex Alimentarius Komisyonu (1999) tarafından yemeklik yağ çeşidi olarak kabul edilen palm yağı "kızartma yağı" olarak da restoranlarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Palm çekirdek (kernel) yağı ise daha çok kozmetik ve sabunculuk sektöründe uygulama alanı bulmaktadır (Kuntom ve Kifli 1998, Berger 2003).

Günümüzde sıcak, nemli ve tropik iklime sahip Güneydoğu Asya, Latin Amerika ve Afrika'da palm üretimi yoğun şekilde yapılmaktadır. 27 milyon hektardan fazla olan palm ağacı ekili alanından yıllık olarak 66 milyon ton palm yağı elde edilmektedir (Paterson ve Lima 2017). 2016 yılı Dünya bitkisel yağ üretimi 62.6 milyon ton

olup bu üretimin yaklaşık %76.67'sini (48 milyon ton) palm ve palm kernel yağı oluşturmaktadır (FAO 2016). Üretimde söz sahibi ülkeler Endonezya ve Malezya olup, palm yağının üretim ve ihracatının %85'i bu ülkelerden sağlanmaktadır (Gibon 2012, Corley ve Tinker 2015).

Palm yağının üretiminin temel işlem basamakları arasında meyve sterilizasyonu, meyve gevşetme/sıyırma, sindirim, mekanik pres yada çözgen ile yağ ekstraksiyonu ve berraklaştırma yer almaktadır. Elde edilen ham palm yağı istenen ve istenmeyen bileşikleri içerebilmektedir. İstenen bileşenler triaçilgliseroller (TAG, nötral yağlar) ve E vitamini (tokoferoller ve tokotrienoller), karotenoitler ve fitosteroller gibi sağlık için yararlı bileşenlerdir. Serbest yağ asitleri, fosfolipitler ya da gamlar, lipit oksidasyon ürünleri, metaller, pestisit kalıntıları ise başlıca istenmeyen (safsızlık) bileşenleridir. Bu nedenle safsızlık öğeleri yağın rafinasyon prosesi sırasında uzaklaştırılmakta ve yağ yenilebili hale gelmektedir (Ramli ve ark. 2011).

Ham palm yağı fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle rafine edilebilmektedir. İki proses yöntemi arasındaki temel fark fiziksel rafinasyonda serbest yağ asitlerinin deodorizasyon aşamasının damıtma basamağında uzaklaştırılmasıdır. Kimyasal rafinasyonda ise serbest yağ asitlerindeki safsızlıklar nötralizasyon aşamasında bir alkali çözeltisi ile tepkime sonucu uzaklaştırılmaktadır. Daha kısa sürede ve düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen kimyasal rafinasyon ile rafine olan yağların depolama stabilitesi fiziksel yöntemle göre daha yüksektir (Čmolík ve Pokorný 2000, Hamm ve ark. 2013, Arris ve ark. 2020). Gamlar (hidratlanabilir ve hidrate olmayan fosfolipitler) ve diğer fosfor içeren bileşikler degumming işlemiyle uzaklaştırılmaktadır. Gibon ve ark. (2007), palm yağının fosfolipid ve fosfor içeriklerinin (10-20 ppm) genellikle düşük olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle palm yağı üretiminde degumming aşaması uygulanmamaktadır. Bazı işletmeler ise deodorizasyon işlemi sonrasında fosforik asit ya da sitrik asit ilave ederek "kuru degumming" olarak adlandırılan işlemi tercih etmektedirler (Prudel ve ark. 2011). Yağın ağartma toprağı ile işlenmesi, karotenler gibi renkli pigmentlerin uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Pigmentler van der Waals kuvvetleri ile ağartma toprağı üzerine adsorbe edilmektedirler. Pigmentlerin yağdan uzaklaştırılmasına ya da azaltılmasına ek olarak, ağartma, lipit oksidasyon ürünleri ve metaller gibi diğer yabancı maddeleri de uzaklaştırmaktadır.

Avrupa Gıda Bilgi Konseyi (EUFIC) günlük 2 000 Kcal enerji gereksinimi olan bir bireyin doymuş yağ asidi alımının günde 20 gramı aşmamasını tavsiye etmekte ve palm yağı tüketiminden günlük doymuş yağ alımının 2.7 g olduğunu belirtmektedir. Yaklaşık 5 000 yıldır yemeklik olarak değerlendirilen ve prostat, kolorektal, meme gibi kanser gelişimi üzerinde etkisinin yüksek olduğu düşünülen trans yağ asitlerini (Smith ve ark. 2009, Vinikoor ve ark. 2009,2010, Michels ve ark. 2020) içermeyen palm yağının sağlık riskinin olmadığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi tek bir gıda ürünü üzerinden değil, beslenmenin geneline ve kişinin metabolizma özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır (EUFIC 2019a,b).

Palm yağı ve diğer tüm bitkisel yağlarda karşılaşılan en önemli problem pişirme sırasındaki sıcaklık uygulamaları ve bu sırada oluşan bileşenlerdir. 3-monokloro-1,2-propandiol (3-MCPD), 2-kloro-1,3-propandiol (2-MCPD) ve glisidolün yağ asidi esterleri (GE) gibi proses kontaminantlarının rafine palm yağı ve palm bazlı fraksiyonlarda diğer yemeklik yağlara göre daha yüksek miktarda olduğu bildirilmiştir (Larsen 2009, Masukawa ve ark. 2010, Weißhaar ve Perz 2010, Hrnčirik ve van Duijn 2011, Matthäus ve Pudol 2013, Becalski ve ark.

2015, Özdikiciler ve ark. 2016). Ancak günümüzde farklı ürün gruplarına yönelik risk değerlendirmeleri tamamlanmadığı için yasal bir düzenleme bulunmamaktadır. Çeşitli ülkelerde kamu, özel sektör ve akademi birliktelikleriyle ürün grupları incelenmektedir. Ancak hangi bileşenin (3-MCPD, 2-MCPD ve glisidol ester) toksisite açısından limit değerine dahil edileceği konusunda bir anlaşma sağlanamamıştır.

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından 2016 yılında yayınlanan raporda, 200°C'nin üzerine ısıtılan palm yağında oluşan 3-monokloropropandiol (3-MCPD), 2-monokloropropandiol (2-MCPD) ve glisidol yağ asidi esterlerinin (GE) karsinojen özellikte olduğu ve diğer bitkisel yemeklik yağlara kıyasla palm yağında daha yüksek düzeyde oluşabildikleri bilgisine yer verilmiştir. Ancak, palm yağı kullanımının yasaklanması ya da sınırlandırılması konusunda bir öneri yapılmamıştır (EFSA 2016, 2017).

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından “insan üzerinde büyük olasılıkla kanser etkileri olan madde (grup 2B)” olarak tanımlanan 3-MCPD'nin, farelerde ağır proteinüri ve glikozürinin yanı sıra akut glomerulonefrit ve renal ve testiküler tümör oluşumuna neden olduğu tespit edilmiştir (IARC 2000,2012, Bakhiya ve ark. 2011, Buhrke ve ark. 2015, JECFA 2016). Glisidol ile onun yağ asidi esterleri ise “insan üzerinde kanser etkileri olma potansiyelindeki madde (grup 2A)” olarak tanımlanmaktadır. Reaktif bir epoksit molekülüne sahip olan bu bileşiklerin de genotoksik ve karsinojenik özellik gösterdiği belirtilmektedir (IARC 2000, Grosse ve ark. 2012, EFSA 2016, JECFA 2016).

EFSA 3-MCPD kontaminantı için soya sosu ve hidrolize sebze proteinlerinde maksimum bulunma miktarını 20 µg/kg olarak belirtmiştir (EFSA 2018a). Bununla birlikte, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Dünya Sağlık Örgütü Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) tolere edilebilir günlük 3-MCPD tüketim miktarını 4 µg/kg vücut ağırlığı olarak bildirmektedir. Rafine bitkisel yağlarda en yüksek miktarda bulunan işlem bulaşanlarının glisidol yağ asidi esterleri oldukları ve bunların gastrointestinal sistemde glisidole hidrolize olduğu bildirilmiştir. Glisidol genotoksik ve karsinojen etki gösteren bir bileşiktir. Bu nedenle EFSA sağlık riskini göz önünde bulundurarak gıdalarda glisidol olarak ifade edilen glisidol esterleri için “maruz kalma sınırı (margin of exposure, MoE) yaklaşımı uygulanmasını ve MoE değeri 25 000'den düşük olan gıdaların riskli olarak değerlendirilmesini tavsiye etmiştir. Gözlenebilen hiçbir yan etki göstermeyen dozun (NOAEL) tahmini insan maruziyetine (EHE) bölünmesiyle hesaplanan MoE değeri toksikolojide gözlemlenmemiş yan etki seviyesinin teorik, öngörülen ya da tahmini doz veya insan alım konsantrasyonuna oranı olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda, 1881/2006 (EC) sayılı yönetmelik değiştirilerek 27.2.2018 tarihinde Yönetmelik 2018/290 yayımlanmıştır. Bu yönetmelikte bitkisel yağlar ve nihai tüketici için piyasaya sürülen gıda yağları ile bebek/çocuk gıdaları/mamalarında GE değerinin maksimum 1 000 µg/kg olması gerektiğini bildirmiştir (EFSA 2018a,b).

Bu nedenle planlanan çalışma ile yemeklik yağ ya da katkı olarak kullanılan palm yağının rafinasyonu sırasında rafinasyon yardımcı kimyasal malzemelerin ve rafinasyon parametrelerinin değiştirilmesi ile “proses bulaşanı” olarak ifade edilen 3-MCPD ve glisidol esterleri oluşumunun önlenmesi ya da azaltılması için uygun proses şartlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada Bursa’da yemeklik yağ üretiminde faaliyet gösteren bir firmadan temin edilen RBD (rafine ağartılmış ve deodorize/refined bleached and deodorised) palm olein (ham yağ) numuneleri kullanılmıştır. İşletmeye gelen RBD palm olein müşteri spektlerinden daha yüksek asiditeye (%0.15-0.20) sahip olduğu ve rengi çok koyulaştığı için ikincil rafinasyona tabi tutulmaktadır. İkincil rafinasyonun temel amacı işlendiği noktadan ithal edilen palm olein’de bu süreçte gözlenen stabilite ve duyuusal özelliklerinin iyileştirilmesidir.

3-MCPD ve GE oluşumu üzerinde etkili olduğu düşünülen parametreler olarak nötralizasyon uygulaması, ağartmada kullanılan toprağın özellikleri ile deodorizasyon sıcaklığı incelenmiştir. Nötr ve asitle aktive edilmiş ağartma toprağıyla muamele sonrası deodorizasyon için 3 farklı sıcaklık (200, 220 ve 230°C) denenmiştir. Örneklem nötralizasyon uygulanan (kimyasal rafinasyon) ve nötralizasyon uygulanmayan (fiziksel rafinasyon) palm yağlarından, nötralize çıkışı, ağartma çıkışı ve deodorizasyon çıkışında yapılmıştır.

Palm olein numunelerine RBD tip olmaları ve fosfolipit ile fosfor içeren bileşik oranının çok düşük olması nedeniyle degumming işlemi uygulanmamıştır. Nötralizasyon uygulanan ham palm yağı için %0.065 fosforik asit kullanılmıştır. Nötralizasyon uygulanmayan örnekler için ise bu basamak uygulanmamış, bu örneklerde ham yağ doğrudan ağartma ve deodorizasyon işlemlerine tabi tutularak fiziksel rafinasyon gerçekleştirilmiştir. Nötralizasyon uygulanan ve uygulanmayan örneklerin hepsi için ağartma işleminde uygulanan parametreler aynıdır. Bu parametreler; sıcaklık 95°C, vakum 80 mbar ve işlem süresi 1 saat olarak belirlenmiştir. Nötr ağartma toprağı olarak Tonsil® Optimum 258 FF (Clariant AG Chemicals, İsviçre) ağartma toprağı kullanılırken, asit ile aktifleştirilmiş ağartma toprağı olarak ise Pure-Flo® B81 Supreme Activated Bleaching & Decolorizing Bentonite for Edible Oils *FDA-GRAS (Oil-Dri Ltd, Birleşik Krallık) kullanılmıştır. Tüm örneklere uygulanan deodorizasyon koşulları ise süre 1.5 saat, kuru buhar miktarı %1.5 ve vakum 1.5-2.0 mbar olarak belirlenmiştir.

Yöntem

Numunelerdeki 3-MCPD ve glisidol esterlerinin miktarları DGF (Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft – German Society for Fat Science) Standart Metod C-VI 18 (2009) yöntemi ile GC/MS cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bu metodun amacı; doğrudan 3-MCPD esterlerinin yanında fenil boronik asit ile türevlendirilmiş serbest 3-MCPD ile glisidol esterlerinin GC/MS cihazı ile kantitatif olarak analiz edilmesidir. Analiz iki ayrı deneyden oluşmaktadır (Deney A ve B). Sabunlaşma işleminin sodyum kloridin asidik çözeltisi ya da asidik klorin içermeyen tuz solüsyonu (sodyum bromid) ilavesi ile sonlandırılması iki deney arasındaki temel farklılıktır. Deney A 3-MCPD ve glisidol toplamını verirken; Deney B ise sadece 3-MCPD miktarı hakkında bilgi vermektedir.

Numunenin Hazırlanması

Palm olein yağ numuneleri 80°C'deki su banyosunda 30 dakika bekletilerek eritilmiştir. Eritme işlemi sırasında manyetik balık ile numune sürekli karıştırılmıştır. Erimiş yağ örneğinden A ve B reaksiyonları için 0.1 g kapaklı cam deney tüplerine tartılmıştır. Her deney tüpüne 100 µL iç standart çözeltisi (3MCPD-d5) ve 1 mL t-BME (tert-butil metil eter) karışım çözeltisi ilave edilerek oda sıcaklığında vorteks ile karıştırılmıştır.

Esterlerin parçalanması ve glisidollere dönüşüm

Her numuneye 200 µL sodyum hidroksit çözeltisinden eklenmiş ve çalkalanmıştır. Deney A için ester parçalanması reaksiyon zamanı 4 dakika ve Deney B için 2 dakika olarak uygulanmıştır. Ester parçalanması Deney A için 600 µL asitlendirilmiş sodyum klorit çözeltisi ve Deney B için 800 µL asitlendirilmiş sodyum bromid çözeltisi ilave edilerek sonlandırılmıştır.

Sonraki aşamalarda A ve B deney tüplerine aşağıda belirtilen işlemler uygulanmıştır:

- ✓ Reaksiyon sonlandırma çözeltileri ilave edildikten sonra iki deney tüpüne de 600 µL n-hekzan ilave edilerek tüp içeriği çalkalanmıştır.
- ✓ Faz ayrımı gözlemlendiğinde üstteki organik hekzan fazı (yağ aside metil esterleri) pastör pipeti ile uzaklaştırılmıştır.
- ✓ n-hekzan ile yıkama işlemi bir kez daha tekrarlanmıştır.

Türevlendirme

Elde edilen sulu faz (tüpün altta kalan kısmı) üzerine 300 µL PBA (fenil etan boronik asit) türevlendirme çözeltisi ilave edilerek 1 dakika vorteks ile karıştırılmıştır. Deney tüplerinin kapakları kapatılarak 90°C su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra deney tüpleri oda sıcaklığına soğutulmuştur.

3-MCPD Ekstraksiyonu

Türevlendirme sonrası oda sıcaklığına soğutulan deney tüplerine 600 µL dietil eter+etil asetat karışımı (600 µL/mL dietil eter; 400 µL/mL etil asetat) ilave edilmiştir. Üstte bulunan organik faz pastör pipeti yardımıyla susuz sodyum sülfat içeren temiz deney tüplerine aktarılmıştır. Bu aktarma işlemi iki defa tekrarlanmıştır. Elde edilen ekstraktlar tamamen kuruyana kadar azot gazı altında uçurulmuştur. Deney tüplerine 500 µL izooktan ilave edilerek tüp içeriği insörtlü viallere aktarılmış ve GC/MS cihazına enjekte edilmiştir. Tüp içeriği berrak değil ise sartrifüj edilmiş ya da 0.2 µm filtreden geçirildikten sonra analiz edilmiştir. Deney A ve B sonucunda elde edilen ekstraktlar ayrı ayrı analiz edilmiştir.

GC ve MS Şartları

Elde edilen ekstraktların kromatografik ayrımı için tek kuadropollü Gaz Kromatografi/Kütle Spektrometresi (Agilent 7890A GC & 5977A MSD, Agilent Technologies, ABD) kullanılmıştır. GS/MS sisteminde uygulanan çalışma koşulları aşağıda belirtilmiştir:

Enjeksiyon hacmi	: 1 µL
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Akış hızı	: 1 mL/dk
Enjeksiyon sıcaklığı	: 250°C
Split	: Yok
Purge akışı	: 50 mL/dk (0.5 dakikadan 1 dakikaya kadar), septum purge 3 mL/dakika
Kolon	: 30 m*0.25 mm iç çap* 0.25µm (HP 5 MS)
Fırın programı	: 85°C (1 dk); 85°C'den 150°C'ye (dakikada 6°C artışla) (11 dk); 150°C'den 180°C'ye (dakikada 12°C artışla) (2.5 dk); 180°C'den 280°C'ye (dakikada 25°C artışla) (4 dk)
Analiz süresi	: Enjeksiyon yaklaşık 25 dk
Dedektör	: Kütle Spektrometresi (EI ⁺ , SIM Modu)
İç standart (3-MCPD-d5) için iyonlar	: m/z = 149/150/201/203
3MCPD için iyonlar	: m/z = 146/147/196/198
Miktar analizi için iyonlar	: 3-MCPD (147) ve 3-MCPD-d5 (150)

Hesaplama ve Sonuç

$$W_{3-MCPD(A)} = \frac{SF_A \times W_{D5-3-MCPD(A)}}{SF_{iA}} \quad (1)$$

$W_{3-MCPD(A)}$ = Deney A 3-MCPD miktarı mg/kg

SF_A = Deney A 3-MCPD alanı

$W_{D5-3-MCPD(A)}$ = 3MCPD-d5 konsantrasyonu mg/kg

SF_{iA} = Deney A 3-MCPD-d5 alanı

Deney A ve B belirlenen değerlerin arasındaki fark deneysel olarak belirlenmiş bir dönüşüm katsayısı (t) ile çarpılarak numunedeki glisidol miktarı hesaplanmaktadır.

$$\text{Glisidil Esterleri İçeriği} = (A - B) \times t \quad (2)$$

Glisidil Esterleri dönüşüm katsayısı; glisidil stearat (mg/kg)'ın farklı konsantrasyonlarına karşı 3-MCPD (mg/kg) oluşumunun belirlendiği kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak belirlenmiştir. Kalibrasyon eğrisi; 3-

MCPD pik alanının (belirleyici iyonlar: 149/150/201/203), iç standart (3-MCPD-d5) pik alanı oranına (belirleyici iyonlar: 146/147/196/198) karşılık gelen ilgili glisidil stearate konsantrasyonu ile oluşturulmuştur. Deney A için bu işlem uygulanarak glisidil stearat'ın 3-MCPD'ye dönüşüm faktörü hesap edilmiştir.

$$t = \frac{\text{Pik alanı 3-MCPD}}{\text{Pik alanı iç standart (3-MCPD-d5)}} \quad (3).$$

Bulgular

Nötralize Edilerek ve Nötr ya da Asit Aktive Ağartma Toprağı Kullanıldığında Rafine Palm Yağındaki 3-MCPD ve GE Miktarında Gözlenen Değişimler

Nötralize edilerek ve nötr toprak kullanılarak rafinasyon basamaklarından alınan örneklerdeki ortalama 3-MCPD ve GE değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. RBD yağda ortalama 2.50 mg/kg olarak belirlenen 3-MCPD miktarının her bir proses basamağı sonrasında azaldığı tespit edilmiştir. Sırası ile nötralize çıkışı %6.8, ağartma çıkışı %23.6, 200°C deodorize çıkışı %20.8, 220°C deodorize çıkışı %46.00 ve 230°C deodorize çıkışında %15.60 azalma olduğu belirlenmiştir. RBD yağda, ortalama 5.27 mg/kg olarak belirlenen GE miktarı da benzer şekilde her bir rafinasyon basamağında azalmıştır. Bu verilere göre 3-MCPD miktarı dikkate alındığında 220°C ve GE miktarları dikkate alındığında ise 230°C deodorizasyonun yapılması gerekmektedir. GE miktarı nötralizasyonun uygulandığı ve nötr ağartma toprağının kullanıldığı örneklerde sürekli olarak azalırken, 3-MCPD miktarının 200°C ve 230°C'de oluşumunun arttığı görülmektedir. Nötralize edilerek ve asit aktive toprak kullanılarak rafinasyon basamaklarından alınan örneklerdeki 3-MCPD ve GE değerleri incelenmiş ve RBD yağda ortalama 3.07 mg/kg olarak belirlenen 3-MCPD miktarı nötralize çıkışı için %22.80, ağartma çıkışı için %14.98, deodorize çıkışı 200°C için %12.37, deodorize çıkışı 220°C için %0.65 ve deodorize çıkışı 230°C için %7.17 düzeyinde azalmıştır. Nötralizasyon çıkışında 3-MCPD azalmış olsa bile ağartma çıkışı ve deodorizasyondan sonra 3-MCPD oranı artmış, ancak RBD yağa göre azalmıştır. RBD yağda, ortalama 5.55 mg/kg olarak belirlenen GE miktarında her proses basamağı sonrası azalma olduğu tespit edilmiştir. Sırası ile nötralize çıkışı %9.90, ağartma çıkışı %32.25, 200°C deodorize çıkışı %85.22, 220°C deodorize çıkışı %25.76 ve 230°C deodorize çıkışı için %77.11 azalma belirlenmiştir.

Çizelge 1. Nötrleştirilerek ve nötr ya da asit aktive ağartma toprağı kullanılarak rafine palm oleinin 3-MCPD ve GE miktarındaki değışim

Örnekler	Nötr Toprak		Asit Aktive Toprak	
	3-MCPD (mg/kg)	GE (mg/kg)	3-MCPD (mg/kg)	GE (mg/kg)
RBD yağ	2.50 ± 0.11	5.27 ± 0.41	3.07 ± 0.48	5.55 ± 1.20
Nötrleştirme Çıkışı	2.33 ± 0.15	4.62 ± 0.29	2.37 ± 1.50	5.00 ± 0.53
Ağartma Çıkışı	1.91 ± 0.57	3.01 ± 0.48	2.61 ± 0.02	3.76 ± 1.37
<i>Deodorize Çıkışı</i>				
200 °C	1.98 ± 0.22	1.43 ± 0.15	2.69 ± 0.18	0.82 ± 0.42
220 °C	1.35 ± 0.09	1.38 ± 0.32	3.05 ± 0.47	4.12 ± 0.44
230 °C	2.11 ± 0.35	0.64 ± 0.46	2.85 ± 0.42	1.27 ± 0.22

Nötrleştirilmeden ve Nötr ya da Asit Aktive Ağartma Toprağı Kullanıldığında Rafine Palm Yağındaki 3-MCPD ve GE Miktarında Gözlenen Değışimler

Nötrleştirilmeden ve nötr toprak kullanılarak rafinasyon basamaklarından alınan örneklerdeki 3-MCPD ve GE değıerleri Çizelge 2’de verilmiştir. RBD yağda 3-MCPD ortalama 3.39 mg/kg ve GE ortalama 3.41 mg/kg olarak belirlenmiştir. 3-MCPD miktarı her bir proses basamağı sonrasında azalmıştır. Sırası ile ağartma çıkışı %10.32, deodorize çıkışı 200°C %31.85, 220°C %23,60 ve 230°C %69.91 azalma olmuştur. En yüksek azalma deodorizasyon çıkışı 230°C’de tespit edilmiştir. Rafinasyon basamaklarının her parti için etkisi incelendiğinde; GE miktarlarında RBD yağ ile karşılaştırıldığında her proses basamağı sonrası azalma olduğu saptanmıştır. Sırası ile ağartma çıkışı %90.32, deodorize çıkışı 200°C %76.24, deodorize çıkışı 220°C %79.18, deodorize çıkışı 230°C %44.57 azalma olduğu tespit edilmiştir. Deodorizasyon sıcaklığı arttıkça GE miktarında artış olmuştur. Nötrleştirilmeden ve asit aktive toprak kullanılarak rafinasyon basamaklarından alınan örneklerdeki 3-MCPD ve GE değıerleri incelendiğinde, RBD yağda ortalama 3-MCPD 2.78 mg/kg bulunmuştur. Rafinasyon basamaklarının her parti için etkisi incelendiğinde; 3-MCPD miktarlarında RBD yağ ile karşılaştırıldığında sadece 230°C deodorize çıkışı için %14.02 azalma olduğu tespit edilmiştir. GE miktarları RBD yağda bulunan 5.37 mg/kg ile karşılaştırıldığında her proses basamağı sonrası azalma olduğu belirlenmiştir. Sırası ile ağartma çıkışı %74.30, 200°C deodorize çıkışı için %73.37, 220°C için %96.08 ve 230°C için %93.85 azalma saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Nötrleştirilmeden ve nötr veya asit aktive ağartma toprağı kullanılarak rafine palm oleinin 3-MCPD ve GE miktarındaki değışim

Örnekler	Nötr Toprak		Asit Aktive Toprak	
	3-MCPD (mg/kg)	GE (mg/kg)	3-MCPD (mg/kg)	GE (mg/kg)
RBD yağ	3.39 ± 1.79	3.41 ± 3.22	2.78 ± 0.93	5.37 ± 1.11
Ağartma Çıkışı	3.04 ± 1.73	0.33 ± 0.07	3.04 ± 0.52	1.38 ± 1.49
<i>Deodorize Çıkışı</i>				
200 °C	2.31 ± 0.32	0.81 ± 0.53	3.67 ± 0.50	1.43 ± 0.30
220 °C	2.59 ± 0.68	0.71 ± 0.25	3.15 ± 0.17	0.21 ± 0.12
230 °C	1.02 ± 0.14	1.89 ± 0.20	2.39 ± 0.25	0.33 ± 0.28

Tartışma ve Sonuç

Kalite tüketici tercih ve memnuniyetinde etkin rol oynamakta ve bir gıda maddesini diğerlerinden ayırt etmeye yarayan özelliklerin bileşimi olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda kalite ürünün biyolojik değerini ve sağladığı güvenceyi de kapsamaktadır. FAO'nun tanımına göre gıda kalitesinin temel gerekliliklerinden biri olan gıda güvenliği, "gıdayı akut ve kronik olarak sağlığa zararlı olabilecek bulaşan, yabancı madde, doğal olarak oluşan toksin ve benzeri maddelerin olmaması veya kabul edilebilir, güvenli seviyelerde bulunması" dır (FAO 1996). Bu bağlamda herhangi bir gıdanın güvenliği gıda zincirinde bilgi değişimi ve mevzuata uyum, bilimsel işbirliği, risk analizi ve yönetimi, bu konudaki tüketici bilgisi ile alınması gerekli tedbirleri kapsamaktadır (Şahin ve ark. 2010).

Tüketici kabulünün ve raf stabilitesinin artması için yenilebilir yağlar endüstriyel olarak işlenmektedir. Tat, koku, renk ve görünümü olumsuz yönde etkileyecek bileşenlerin uzaklaştırılması amacıyla gerçekleştirilen rafinasyon işlemi sırasında istenmeyen kimyasal değişiklikler de meydana gelebilmektedir. Bu değişimler sonucu oluşan 3-MCPD, 2-MCPD ve glisidolün yağ asidi esterleri rafine edilmemiş yağlarda bulunmayan ve ısı kaynaklı kirletici kontaminantlar olarak bildirilmektedir (Hrnčirik ve van Duijn 2011, Matthäus ve ark. 2011a,b,2016, Ramli ve ark. 2015). Bu nedenle yürütülen çalışmada değişen proses parametrelerinin, palm olein yağında 3-MCPD ve GE miktarları üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

3-MCPD ve esterlerinin oluşumu için öncelikle triaçilgliserollerin hidrolize olarak gliserol, mono- ve diaçilgliserollere degrade olması gerektiği ve yüksek sıcaklıkta bu maddelerden oluşan siklik açıl protonlaşmış su molekülü ile GE'in klor iyonları varlığında MCPD'ye dönüştüğü bildirilmektedir (Bakhiya ve ark. 2011, Hamlet ve ark. 2011). Glisidil yağ asidi esterlerinin ise daha çok rafine edilmiş yağlarda ve yağlı gıdalarda üretim koşullarına bağlı kirleticiler oldukları vurgulanmaktadır. MCPD hem de GE'nin aynı öncülleri ve oluşum mekanizmasını paylaştığı düşünülmüştür. Ancak son yıllarda yapılan çeşitli araştırmalar bu iki proses bulaşanın öncül maddelerinin ve oluşum mekanizmalarının farklı olduğunu vurgulamaktadır. "MAG, DAG ve klor iyonu" öncül maddeler olarak adlandırılmakla birlikte, işlem sıcaklığı ve süresi gibi parametreler de oluşumda rol oynamaktadır. 3-MCPD, bir klorin kaynağı ile lipit kaynağı arasındaki reaksiyon sonucu oluşmaktadır. Bu klor kaynağı gıda maddesinin kendisi olabildiği gibi gıda ile temas eden materyal, kullanılan klorlu su ya da ilave tuz olabilir. Nagy ve ark. (2011) pek çok kovalent bağlı inorganik klor kaynağının, $FeCl_3$, $FeCl_2$, $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ dahil olmak üzere ham palm yağında ppm (mg/kg) seviyelerinde bulunduğunu ve bunların diğer bitkisel yağlardan daha fazla olduğunu kanıtlamışlardır. GE oluşumu ise yüksek sıcaklıklar ve bu sıcaklıklarda ne kadar süreyle kalındığı ile doğrudan ilişkilidir ve klorlu bileşiklerin varlığına gereksinim olmadan da direkt diaçilgliserollerden oluşabilmektedir. GE stabil moleküller değildirler, ancak 3-MCPD çok kararlı moleküllerdir. Oluştuktan sonra, 3-MCPD stabilitesinin ortam pH'sı ve sıcaklığına bağlı olduğu bildirilmiştir. Uygulanan ısıl işlemin pH'sı ve sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, 3-MCPD degradasyonu da o kadar fazla olmaktadır (Rahn ve Yaylayan 2011, Craft ve ark. 2012,2013, Zhang ve ark. 2013, Sevindirici ve ark. 2016, Cheng ve ark. 2017a,b, Turan ve ark. 2018).

Franke ve ark. (2009) 10 mbar vakum, 90°C sıcaklık, 20 dakika işlem süresi ve %1 Tonsil optimum 214 FF ağartma toprağı kullanarak yaptıkları çalışmalarında ağartma öncesi palm yağında, 3-MCPD konsantrasyonunu 6.06 mg/kg, ağartmadan sonra 2.48 mg/kg olarak tespit etmişler ve %59 oranında bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Kloroester, klorür ve klorlu bileşikler, mono- ve diçilgliseroller gibi öncül maddelerin degumming, nötralizasyon ve ağartma ile uzaklaştırılmasının 3-MCPD oluşumunda etkili olduğunu, ancak deodorizasyon sıcaklığının yükselmesiyle 3-MCPD oluşumunun arttığını tespit etmişlerdir. Deodorizasyon sıcaklığının 3-MCPD oluşumunda belirleyici olduğunu ama işlem süresinin kritik bir rol oynamadığını vurgulamışlardır.

Hrnçirik ve van Dujin (2011) deodorizasyon sıcaklık ve süresinin 3-MCPD ve GE oluşumu üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 1 saat boyunca 180°C'de deodorize edilmiş ve kimyasal olarak rafine edilmiş palm yağında 3-MCPD konsantrasyonunun yaklaşık 4.8 mg/kg olduğunu rapor etmişlerdir. Deodorizasyon süresinin 1 ila 5 saat arasında uzatılması, kimyasal olarak rafine edilmiş palm yağında 3-MCPD konsantrasyonunu 4.1 mg/kg'a düşürmüştür. Ağartma işleminden önce yapılan nötralizasyonun deodorizasyon sırasında 3-MCPD ester oluşumunu değil GE miktarını etkilediğini; deodorizasyon sıcaklığı 230°C olduğunda GE konsantrasyonunun 2.2 mg/kg'a yükseldiğini, ancak 180°C'de daha düşük GE seviyesi gözlendiğini ve 5 saat gibi uzun bir deodorizasyon süresinin serbest yağ asitlerinin %20'sini bile uzaklaştırmak için yeterli olmadığını bildirmişlerdir.

Pudel ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarında su ile degumming, nötralizasyon için potasyum hidroksit (KOH) ile sodyum hidroksit (NaOH) kullanılması ve deodorizasyon öncesi ağartma uygulanmasının bitkisel yağlarda 3-MCPD ve GE oluşumunu azalttığını gözlemlemişlerdir. Fosfolipit içeriğı ile 3-MCPD ve GE oluşumu arasında korelasyon olmadığı, nötralizasyon uygulanan yağlar nötralize edilmemiş yağ ile kıyaslandığında KOH için %45 ve NaOH %35 oranında bir azalma olduğu ile 60 ya da 90°C'de yapılan ağartma işleminin deodorizasyon sırasında 3-MCPD ve GE oluşumunu azalttığı bildirilmiştir. Nötralizasyon sonrasında uygulanan yıkama işlemi, ağartma toprağı ve deodorizasyon sırasında süreye bağılı olarak klorür iyonları, açilgliseroller gibi öncül maddelerin uzaklaştırılması ya da parçalanması sonucu 3-MCPD ve GE oluşumunun azaldığı düşünülmüştür. Ağartma toprağının türünün (nötr ya da asidik), koku giderme aşamasından önce yağın pH değerini etkilediğı ve 3-MCPD ile GE oluşumunu hzlandırdığı bildirilmiştir (Zschau 2001). Bu nedenle, 3-MCPD ve GE'lerin molekül yapılarına zarar vermeden fiziksel adsorpsiyon ile RBD palm yağından farklı polariteye sahip olmalarına bağılı olarak uzaklaştırılabileceğı ve bunun için karbon, magnezyum silikat, zeolit ve aktif ağartma toprağı gibi adsorbanlardan yararlanılabileceğı öngörülmüştür (Strijowski ve ark. 2011, Shimizu ve ark. 2012).

Ramli ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarında asitle aktive ağartma toprağı ve nötr ağartma toprağı ile asit degumming işleminin kombinasyonunu karşılaştırmışlardır. Nötr ağartma toprağı kullanıldığında ortalama 2.2 mg/kg 3-MCPD, asitle aktive ağartma toprağı kullanıldığında 2.8 mg/kg 3-MCPD konsantrasyonu olduğu tespit etmişlerdir. %22 oranında bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Ağartma parametrelerini 50 mbar vakum, 105°C sıcaklık ve 30 dakika işlem süresi, kullanılan ağartma toprağı miktarını %1 olarak bildirilmişlerdir. Sülfürik asit ya da hidroklorik asit ile aktive edilen ağartma topraklarında adsorpsiyon için daha geniş bir yüzey

alanı sağlanmakta ve bağlantı noktası bulunmaktadır. Düşük pH değerlerinde ağartma toprağının kullanıldığı rafinasyon işleminde müsilaj gidermenin asit ya da su ile yapılmasının etkili olmadığını ve daha yüksek 3-MCPD ester oluşumunun gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Asitle aktive olan topraklarda ester oluşumunun yüksek olduğu, proton verme özelliğinden dolayı organik bileşiklerin protonasyonuna neden olabildiği ve organik reaksiyonları katalize edebildiği ile klorür iyonlarının varlığında açilgliserollerin protonasyonu sonucu 3-MCPD esterlerinin daha fazla oluştuğunu vurgulamışlardır.

Ramli ve ark. (2015), asitle aktive edilmiş kil ile %0.1 fosforik asit kullanıldığında 3-MCPD ester oluşumunun en yüksek düzeyde olduğunu (3.89 ppm'ye kadar) gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, 3-MCPD ester oluşumunun suyla zamlı giderme ve doğal ağartma kili kullanıldığında en düşük seviyede (0.25 ppm) olduğunu; demir ve fosfor bileşikleri etkin olarak uzaklaştırılmadığı için yağ kalitesinin bozulduğunu; ve yüksek kaliteli ham yağ kullanılamıyor ise özellikle metalik safsızlıkları gidermek için başka bir işlemin uygulanması gerektiğini de ifade etmişlerdir.

Shimizu ve Desrochers (2012) yaptıkları çalışmalarında GE'yi palm yağı dahil olmak üzere farklı bitkisel yağlardan çıkarmak için asitle aktifleştirilmiş ağartma toprağı kullanmıştır. Test edilen tüm yağlarda, %1 asit aktive ağartma toprağı kullanıldığında GE konsantrasyonunun %99 ya da daha fazla azaltıldığını tespit etmişlerdir. Örnek olarak, ölçülen tüm GE konsantrasyonlarının toplamının, ortalama 10.3 mg/kg'dan 0.1 mg/kg'ın altına düşürüldüğünü tespit etmişlerdir.

Zulkurnain ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında asitle aktive ağartma toprağı ve nötr ağartma toprağı ile kullanımını karşılaştırmışlardır ve farklı bir sonuç elde etmişlerdir. Nötr ağartma toprağının, asitle aktifleştirilmiş ağartma toprağından biraz daha yüksek bir 3-MCPD konsantrasyonuna yol açtığını gözlemlemişlerdir. Nötr ağartma toprağı kullanıldığında ortalama 1.75 mg/kg 3-MCPD, asitle aktive ağartma toprağı kullanıldığında ise 1.55 mg/kg 3-MCPD konsantrasyonu olduğunu tespit etmişlerdir. Asit aktive ağartma toprağı kullanıldığında %11 oranında bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Ağartma parametrelerini, 95°C sıcaklık ve 30 dakika işlem süresi, kullanılan ağartma toprağı miktarını %1 olarak bildirmişlerdir. 3-MCPD ester oluşumundaki azalmanın deodorizasyon öncesinde öncül maddelerin degumming ve ağartma sırasında uzaklaştırılması ya da azaltılması ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir.

Vispute ve ark. (2018), 3-MCPD ve GE oluşumunu azaltmak için degumming sırasında düşük konsantrasyonlu asit kullanımı ve asidik ağartma toprağı yerine doğal tipte bir ağartma toprağı kullanımını denemişlerdir. Özellikle, asitle aktive olan ağartma toprağı kullanıldığında GE içeriğinin GE'nin moleküler halka açılma reaksiyonu sonucu gliserol mono-palmitat, gliserol palmitat oleat ve gliserol dipalmitata dönüştüğü ve adsorpsiyon yerine dönüşüm sonucu azaldığı ifade edilmiştir.

Deodorizasyon basamağı sıcaklığa bağlı olan GE oluşumu için en kritik parametre olarak vurgulanmaktadır. GE konsantrasyonunun yağlar uzun süre (> 1 saat) 230°C ila 250°C aralığındaki sıcaklıklara maruz kaldığında üssel olarak arttığı bildirilmiştir (Hrnčirik ve van Dujin 2011, Pudiel ve ark. 2011). Craft ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında, ağartılmış palm yağının 240°C, 220°C ve 200°C'de deodorize etmişler ve GE konsantrasyonlarındaki değişimleri incelemişlerdir. 240°C'de deodorize edildiğinde GE konsantrasyonunda

önemli bir artış olduğunu; 200°C ve 220°C'deki konsantrasyon 0.4 mg/kg GE iken, 240°C'de %6 oranında bir artışla 1.7 mg/kg GE düzeyine yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca, GE içeriğinin 250-290°C gibi yüksek sıcaklıklarda ya da 200°C gibi düşük bir sıcaklıkta uzun süre, örneğin 2 saat gibi, uygulanan deodorizasyon işlemi ile uzaklaştırılabileceği ya da degrade olabileceğini önermişlerdir.

Palm ham yağı (RBD), palm meyvesinin mezokarp kısmından fiziksel işlemler ve ekstraksiyonla elde edilen, kimyasal işlem görmemiş bir yağdır. Diğer bitkisel kaynaklı yağlarda olduğu gibi de en önemli bileşeni triaçilgliserollerdir (%98-99 oranında). Bunların dışında serbest yağ asitleri, monoaçilgliseroller, diaçilgliseroller, fosfolipidler, serbest ve esterleşmiş bitkisel steroller, fenolik maddeler, triterpen alkoller, tokoller (tokoferoller, tokotrienoller), hidrokarbonlar (skualen, karotenler vb.), iz metaller (demir, sülfür, bakır vb.), oksidasyon ürünleri, yapışkan maddeler, vakslar, pestisit kalıntıları, tat ve koku bileşenleri gibi minör bileşenleri de içermektedir (Schwartz ve ark. 2008). Bu bileşenlerin kısmen/tamamen yağ bünyesinden uzaklaştırılması ya da miktarlarının belirli düzeye düşürülmesi sonucunda ham yağ insan tüketimi için kabul edilebilir hale gelebilir. Bu amaçla uygulanan fiziksel ya da kimyasal rafinasyon arasındaki temel farklılık fiziksel rafinasyonda serbest yağ asitleri destilasyon yoluyla ve fosfatitler ile diğer safsızlıklar da deodorizasyon sırasında uzaklaştırılırken, kimyasal rafinasyonda ise serbest yağ asitleri, fosfatitlerin çoğu ve diğer safsızlıkların bir alkali çözeltisi kullanılarak yağdan uzaklaştırılmasıdır. Ancak ham yağın tüketici tarafından kabul edilir özelliklere gelmesi sırasında çeşitli proses bulaşanlarının da oluşması kaçınılmazdır. Palm yağı endüstrisi çevresel etkinin daha az olarak nitelendiği fiziksel rafinasyonu tercih etmektedir (Sulin ve ark. 2020).

RBD palm olein yağında 3-MCPD ve GE miktarının önlenmesi ya da azaltılması amacıyla yapılan bu çalışmada, gerçekleştirilen kimyasal ve fiziksel rafinasyon işleminin etkili olduğu söylenebilmektedir. Degumming, nötralizasyon, ağartma ve deodorizasyon uygulamalarından oluşan kimyasal rafinasyon basamaklarında GE miktarındaki oransal azalma 3-MCPD'ye göre daha fazla olarak gözlenmiştir. GE miktarındaki azalmanın daha yüksek olması, 3-MCPD'nin daha stabil ve kararlı yapıda olduğu ile proses sırasında GE'nin MCPD esterlerine dönüşebildiğini desteklemektedir (Matthäus ve Pudel 2013, Cheng ve ark. 2017, Goh ve ark. 2020, Wong ve ark. 2020). MCPD esterlerinden farklı olarak GE, mevcut klor olmadan oluşabilir. GE oluşumu, yük göçü yoluyla molekül içi yeniden düzenlemeden kaynaklanabildiği gibi (Rahn ve ark. 2011, Destailats ve ark. 2012b, Cheng ve ark. 2017), aktif bir ara ürün olan siklik asiloksonyum iyonu da GE oluşumunda rol oynayabilmektedir (Weißhaar ve ark. 2010). Razak ve ark. (2012) ise, özellikle deodorizasyon basamağında yüksek sıcaklığın (180-260°C) uygulandığı rafinasyon sırasında sıcaklık kaynaklı reaksiyonlar ile hem 3-MCPD hem de GE oluşabildiğine dikkat çekmişlerdir. İncelenen 105 adet ham palm yağının %80'inde 3-MCPD esterlerinin bulunmadığını, ancak rafinasyon sonrasında palm yağlarının sadece %1'inde tespit sınırının altında 3-MCPD ester değerini belirlemişlerdir. Bununla birlikte, MCPD yağ asidi esterleri TAG, DAG ve MAG asiloksonyum iyonu ya da epoksit gibi ara madde oluşturması ile klorür iyonlarının ester veya hidroksil grubu taşıyan karbona doğrudan nükleofilik saldırısı sonucunda da meydana gelmektedir (Rahn ve ark. 2011, Šmidrkal ve ark. 2016). Ermacora ve ark. (2014), MCPD esterleri ve GE oluşumunun aynı anda meydana gelen birden fazla rekabetçi reaksiyonun sonucu olduğunu, aynı grup arasında

bir dizi kloropropanol türü oluşturan bir rekabet olsa bile, ne kısmi açığliserol ne de klorlu bileşiğin termal ısıtma üzerine oluşan MCPD ester seviyesiyle sıkı bir şekilde ilişkilendirilemediğini de ifade etmektedirler.

Matthäus ve ark. (2011b) ise, 3-MCPD esterlerini ve GE'yi azaltmak için düşük deodorizasyon sıcaklığını (200°C'de 120 dakika) takiben daha yüksek sıcaklığın (250°C 5 dakika) ya da tam tersinin uygulanması şeklindeki "çift (dual) koku giderme" işleminin geleneksel (tek aşamalı) koku gidermeye göre, 3-MCPD esterleri ve ilgili bileşiklerde yaklaşık % 80'lik bir azalma sağladığını belirtmişlerdir.

3-MCPD ve GE oluşumunda öncül madde ve koşulların detaylı olarak incelenmesiyle birlikte bazı araştırmacılar, özellikle klorin, kısmi açığliseroller ve serbest yağ asitleri gibi öncüllerin palm yağında nasıl azaltılacağı ya da uzaklaştırılacağı hususuna odaklanmışlardır. Yetiştirme aşamasında klorür içeren gübre kullanılmaması, sulama suyunun klor içeriğinin düzenlenmesi, hasat sırasında dış kabuğu zarar görmüş ve lipaz aktivitesi başlamış meyvelerin yağa işlenmemesi, ham yağda lipaz aktivitesini engellemek için uygulanan sıcaklık uygulamasının 120°C'nin altında olması, ham yağın eldesi için kullanılan ekipmanlardan olası klorür bulaşmasının engellenmesi ile hekzan gibi solvent ekstraksiyon yöntemi ile yağın alınması rafinasyon öncesi için dikkat edilecek konulardır. Bununla birlikte, bazı araştırmacılar da MCPD esterlerin ve GE'in oluşumunda rol alan öncülleri uzaklaştırmak ya da miktersal olarak azaltmak için daha çok operasyon prosedürlerinin, özellikle yetiştirme, yağ ekstraksiyonu/sterilizasyon, rafinasyon ve depolama aşamalarında yeni uygulamaların geliştirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır (Sulin ve ark. 2020). İlk aşama ham yağ eldesinden önce ezme sırasında klor içermeyen suyun kullanılma ya da meyve yüzeyindeki pestisit ve gübre kalıntısının yıkanması ile öncülerin uzaklaştırılmasıdır. İkinci aşama uygun ezme yöntemi ve degumming için koşulların seçilmesidir. Üçüncü ve son aşama da istenmeyen reaksiyonları en aza indirmek ve 3-MCPD ile GE'nin uzaklaştırılmasını en etkin düzeyde gerçekleştirmek için optimum deodorizasyon sıcaklığının belirlenmesidir. Bitki büyümek için topraktan su ve besin elementlerini bünyesine almaktadır. Kullanılan gübre ve sulama suyu palm meyvesi için klorür kaynağıdır. Palm meyvesinde klorür içeren bileşik miktarı, toprak tipi, büyüme koşulları ve genotipe bağlıdır. Bu nedenle, aşırı miktarda klor içeren gübre, böcek ilacı ve klorlu sulama suyu gibi maddelerin kullanımını en aza indirmek yetiştirme sırasında MCPD öncüllerini uzaklaştırmak için önerilmektedir (Matthäus ve ark. 2011b). Meyvenin DAG, MAG ve serbest yağ asitleri içeriği mezokarpın içindeki TAG yine mezokarp içindeki lipaz enzimi tarafından hidrolize edildiğinde artmaktadır. Meyve olgunlaştıkça ekzokarp yumuşamakta ve lipaz daha aktif hale gelmektedir. Ayrıca, lipaz aktivitesi uygun olmayan toplama, istifleme ve taşıma koşullarında da artmaktadır (Sambanthamurthi ve ark. 2000). FFA içeriğini en aza indirmek için palm meyvesi aşırı olgunlaşmadan önce hasat edilmeli ve meyveyi zedelededen demet halinde bağlanmalıdır. Demetler lipaz enzim inaktivasyonu için en az 70°C'de 40 dakika kadar ısıtılmalıdır (Shehu ve ark. 2019), ancak endüstriyel uygulamalarda bu sıcaklık 140°C'de 75-90 dakika arasındadır. Cheng ve ark. (2017), sıcaklığın MCPD esterlerinin 120°C ve daha yüksek sıcaklıklarda oluşması nedeniyle 120°C ya da düşük olmasını önermektedirler. Matthäus ve ark. (2011a), ham yağı 25:75 su-etanol ile yıkamanın, ısıtılardan sonra 3-MCPD ester oluşumunu yaklaşık %30 azalttığını ancak GE miktarının ise neredeyse hiç değişmediğini bildirmişlerdir. Ham yağın çözügen ile yıkanması maliyet, düşük yağ verimi ve fosfolipidler ya da diğer bileşenler kaynaklı emülsifikasyon nedeniyle yağın zor ayrılması gibi dezavantajlara da sahiptir. Mekanik olarak gerçekleşen yağ

ekstraksiyon işleminin bifazik polar çözügen (örneğin hekzan-su karışımı) yardımıyla yapılmasının 3-MCPD diester içeriğini azaltılabileceği bildirilmiştir (Matthäus ve Pudiel 2014). Ancak bu ekstrakte yağın tüketici tarafından kabuledilebilirliği toksisite ve hekzanın yüksek patlayıcılığı gibi güvenilirlik sorunları nedeniyle düşüktür.

İncelenen literatür ve sanayi uygulamaları dikkate alınarak planlanan bu çalışmada, ithal edilmeden önce üretim sırasında ön rafinasyon (ağartma ve deodorizasyon) uygulanan ham palm yağında nihai tüketici taleplerine göre 3-MCPD ve GE miktarını azaltmak amacıyla gerçekleştirilen rafinasyon parametrelerinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Seçilen parametrelere göre, 3-MCPD miktarının azaltılması hedeflendiğinde RBD yağdaki 3-MCPD miktarı ile karşılaştırıldığında en fazla azalma %69.91 ile nötralize edilmeyerek, nötr ağartma toprağı kullanılarak ve 230°C'de deodorize edilerek yapılan proses parametrelerinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, daha kararsız yapıda olan GE miktarının azaltılması hedeflendiğinde ise RBD yağdaki GE miktarı ile karşılaştırıldığında en fazla azalma %93.85 ile nötralize edilmeyerek, asit aktive ağartma toprağı kullanılarak ve 230°C'de deodorize edilerek yapılan proses parametreleri kullanılmalıdır.

Sonuç olarak, 3-MCPD ve GE önemli proses kontaminantlarıdır. 3-MCPD ve GE yalnızca palm yağına özgü bir risk olmayıp; kötü hammaddenin özensiz ya da yetersiz teknolojiyle işlenmesi durumunda oluşmaktadır. Mevcut çalışmalar 3-MCPD ve GE oluşumunun azaltma stratejisinin geliştirilmesi için klorür, DAG, MAG gibi öncülerin uzaklaştırılması ile sıcaklık ve pH gibi parametrelerin optimizasyonunun gerekliliğini vurgulamaktadır. Ancak uzaklaştırma ya da azaltma stratejileri hammaddeden başlayarak nihai tüketiciye kadar olan tüm palm yağı üretim zinciri için planlanmalıdır. Çalışmamıza dayalı olarak benimsenebilecek en iyi uygulama senaryosu birkaç adımdan oluşmaktadır. İlk aşama, yağın ekstraksiyonundan önce öğütme aşamasında öncü maddelerin uzaklaştırılması ya da minimize edilmesidir; yıkama için serbest klor içermeyen suyun kullanılması ya da herhangi bir pestisit ile gübre kalıntısının yıkama sırasında uzaklaştırılması gibi. İkinci adımda degumming için uygun ekstraksiyon yöntem ve koşulları seçilmelidir. Son aşama ise, istenmeyen reaksiyonları ve 3-MCPD ile GE oluşumunu/miktarını en aza indirmek için optimum deodorizasyon sıcaklık ve süresinin belirlenmesidir.

Teşekkür Bilgi Notu

Çalışma kapsamında palm yağı örneklerini temin eden Sayın Okan MERAL'e ve analizlerin gerçekleştirilmesi hususunda desteğini esirgemeyen Bursa Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü'nden Sayın Orhan EREN'e ve Dr. Müge NEBİOĞLU'na teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akinola, F.F., Oguntibeju, O.O., Adisa, A.W. and Owojuyigbe, O.S. 2010. Physico-chemical properties of palm oil from different palm oil local factories in Nigeria. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3&4): 264-269.
- Akusu, M.O., Achinewhu and S.C., Mitchell, J. 2000. Quality attributes and storage stability of locally and mechanically extracted crude palm oils in selected communities in Rivers and Bayelsa states, Nigeria. *Plant Foods and Human Nutrition*, 55(2):119-126.
- Bakhiya, N., Abraham, K., Gürtler, R., Appel, K.E. and Lampen, A. 2011. Toxicological assessment of 3-chloropropane-1,2-diol and glycidol fatty acid esters in food. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55: 509-521.
- Becalski, A., Feng, S., Lau, F.B.P. and Zhao, T.A. 2015. A pilot survey of 2- and 3-monochloropropanediol and glycidol fatty acid esters in foods on the Canadian market 2011-2013. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37: 58-66.
- Berger, K.G. 2003. Palm kernel oil. In: Trugo, L. and Finglas, P.M. (Eds.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2nd Edition, Academic Press, Maryland, USA, pp: 4322-4324.
- Berger, K.G. 2005. The use of palm oil in frying. *Frying oil series*. Malaysian Palm Oil Promotion Council (MPOPC). <http://www.mpoc.org> (Erişim tarihi: 16.08.2019)
- Berger, K.G. and Martin, S.M. 2000. Palm oil. In: Kiple, K.F. and Ornelas K.C. (Eds.), *The Cambridge World History of Food*, Cambridge University Press, UK, pp: 397-411.
- Bin Ismail, R. 2005. Palm oil and palm olein frying applications. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 4(4): 414-419.
- Buhrke, T., Frenzel, F., Kuhlmann, J. and Lampen, A. 2015. 2-Chloro-1,3-propanediol (2-MCPD) and its fatty acid esters: cytotoxicity, metabolism, and transport by human intestinal Caco-2 cells. *Archives in Toxicology*, 89: 2243-2251.
- Cheng, W., Liu, G. and Liu, X. 2017a. Effects of Fe³⁺ and antioxidants on glycidyl ester formation in plant oil at high temperature and their influencing mechanism, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65: 4167-4176.
- Cheng, W., Liu, G., Wang, L. and Liu, Z. 2017b. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: A review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16: 263-281.
- Choudhary, M. and Grover, K. 2019. Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) oil. In: Ramadan, M. (Ed.), *Fruit Oils: Chemistry and Functionality*, Springer Cham, Switzerland, pp: 789-802.
- Čmolík, J. and Pokorný, J. 2000. Physical refining of edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(7): 472-486.

- Codex Alimentarius. 1999. FAO/WHO Codex Standard for Named Vegetable Oils. <http://www.fao.org/3/y2774e/y2774e04.htm>- (Erişim Tarihi: 29.08.2019).
- Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2015. The Oil Palm. 5th edition. Wiley Blackwell, UK, 627 p.
- Craft, B.D., Chiodini, A., Garst, J. and Granvogl, M. 2013. Fatty acid esters of monochloropropanediol (MCPD) and glycidol in refined edible oils. Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment, 30(1): 46-51.
- Craft, B.D., Nagy, K., Sandoz, L. and Destailats, F. 2012. Factors impacting the formation of monochloropropanediol (MCPD) fatty acid diesters during palm (*Elaeis guineensis*) oil production. Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment, 29(3): 354-361.
- DGF-Einheitsmethoden C-VI 18 (10). 2009. Standard Method C-VI 18 (10) Fatt-acid-bound 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) and 2,3-epoxipropane-1-ol (glycidol). Determination in oils and fats by GC/MS (Differential measurement). Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen, 2011.
- EFSA. 2016. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food. EFSA Journal 14.5 (2016): e04426 (Erişim tarihi: 17.07.2019)
- EFSA. 2017. Update of the risk assessment on 3-monochloropropane diol and its fatty acid esters. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5083>- (Erişim tarihi: 17.07.2019)
- EFSA. 2018a. Revised safe intake for 3-MCPD in vegetable oils and food. <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/180110>- (Erişim tarihi: 17.07.2019)
- EFSA. 2018b. Process contaminants in vegetable oils and foods. <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/process-contaminants-vegetable-oils-and-foods>- (Erişim tarihi: 21.08.2019)
- EUFIC. 2019a. Palm Oil (Q&A). <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/palm-oil-qa>- (Erişim Tarihi: 20.08.2019).
- EUFIC. 2019b. 8 Facts About Fats. <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/8-facts-on-fats>- (Erişim Tarihi: 20.08.2019).
- FAO. 1996. Rome Declaration on World Food Security, World Food Summit, 13-17 November, Rome, Italy, www.fao.org/wfs/index_en.htm (Erişim Tarihi: 15.08.2019).
- FAO. 2016. Oil Bearing Plants Production and Processing. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim Tarihi: 15.08.2019).
- Franke, K., Strijowski, U., Fleck, G. and Pudiel, F. 2009. Influence of chemical refining process and oil type on bound 3-chloro-1,2-propanediol contents in palm oil and rapeseed oil. Food Science and Technology, 42: 1751-1754.

- Gibon, V. 2012. Palm oil and palm kernel oil refining and fractionation technology. In: Lai, O.M., Tan, C.P., Akoh, C.C. (Eds.), *Palm Oil Production, Processing, Characterization, and Uses*, pp. 329-375
- Gibon, V., De Greyt, W. and Kellens, M. 2007. Palm oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (4): 315-335.
- Grosse, Y., Baan, R., Secretan-Laubay, B., El-Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Islami, F., Galichet, L., Straif, K. 2011. Carcinogenicity of chemicals in industrial and consumer products, food contaminants and flavourings, and water chlorination byproducts. *Lancet Oncology*, 12: 328-329.
- Hamlet, C.G., Asuncion, L., Velisek, J., Dolezal, M., Zelinkova, Z. and Crews, C. 2011. Formation and occurrence of esters of 3-chloropropane-1,2-diol (3-CPD) in foods: What we know and what we assume. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113: 279-303.
- Hamm, W., Hamilton, R.J. and Calliauw, G. 2013. *Edible Oil Processing*, 2nd Edition, Wiley-Blackwell, UK, 342 p.
- Hrnčirík, K. and van Duijn, G. 2011. An initial study on the formation of 3-MCPD esters during oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3): 374-379.
- IARC. 2000. Some Industrial Chemicals. In: *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Volume 7*, Lyon, France, pp: 469-486.
- IARC. 2012. 3-Monochloro-1,2-propanediol. In: *International Agency for Research on Cancer Monographs on Some Chemicals Present in Industrial and Consumer Products, Food and Drinking-water, Volume 101*, Lyon, France, 349-374.
- Imoisi, O.B., Ilori, G.E., Agho, I. and Ekhaton, J.O. 2015. Palm oil, its nutritional and health implications (Review). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 19(1): 127-133.
- JECFA. 2016. Evaluation of Certain Contaminants in Food: Eighty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee On Food Additives, Rome. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254893/9789241210027-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Erişim Tarihi: 15.08.2019).
- Knutsen, H.K., Alexander, J., Barregård, L., Bignami, M., Brüschweiler, B., Ceccatelli, S., Cottrill, B., Dinovi, M., Edler, L., Grasl-Kraupp, B., Hoogenboom, L. (Ron) ., Nebbia, C.S., Oswald, I.P., Petersen, A., Rose, M., Roudot, A., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Vollmer, G., Wallace, H., Lampen, A., Morris, I., Piersma, A., Schrenk, D., Binaglia, M., Levorato, S., and Hogstrand, C. 2018. Update of the risk assessment on 3-monochloropropane diol and its fatty acid esters. *EFSA Journal* 16(1): 5083. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2018.5083> (Erişim Tarihi: 15.08.2019).
- Kuntom, A., and Kifli, H. 1998. Properties of soaps derived from distilled palm stearin and palm kernel fatty acids. *Journal of Surfactants and Detergents*. 1: 329-334.
- Lai, O.M., Lo, S.K. and Akoh C.C. 2012. Enzymatic and chemical modification of palm oil, palm kernel oil, and its fractions. In: Lai, O.M., Tan, C.P., and Akoh, C.C. (Eds.), *Palm Oil Production, Processing, Characterization, and Uses*, AOCS Press, Urbana, USA, pp: 527-545.

- Lai, O.M., Tan, C.P. and Akoh, C.C. 2015. Palm Oil Production, Processing, Characterization, and Uses. Academic Press and AOCS Press, Urbana, USA, 846 p.
- Larsen, J.C. 2009. 3-MCPD esters in food products. ILSI Europe Report Series. Summary Report of a Workshop held in February 2009 in Brussels, Belgium. 36 p. <https://ilsa.org/mexico/wp-content/uploads/sites/29/2016/09/3-MCPD-Esters-in-Food-Products.pdf> (Erişim tarihi: 14.08.2019)
- Masukawa, Y., Shiro, H., Kondo, N. and Kudo, N. 2011. Generalized method to quantify glycidol fatty acid esters in edible oils. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 88: 15-21.
- Matthäus, B. 2007. Use of palm oil for frying in comparison with other high-stability oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109: 400-409.
- Matthäus, B., Lacoste, F. and Brühl, L. 2016. Contaminants in edible fats and oils—fresh news. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(3): 337-338.
- Matthäus, B. and Pudel, F. 2013. Mitigation of 3-MCPD and glycidyl esters within the production chain of vegetable oils especially palm oil. *Lipid Technology*, 25(7): 151-155.
- Matthäus, B. and Pudel, F. 2014. Mitigation of MCPD and glycidyl esters in edible oils. In: *Processing Contaminants in Edible Oils*, pp. 23-55.
- Matthäus, B., Pudel, F., Fehling, P., Vosmann, A. and Freudenstein, A. 2011a. Strategies for the reduction of 3-MCPD esters and related compounds in vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113: 380-386.
- Matthäus, B., Freudenstein, K., Brühl, L., Pudel, F., Fehling, P., Rudolph, T., Granvogl, M., Schieberle, P., Franke, K., Strijowski, U. 2011b. Final Report: Investigations on the Formation of 3-Monochloropropane-1,2-diol Fatty Acid Esters (3-MCPD Esters) in Vegetable Oils and Development of Minimization Strategies. Research Association of the German Food Industry, Bonn, Germany.
- Michels, N., Specht, I.O., Heitmann, B.L., Chajès, V., Huybrechts, I. 2020. Dietary trans-fatty acid intake in relation to cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*, 0(0): 1-19.
- Özdikicierler, O., Yemişcioğlu, F. and Gümüşkesen, A.S. 2016. Effects of process parameters on 3-MCPD and glycidyl ester formation during steam distillation of olive oil and olive pomace oil. *European Food Research and Technology*, 242: 805-813.
- Pande, G., Akoh, C.C. and Lai, O.M. 2012. Food uses of palm oil and its components. In: Lai, O.M., Tan, C.P., and Akoh, C.C. (Eds.), *Palm Oil Production, Processing, Characterization, and Uses*, AOCS Press, Urbana, USA, pp: 561-587.
- Paterson, R.R.M. and Lima, N. 2018. Climate change affecting oil agronomy, and oil palm cultivation increasing climate change, require amelioration. *Ecology and Evolution*, 8: 452-461.
- Pudel, F., Benecke, P., Fehling, P., Freudenstein, A., Matthäus, B. and Schwaf, A. 2011. On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3): 368-373.

- Rahn, A.K.K. and Yaylayan, V.A. 2011. What do we know about the molecular mechanism of 3-MCPD ester formation? *European Journal of Science and Technology*, 113(3): 323-329.
- Ramli, M.R., Siew, W.L., Ibrahim, N.A., Hussein, R., Kuntom, A., Abd Razak, R.A. and Nesaretnam, K. 2011. Effects of degumming and bleaching on 3-MCPD esters formation during physical refining. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 88(11): 1-7.
- Ramli, M.R., Siew, W.L., Ibrahim, N.A., Kuntom, A. and Abd Razak, R.A. 2015. Other factors to consider in the formation of chloropropanediol fatty esters in oil processes. *Food Additives and Contaminants – Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 32(6): 817-824.
- Sevindirici, G., Özdikicierler, O. and Yemişçiöğlü, F. 2016. Rafine bitkisel yağlarda 3-MCPD ve GE riski: Yapısı, oluşum mekanizması, yasal düzenlemeleri ve azaltılma yöntemleri. *Gıda* 43(5): 886-895.
- Shimizu, H. and Desrochers, M. 2012. The health, environmental and economic benefits of palm oil. *Institut Economique Molinari Economic Note*: 4 pp. https://www.institutmolinari.org/IMG/pdf/note0912_en.pdf (Erişim Tarihi: 01.09.2019)
- Shimizu, M., Moriwaki, J., Shiiba, D., Nohara, N., Kudo, N., Katsuragi, Y. 2012. Elimination of glycidyl palmitate in diolein by treatment with activated bleaching earth. *Journal of Oleo Science*, 61: 23-28.
- Sundram, K., Sambanthamurthi, R. and Tan, Y.A. 2003. Palm fruit chemistry and nutrition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 12(3): 355-362.
- Sahin, O.I., Aka, A., Akpınar-Bayizit, A., Baltaş-Minas, E. 2010. Sofralık zeytin üretim tesislerinde gıda güvenliği yönetim sisteminin uygulanması. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1): 11-24.
- Smith, B.K., Robinson, L.E., Nam, R., Ma, D.W.L. 2009. Trans-fatty acids and cancer: a mini-review. *British Journal of Nutrition*, 102: 1254-1266.
- Vinikoor, L.C., Satia, J.A., Schroeder, J.C., Millikan, R.C., Martin, C.F., Ibrahim, J.G., Sandler, R.S., 2009. Associations Between Trans Fatty Acid Consumption and Colon Cancer Among Whites and African Americans in the North Carolina Colon Cancer Study I. *Nutrition and Cancer*, 61: 427-436.
- Vinikoor, L.C., Millikan, R.C., Satia, J.A., Schroeder, J.C., Martin, C.F., Ibrahim, J.G., Sandler, R.S. 2010. Trans-fatty acid consumption and its association with distal colorectal cancer in the North Carolina Colon Cancer Study II. *Cancer Causes Control*, 21(1): 171-180.
- Waisundara, V.Y. 2018. Multifaceted perspectives of palm oil. In: Waisundara, V.Y. (Ed.), *Palm Oil*, Intechopen, London, UK, pp: 186-477.
- Weißhaar, R. and Perz, R. 2010. Fatty acid esters of glycidol in refined fats and oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(2): 158-165.
- Zhang, H., Jini P., Zhang, M., Cheong, L.Z., Hu, P., Zghao, Y., Yu, L., Wang, Y. and Jiang, Y. 2013. Free radical mediated formation of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) fatty acid diesters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 2548-2555.

Zulkurnain, M., Lai, O.M., Latip, R.A., Nehdi, I.A., Ling, T.C. and Tan, C.P. 2012. The effects of physical refining on the formation of 3-monochloropropane-1,2-diol esters in relation to palm oil minor components. *Food Chemistry*, 135: 799-805.

Zschau, W. 2001. Bleaching of edible fats and oils. Cooperative work of the German Society for fat science (DGF). *Eur. Journal of Lipid Science and Technology*, 103: 505-551.



Essential Oil Composition of Dry and Fresh Aerial Parts of the Dill (*Anethum graveolens* L.)^A

Abdulhabip ÖZEL^{1*}, Orçun ÇINAR²

Abstract: The study was conducted to determine the essential oil ratio and composition of fresh and dry aerial part of dill (*Anethum graveolens* L.), under the Harran Plain conditions (South-eastern Anatolia, Turkey), with three replicates, in 2014-2015 growing session. After harvesting, the dill samples were separated into leaf, stem and umbel. The essential oil ratios were determined at each fresh and dry samples. The essential oil ratios were varied between 0.08-0.59% in fresh dill and 0.11-2.07% in dry dill. Based on the CS-MS results, essential oil components varying between 17-23 in fresh dill and 16-19 in dry dill were determined in the aerial parts of the plant. The α -phellandrene was identified as the main essential oil compound of the samples analysed except for the dry stem. In dry stem, the dill ether was determined as the main component.

Keywords: *Anethum graveolens*, Volatile oil component, Leaf, Stem, Flower.

Dereotu (*Anethum graveolens* L.)'nun Taze ve Kuru Toprak Üstü Aksamlarının Uçucu Yağ Bileşenleri

Öz: Çalışma, dereotu (*Anethum graveolens* L.) taze ve kuru toprak üstü kısımlarının uçucu yağ oranı ve bileşenlerini belirlemek amacıyla, 2014-2015 yetiştirme döneminde, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi

^A This study does not require ethics committee approval.

^{*} **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Abdulhabip ÖZEL, Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Crop Sciences, Şanlıurfa, Turkey, hozel@harran.edu.tr, [OrcID 0000-0002-3605-2596](https://orcid.org/0000-0002-3605-2596)

² Orkun ÇINAR, Batı Akdeniz Agricultural Research Institute (BAARI), Antalya, Turkey, orcun.cinar@tarim.gov.tr, [OrcID 0000-0002-8356-384X](https://orcid.org/0000-0002-8356-384X)

Atf/Citation: Özel, A. and Çınar, O. 2021. Essential Oil Composition of Dry and Fresh Aerial Parts of the Dill (*Anethum graveolens* L.). *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(2), 355-363.

Araştırma Alanında, 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Hasattan sonra, dereotu örnekleri yaprak, sap ve çiçeklere ayrılmıştır. Her taze ve kuru örnekte uçucu yağ oranları belirlenmiştir. Uçucu yağ oranları taze dereotunda % 0.08-0.59 arasında, kuru dereotunda % 0.11-2.07 arasında değişmiştir. CS-MS sonuçlarına göre, bitkinin toprak üstü kısımlarında taze dereotunda 17-23 ve kuru dereotunda 16-19 arasında değişen uçucu yağ bileşeni belirlenmiştir. α -Phellandrene, kuru sap haricinde, analiz edilen numunelerin ana uçucu yağ bileşiği olarak belirlenmiştir. Kuru sapta ise dill ether ana bileşen olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Anethum graveolens*, Uçucu yağ bileşenleri, Yaprak, Sap, Çiçek.

Introduction

In recent years, the importance and usage areas of essential oils have been increasing. Plants containing essential oils and essential oils are used in many fields such as in foods, cosmetics, perfumes, health (human and animal) and the animal feed industry (Curabay et al., 2020; Kirici et al., 2020). One of the important plants containing the essential oil is dill. Dill (*Anethum graveolens* L.) is an annual plant that belongs to Apiaceae family and is grown for its herb and seeds in many countries. While fresh dill herbs are used as a green vegetable, its fresh and dried herbs, and seeds are consumed as a spice and the volatile oils, extracted from its herbs and seeds are used in many fields of industry, including food, cosmetics and pharmaceuticals. Some studies showed that essential oils of dill have many functional properties such as antimicrobial (Stavri and Gibbons, 2005), anti-inflammatory, analgesic (Valady et al., 2010), gastric mucosal protective (Hosseinzadeh et al., 2002), hyperlipidaemic effect (Hajhashemi and Abbasi, 2008) and so on (Amin and Sleem, 2007; Hashemzadeh et al., 2013). In addition, it has been reported that dill has been used in traditional medicine due to its carminative, gastric and diuretic activity (Amin and Sleem, 2007).

The volatile oil ratio and volatile oil composition of dill are critical importance for the functional properties of the plant. Many factors including genotype, location, ecological factors and growth techniques affect the quantity and composition of essential oils of dill (Porter et al., 1983; Wander and Bouwmeester, 1998; Salmasi et al., 2006; Callan et al., 2007; Frąszczak, 2009; Vokk et al., 2011; Hashemzadeh et al., 2013; Barandozi and Borujeni, 2014; Khamssi, 2014; Rana and Blazquez, 2014). Also, the volatile oil content and composition varies according to the aerial parts of the plant such as leaves, stems, umbels (inflorescence) and seeds (Callan et al., 2007). Therefore, the different parts (i.e. leaf, stem and umbel) density in the dill herb can affect both concentration and composition of the volatile oils of dill (Radulescu et al., 2010; Kruma et al., 2011; Vokk et al., 2011). Several studies are conducted to determine the morphogenetic and ontogenetic variabilities of volatiles in dill plants (Huopalahti and Linko, 1983; Porter et al., 1983; Radulescu et al., 2010). It has been reported that the major compounds constituting essential oils of naturally dried parts of the dill plant were α -phellandrene in the leaves, limonene in the flowers, α -phellandrene and dill ether in the stems and carvone in the seed (Callan et al., 2007; Vera and Ming, 1998; Radulescu et al., 2010; Kruma et al., 2011; Vokk et al., 2011; Rana and

Blazquez, 2014). It has also been reported that the essential oil content and the essential oil composition of dill leaves and stems varied depending on the methods of drying (Kruma et al., 2011). Since dill is consumed both as fresh and in dried forms it is important to determine the amount and compositions of volatile oils in different fragments of the dry and fresh dills. Knowing the change in the rate of essential oil and the distribution of essential oil components after drying the plant may affect dill usage preferences.

The present work was conducted to determine the amount and compositions of the essential oils of different parts of fresh or dried dill.

Material and Methods

Plant Material

The population of dill (*A. graveolens* L.) seed, obtained from local growers, was used as the plant material. The dill plants were grown under the Harran Plain conditions, in 2014-2015 growing session. The research area was in the Harran Plain (South-eastern Anatolia region) where semi-arid climate conditions. The research field soil belonged to Harran I series and it had A, B and C horizons, flat and/or flat-like slope, main material was alluvial and a deep profile. According to the soil analysis made before sowing, it was observed that the texture of the study area soil had clayey (17%), neutral pH (7.84), low salt (0.08%) and organic matter (1.37%) levels.

The dill seeds were sown on December 5, 2014 with 30 cm inter-row space and the seed amount of 10 kg ha⁻¹. At the stage of sowing, the soil was fertilized with phosphorus (50 kg ha⁻¹) and nitrogen (50 kg ha⁻¹). Then, at the beginning of May, the nitrogen (50 kg ha⁻¹) was applied as top fertilizer to all research areas. The whole dill herbs were harvested at the full flowering stage. After harvesting, dill plant samples were separated into their organs: leaves, stems, and umbels (peduncle + flowers). Each sample was divided into 2 parts; one portion of each sample was naturally dried in the shade and stored at 4°C until analysis. The other part was taken into analysis for essential oil determination as fresh.

Essential oil isolation

Each 50 g sample taken fresh and dry was hydro distilled in water for 3 hours by Clevenger type apparatus (Anonymous, 2011). Essential oil ratios were determined in triplicate in each aerial part of the plant and averaged. The extracted essential oils were stored in a dark glass bottle and kept in the freezer until analysis. Essential oil component analysis was performed in single samples combined according to aerial parts of the plant (leaf, stem and flower).

Essential oil component analysis

Dill essential oils were analysed by means of GC-MS (Agilent 7890A) equipped with an electron impact quadrupole, mass spectrometer detector (Agilent 5975C). It had 70 eV electron ionization energy, 35-450 amu

scanning range, and 1 scan second⁻¹ scan rate. HP Innowax Capillary (A fused silica capillary column 5% phenyl-poly-dimethyl-siloxane) GC column was used. It was a length of 60 m, with the film thickness of 0.25 µm, and an internal diameter of 0.25 mm. Helium was used as carrier gas at 0.8 ml min⁻¹ flow rate. The inlet temperature was set as 250°C. The temperature program of the GC oven was used as follows; initial temperature 60°C and hold for 10 min, at 4°C min⁻¹ raised to 220°C and finally held on 10 min at 220°C. The sample is diluted one percent (v/v) with n-Hexane and injected with 1 µl. The 40:1 split ratio was used.

Identification of compounds was based on Kovats retention indexes. Identity of the compounds was made by comparison of the mass spectra with data from Adams, the US National Institute of Standards and Technology (NIST, USA), and the WILEY 1996 Ed mass spectrum library.

Results and Discussion

As seen in Figure 1, the ratio of volatile oils varied between 0.08% and 0.59% in different parts of the fresh dills and, 0.11% and 2.07% in different fragments of dried dills. The essential oil contents of dry parts of the plant, as expected, were higher than that of the fresh parts of the plant. The lowest essential oil ratio was determined on both fresh and dry stem of dill plants. Also, the highest essential oil levels were recorded in the fresh and dry umbels of the dill plants. The essential oil content of the leaves was lower than the essential oil content of the herbs. It may be due to that the dill plants were harvested during flowering periods, and the herbs included the umbels which contain a very high proportion of essential oils (Figure 1). These findings were in harmony with Radulescu et al. (2010) who showed that the ratio of essential oils in the flowers highest than in the leaves.

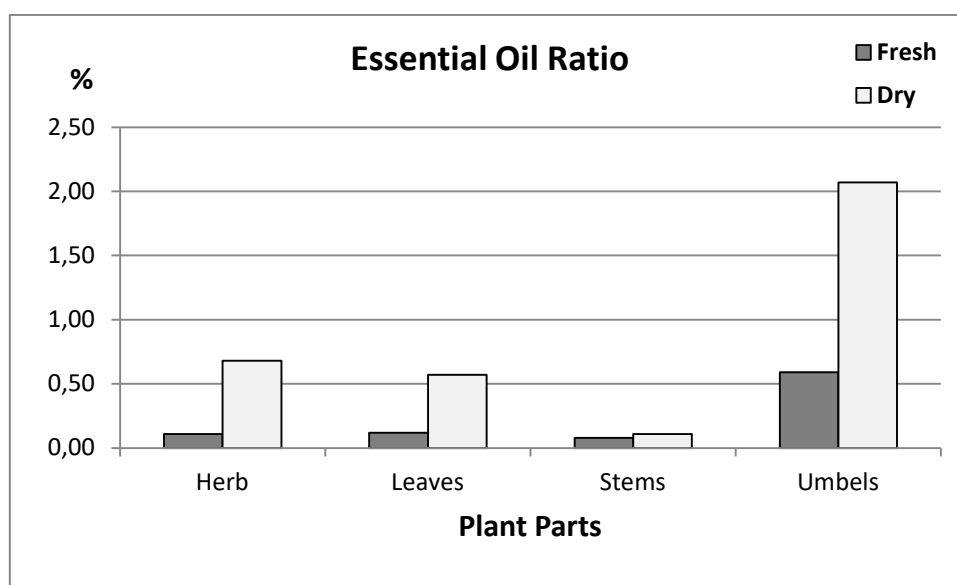


Figure 1. The essential oil ratios of different aerial parts of the fresh and dry dill plant

The composition of essential oils at different organs of fresh and dry dill plants was listed in Table 1. The number of compounds determined in different parts of fresh or dry dills was as follows: in fresh herb 20, in dry herbs 19, in fresh stem 17, in dry stem 16, in fresh and dry leaves 16, in fresh umbels 23 and in dry umbels 19 compounds. Total compounds ratio was varied between 95.64-99.98% of the total detected constituents in the fresh and dry plant parts.

Table 1. The composition of essential oils in different parts of fresh and dry dill plants.

R.T.	Compounds	Herb		Stem		Leaves		Umbels (flowers)	
		Fresh	Dry	Fresh	Dry	Fresh	Dry	Fresh	Dry
11.523	α -Pinene	1.266	0.844	1.534	0.868	1.806	1.425	1.033	0.967
11.590	α -Thujene	0.222	0.140	0.285	0.170	0.326	0.246	0.273	0.162
13.999	β -Pinene	0.073	-	-	-	0.156	-	-	-
14.333	Sabinene	0.100	0.125	0.176	-	0.167	-	0.126	-
15.495	Myrcene	0.606	0.588	0.695	0.611	0.742	0.719	0.545	0.530
15.741	α -Phellandrene	41.628	43.314	55.68	20.993	61.842	58.841	39.800	33.098
16.721	Limonene	10.701	6.277	3.469	3.959	3.405	4.092	13.378	17.052
17.055	β -Phellandrene	5.872	6.904	7.395	7.450	8.115	8.205	4.961	4.569
17.233	1,3,8-p-Menthatriene	-	-	-	-	-	-	0.087	0.128
18.905	p-Cymene	1.772	4.804	2.072	17.881	1.390	2.924	0.622	1.685
19.239	α -Terpinolene	0.150	0.185	0.421	-	0.181	-	-	-
21.542	Tyranton	0.448	-	1.838	-	-	-	1.647	0.100
25.891	Dill ether	24.147	26.637	24.643	37.64	20.694	19.626	24.235	21.418
28.200	Trans-Dihydrocarvone	0.129	-	-	-	-	-	0.105	0.530
28.464	Bicyclo[3.2.1]-3-octen-6-on,4,7-dimethyl (endo)	0.195	0.268	0.176	0.331	0.144	0.194	0.225	0.270
28.694	Cis-Dihydrocarvone	0.913	0.416	-	-	0.119	0.278	0.848	4.013
30.601	Germacrene	-	0.456	-	-	0.069	0.505	-	-
31.179	Carvone	5.919	1.289	0.228	-	-	0.502	6.098	7.214
31.849	Iso-Dihydrocarveol	-	-	-	-	-	-	-	0.150
32.411	Neoiso-Dihydrocarveol	0.452	-	-	-	-	-	0.189	0.213
32.490	Trans-Sabinol	-	0.285	-	0.539	-	0.187	-	-
32.821	p-Menth-1-en-9-yl acetate	-	0.109	-	0.481	0.491	-	0.192	0.173
34.554	Trans-Phytol acetate	-	-	-	0.251	-	-	-	-
35.601	Cis-Ocimene	-	-	-	-	-	-	0.067	-
36.162	Cinnamyl alcohol	-	-	0.086	0.231	-	-	0.099	-
39.844	p-Menth-1-en-9-ol acetate	0.780	0.427	0.193	1.905	0.161	0.547	-	-
40.306	Cinnamyl alcohol	0.174	1.016	0.474	1.727	-	0.656	0.146	0.451
40.831	p-Vinyl guaiacol	-	-	-	-	-	-	0.080	-
41.229	Elemicin	-	-	-	-	-	-	0.146	-
42.650	Myristicin	4.308	2.363	0.359	0.601	-	0.761	5.087	5.903
Total		99.86	96.44	99.72	95.64	99.81	99.71	99.98	99.51

The eight main components were identified in the essential oil obtained from different parts of the plant (fresh or dry). These are α -phellandrene, dill ether, limonene β -phellandrene, carvone, myristicin, p-cymene and α -pinene.

In all plant parts, the major essential oil compound, except dry stem was identified as α -phellandrene (Figure 2A-D). However, the dill ether was detected as the main constituent in dry stem essential oil (Table 1, Figure 2B). The ratio of macro components of essential oil was varied depending on the aerial parts of the dill plants and drying. Our findings are consistent with Saxena et al. (2018), who reported that the distribution of essential oil components varies depending on organs and drying.

In herb, along with drying of the plant material, α -phellandrene, β -phellandrene, dill ether and p-cymene ratios were increased while limonene and carvone ratios were decreased (Figure 2A).

Similar changes were observed between fresh and dry stems as well (Table 1). While α -phellandrene was the main essential oil component of the fresh stems, dill ether was found to be the dominant essential oil compound in dry stems. In dry stems, while the ratio of limonene, β -phellandrene, p-cymene and dill ether were increased, the ratio of α -phellandrene was decreased (Figure 2B). These findings were similar to Kruma et al. (2011) who reported that the major constituent of fresh stems' essential oils was the α -phellandrene while in the dry stems was the dill ether.

When the essential oil constituents of the leaves were investigated, it was found that the ratios of the α -phellandrene and dill ether were higher in the fresh leaves and decreased with drying. Limonene, β -phellandrene and p-cymene ratios were increased with drying (Figure 2C). Some researchers reported that the α -phellandrene was the main component of fresh and dry leaves essential oils and the α -phellandrene ratio of fresh leaves essential oils were varied such as 56.5% (Vera and Ming, 1998), 62.71% (Radulescu et al., 2010), 43.99% (Kruma et al., 2011) and between 47.74-62.49% (Vokk et al., 2011). Our figures for the α -phellandrene were similar to the findings of Radulescu et al. (2010).

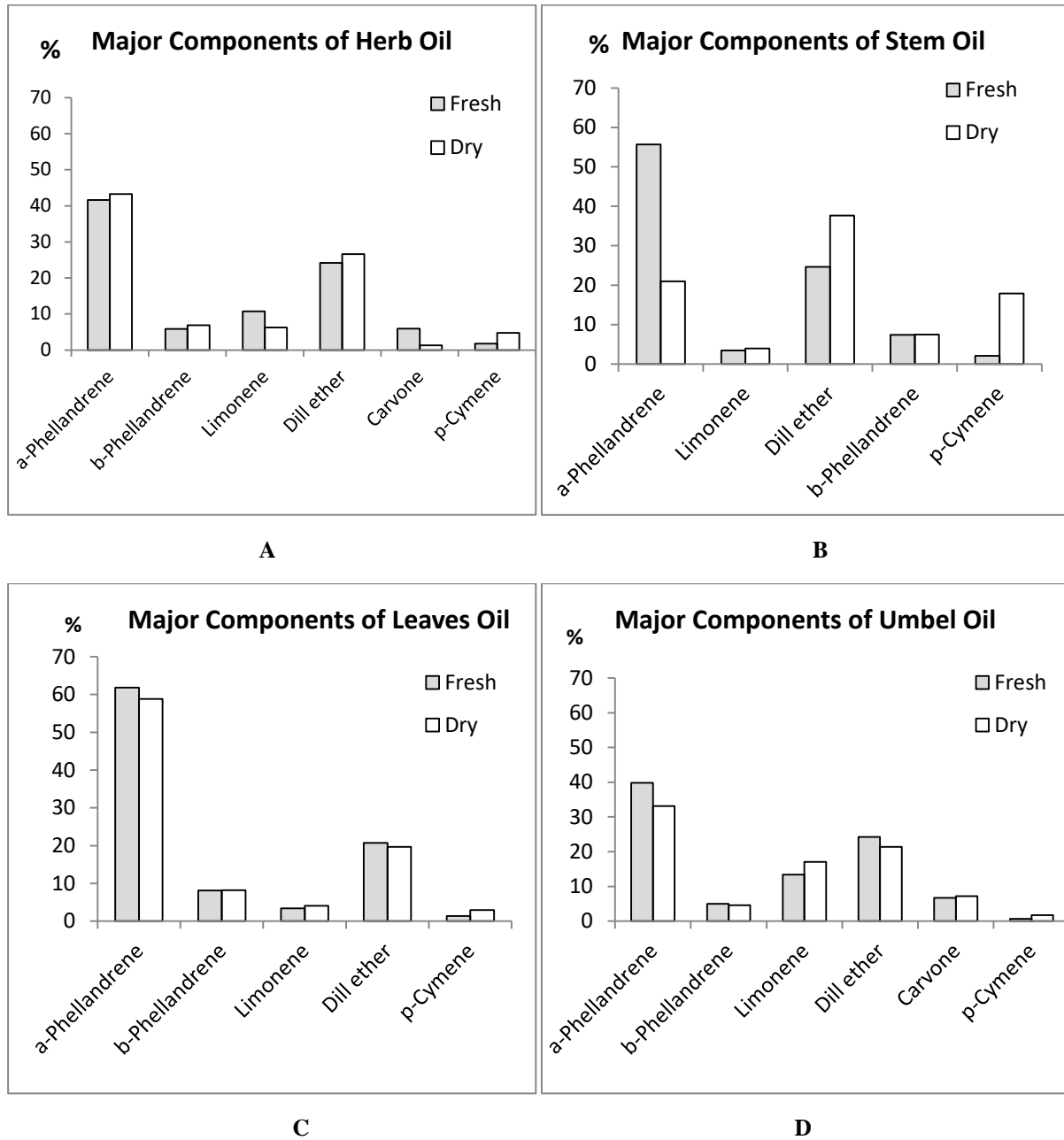


Figure 2. Major components of essential oils from different parts of the fresh and dry dill

In umbels essential oil components, α -phellandrene, β -phellandrene and dill ether ratios were higher in the fresh umbels and decreased with drying. Limonene, carvone and p-cymene ratios were increased with drying (Figure 2D). Our findings of umbels essential oil components were contradicted with Radulescu et al. (2010) who reported that the main component of dry umbels essential oils was the limonene. This may be due to differences in genotype, ecological and growing conditions.

Conclusions

The essential oil components of aerial parts of the fresh and dry dill plants varied according to the organ obtained. The α -phellandrene was determined the main essential oil component of all parts of the plant except the dry stem. In dry stem, the dill ether was found to be the predominant component. The ratio of α -phellandrene, β -phellandrene, dill ether and p-cymene increased, and limonene and carvone ratios decreased with the drying of the herbs. The ratio of limonene and p-cymene increased with drying in the leaves. The carvone was not detected in essential oils of leaves and stems. In contrast, it was detected in the herb which probably comes from the umbels. The high dill ether content in the dry herb was originated from the stem oil. The composition of the dill essential oil can be adjusted to a certain degree using plant parts, depending on the intended use.

Acknowledgment

This study does not require ethics committee approval. The article has been prepared in accordance with research and publication ethics. The authors were contributed jointly to the study and there was no conflict of interest between the authors.

References

- Anonymous, 2011. European Pharmacopoeia 7.0. Determination of essential oils in herbal drugs. European Pharmacopoeia Commission, Volume 1: 241-242.
- Amin, W.M. and Sleem, A.A. 2007. Chemical and biological study of aerial parts of dill (*Anethum graveolens* L.). *Egyptian Journal of Biomedical Sciences*, 23(1):73-90.
- Barandozi, F.N. and Borujeni, F.G. 2014. Application of different fertilizers on morphological traits of dill (*Anethum graveolens* L.). *Organic and Medicinal Chemistry Letters*, 4:1-4.
- Callan, N.W., Johnson, D.L., Westcott, M.P. and Welty, L.E. 2007. Herb and oil composition of dill (*Anethum graveolens* L.): Effects of crop maturity and plant density. *Industrial Crops and Products*, 25(3): 282-287.
- Curabay, B., Filya, I. and Canbolat, O. 2020. Effects of some essential oils on in vitro digestibility, rumen fermentation and methane gas production of alfalfa hay, *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 34(1): 19-35.
- Frąszczak, B. 2009. Comparison of eight dill cultivars grown in containers in different light conditions. *Herba Polonica*, 55(3):76-83.
- Hajhashemi, V. and Abbasi, N. 2008. Hypolipidemic activity of *Anethum graveolens* in rats. *Phytother Res.*, 22: 372-375.

- Hashemzadeh, F., Mirshekari, B., Khoei, F.R., Yarnia, M. and Tarinejad, A. 2013. Effect of bio and chemical fertilizers on seed yield and its components of dill (*Anethum graveolens*). *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(3): 111-117.
- Hosseinzadeh, H., Karemi, G.R. and Ameri, M. 2002. Effects of *Anethum graveolens* L. Seed extracts on experimental gastric irritation models in mice. *J. BMC Pharmacol.*, 2(1): 21-30.
- Huopalahti, R. and Linko, R.R. 1983. Composition and content of aroma compounds in dill, *Anethum graveolens* L., at three different growth stages. *J. Agric. Food Chem.*, 31(3): 331-333.
- Khamssi, N.N. 2014. Influence of water deficit on seed yield and essential oil content of dill (*Anethum graveolens* L.). *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(2): 297-300.
- Kirici, S., Bayram, E., Tansi, S., Arabaci, O., Baydar, H., Telci, I., Inan, M., Kaya, D.A. and Ozel, A. 2020. Tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde mevcut durum ve gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX.Teknik Kongresi, Bildiri kitabı:1, ISBN-978-605-01-1321-1, 505-528.
- Kruma, Z., Galoburda, R., Sabovics, M., Gramatina, I., Skudra, I. and Bicka, I.D. 2011. Aroma composition of microwave vacuum dried dill (*Anethum graveolens* L.) stems. *Procedia Food Science*, 1: 1338-1343.
- Porter, N.G., Shaw, M.L., Shaw, G.J. and Ellingham, P.J. 1983. Content and composition of dill herb oil in the whole plant and the different plant parts during crop development. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 26: 119-127.
- Radulescu, V., Popescu, M.L. and Ilies, D. 2010. Chemical composition of the volatile oil from different plant parts of *Anethum graveolens* L. (Umbelliferae) cultivated in Romania. *Farmacina*, 58(5): 594-600.
- Rana, V.S. and Blazquez, M.A. 2014. Chemical composition of the essential oil of *Anethum graveolens* aerial parts. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(6): 1219-1223.
- Salmasi, S.Z, Golezani, K.G. and Moghbeli, S. 2006. Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). *Turk J Agric For.*, 30:281-286.
- Saxena, S.N., Agarwal, D., John, S., Dubey, P.N. and Lal, G.,2018. Analysis of fennel (*Foeniculum vulgare*) essential oil extracted from green leaves, seeds and dry straw. *International J. Seed Spices*, 8(1): 60-64.
- Stavri, M. and Gibbons, S. 2005. The antimycobacterial constituents of Dill (*Anethum graveolens*). *Phytother Res.*, 19: 938-941.
- Wander, J.G.N. and Bouwmeester, H.J. 1998. Effects of nitrogen fertilization on dill (*Anethum graveolens* L.) seed and carvone production. *Industrial Crops and Products*, 7(2-3): 211-216.
- Valady, A., Nasri, S. and Abbasi, N. 2010. Anti-inflammatory and analgesic effects of hydroalcoholic extract from the seed of *Anethum graveolens* L. *J Med Plants*, 9: 130-124.
- Vera, R.R. and Ming, J.C. 1998. Chemical Composition of Essential Oil of Dill (*Anethum graveolens* L.) Growing in Reunion Island. *Journal of Essential Oil Research*, 10(5): 539-542.
- Vokk, R., Lõugas, T., Mets, K. and Kravets, M. 2011. Dill (*Anethum graveolens* L.) and Parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal Differences in Essential Oil Composition. *Agronomy Research*, 9 (Special Issue II): 515-520.



Farklı Sürelerde Depolanan Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Tohumlarının Karşılaştırmalı Olarak Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi^A

Zeynep DUMANOĞLU^{1*}, Çiğdem SÖNMEZ²

Öz: Modern ve geleneksel tıp alanında tıbbi ve aromatik bitkiler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Türkiye, bulunduğu coğrafi konum ve iklim avantajı sebebiyle bu özelliğe sahip pek çok bitkiye ev sahipliği yapmaktadır. Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) da bu bitkilerden birisidir. Bu araştırma, 2019-2020 yılları arasında laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Kontrollü şartlar altında farklı sürelerde (1, 3 ve 5 yıl) depolanan tıbbi adaçayı tohumları incelenmiştir. Tohumlara ait bazı fiziksel (şekil-boyut, yüzey alan, ortalama aritmetik ve geometrik çap, küresellik ve bin tane ağırlığı) ve fizyolojik (çimlenme oranı ve zamanı) özellikleri belirlenmiştir. Tıbbi adaçayı tohumlarının kısa ve oval bir yapıya sahip olduğu; depolama süresi uzadıkça tohumların genetik özellikleri korunsa da tohumların çimlenme yeteneklerinin düştüğü saptanmıştır. Bu çalışma ile üreticilere ekonomik anlamda tıbbi adaçayı üretimi için tohumlarını 3 yıla kadar değerlendirmeleri önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi ve aromatik bitkiler, Tıbbi adaçayı, *Salvia officinalis* L., Tohum özellikleri, Depolama.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Zeynep DUMANOĞLU, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl, Türkiye, zdumanoglu@bingol.edu.tr [OrcID 0000-0002-7889-9015](https://orcid.org/0000-0002-7889-9015)

² Çiğdem SÖNMEZ, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir, Türkiye, cigdem.sonmez@ege.edu.tr [OrcID 0000-0003-3949-3466](https://orcid.org/0000-0003-3949-3466)

Determination of Comparative Characteristics of Medicinal Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds Stored at Different Periods

Abstract: Medicinal and aromatic plants are used extensively in modern and traditional medicine. Turkey is home to many plants with this feature due to its geographical location and climate. Medicinal sage (*Salvia officinalis* L.) is one of these plants. This research was conducted in a laboratory environment between 2019-2020. Sage seeds stored under controlled conditions for different periods (1, 3 and 5 years) were studied. Some physical (shape-size, surface area, average arithmetic and geometric diameter, sphericity and thousand grain weight) and physiological (germination percentage and time) characteristics of these seeds were investigated. Sage seeds have a short and oval structure; although the genetic characteristics of the seeds were preserved as the storage period was extended, it was determined that the germination ability of the seeds decreased. With this study, it is recommended that producers use their seeds for up to 3 years for the production of sage in economic terms.

Keywords: Medical and aromatic plants, Sage, *Salvia officinalis* L., Seed characteristics, Storage.

Giriş

Günümüzde tıbbi ve aromatik bitkilere olan ilgi günden güne artmaktadır. Coğrafi ve iklimsel özellikleri bakımından avantajlı bir konuma sahip olan Türkiye pek çok tıbbi ve aromatik bitki familyasına ev sahipliği yapmaktadır. Bunlardan biri de Ballıbabagiller ailesi olarak da bilinen Lamiaceae (Labiatae) familyasıdır. Akdeniz bölgesinde doğal olarak yetişebilme yeteneğine sahip yaklaşık 220 kadar cins, 3500'ün üzerinde türden oluşan bu familya (Karpuz, 2012; Dumanoğlu ve Mokhtarzadeh, 2020), Türkiye florasında 45 cins, 565 tür ve 735 takson ile yer almaktadır (Ceylan, 1997; Güner ve ark., 2000). Bu türler içerisinde %52.5 oranında endemik bitkilerde yer almaktadır (Şenkal ve ark., 2012; Yılmaz ve Gokduman, 2015; Katar ve ark., 2018). Bu familyanın bir üyesi olan adaçayı (*Salvia* spp.) Türkiye'de 100'ün üzerinde türü doğal yayılış göstermektedir. Avrupa'da tıp alanında kullanımından dolayı resmen "Tıbbi" adaçayı (*Salvia officinalis* L.) olarak kabul edilen bu bitkinin kültürü yapılmakta ancak doğal floramızda *S. officinalis* L. bulunmamaktadır (Ekren ve ark., 2007). Bitkinin yaprakları, çiçekleri, tohumları ve kökleri vb. pek çok aksamı yaş veya kuru formlarda değerlendirilmektedir (Bayram ve Sönmez, 2006). Antimikrobiyal, antioksidan, antikanser ve anti alzheimer gibi özellikleri sebebiyle ön plana çıkmaktadır (Pavlidou ve ark., 2004; Senel ve ark., 2010; Exarchou ve ark., 2015; Sarrou ve ark., 2016; Bahadırılı, 2020). Uçucu yağlar (drog-herba), ilaç hammaddeleri (boğaz ve solunum rahatsızlıkları, böbrek hastalıkları, mide rahatsızlıkları vb.), baharat, parfümeri ve kozmetik (sabun, krem vb.), peyzaj düzenlemelerinde (süs bitkisi olarak); gıda, meşrubat, dezenfektan ve bitkisel boya sektörlerinde gibi alanlarda değerlendirilmektedir (Baytop, 1984; Pizzale ve ark., 2002; Zeybek ve Zeybek, 2002; Bahtiyarca, 2006; Dob ve

ark., 2007; Bettaieb ve ark., 2009; Bayram ve ark., 2010; Özcan ve ark., 2014; Sönmez ve Bayram, 2017; Karayel, 2019).

Türkiye’de doğal olarak yetişmemesine rağmen kültürü yapılan tıbbi adaçayının yıllara göre üretim miktarı artmakta ancak bazı yıllarda dekar başına alınan verim, mevsimsel faktörlerin etkisine bağlı olarak dalgalanmalar gösterebilmektedir. TÜİK (2020) verilerine göre; 2018 yılında 3 951 da alanda yapılan ekim, 2019 yılında 5 602 da alana yükselmiştir (Çizelge 1). Ancak bu türün pek çok alanda değerlendirilmesi sebebiyle mevcut üretim miktarı yeterli gelmemektedir.

Çizelge 1. Türkiye’deki tıbbi adaçayı üretim miktarları

Yıllar	Ekilen alan (da)	Üretim (t)	Verim (kg/da)
2012	54	7	130
2013	30	4	133
2014	130	129	146
2015	536	80	149
2016	3 681	411	112
2017	4 123	557	135
2018	3 951	428	108
2019	5 602	1 233	220

Kaynak: TÜİK, 2020

Tıbbi adaçayı, yaklaşık 50-100 cm boylanabilen, yarı-çalı formunda, çok dallanabilme yeteneğine sahip, saçak köklü tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Yaprak sapı uzun olmakla birlikte, yaprak uzunluğu yaklaşık 10 cm, genişliği ise yaklaşık 5 cm’dir. Yapraklarının yüzeyi hafif gümüşümsü tüylerle kaplı, farklı formlarda (yumurtaya benzer formdan eliptik forma kadar), çiçekleri ise kümeler halindedir. Sıcak iklim özelliklerini seven bu bitkinin su ihtiyacı mevsimlik yağışlara göre değişkenlik gösterebilmektedir. Tıbbi adaçayı, organik maddece zengin, kireçli toprakları seven bir yapıya sahiptir. Hem vejetatif hem de generatif olarak çoğaltılabilmektedir. Tohumluklar dekara yaklaşık 2.5 kg olacak şekilde ekilebildiği gibi, 0.2-0.3 g olacak şekilde fide haline getirildikten sonra yastıklara da şaşırtılarak dikilebilmektedir (Ceylan, 1997; Sönmez ve Bayram, 2017). Bitkin tohumları ve fidelerin yapılarına göre ekim ve dikim makinelerinden faydalanılarak daha geniş arazilerde yetiştirilmesi mümkündür.

Tohumlar, depolama özelliklerine bağlı olarak uzun süre beklediklerinde canlılıkları düşmekte ve ekonomik anlamda üreticiye katkı sağlayamayacak hale gelmektedir. Bu durum kontrollü şartlar altında dahi yapılsa da tohumlarda su kayıplarına bağlı olarak küçülme, bin dane ağırlıklarında düşüş, hastalık ya da zararlı etkilerinin gözlenmesi vb. yapısal değişiklikler ile karşılaşılabilir. Bu nedenle, üreticiler için tıbbi adaçayı yetiştiriciliğinde kritik olan süre bu araştırma çerçevesinde belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada, ticari olarak oldukça değerli ve pek çok sektörün yoğun bir şekilde kullandığı Tıbbi adaçayının (*Salvia officinalis* L.) kontrollü şartlar altında 1, 3 ve 5 yıl aralıkla depolanması ve sonrasında tohumlarda oluşabilecek değişimlerin karşılaştırmalı olarak belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2019-2020 yılları arasında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı ile Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı ile Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dallarına ait laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalına ait araştırma alanlarında yetiştirilen (38° kuzey enlem başlangıcı ile 27° doğu boylamlarının kesiştiği alanda-Tarla denemesinden) Tıbbi adaçayı (*S. officinalis* L.) tohumları incelenmiştir.

Çalışmada, üç farklı aralık içerisinde hasat edildikten sonra depolanan Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) tohumları incelenmiştir. İlk aralık 2018-2019 yıllarını (Bitki hasadı 2018 yılı; depolama:1 yıllık), ikinci aralık 2015-2018 yılları arasında (Bitki hasadı:2015; depolama:3 yıllık) ve üçüncü aralık 2010-2015 yılları arasında (Bitki hasadı:2010; depolama:5 yıllık) şeklindedir. Ayrıca her üç aralıkta depolanan tıbbi adaçayı tohumları daha sonra 2019 yılında hasadı yapılan tohumlarla da karşılaştırılmış; tohumlara ait bazı fiziksel (şekil-boyut, yüzey alan, ortalama aritmetik çap-geometrik çap, küresellik, bin tane ağırlığı) ve fizyolojik (çimlenme oranı ve zamanı) özellikler belirlenmiştir. Tüm tıbbi adaçayı tohumları hasat sonrasında çimlendirilinceye kadar kontrollü şartlar altında (+4°C soğukluğa sahip, karanlık ortamda, buzdolabında) depolanmıştır. İşlemleri tamamlanan tüm yıllara ait tohumların verileri 2020 yılında bir araya getirilerek değerlendirilmiştir.

Çalışmada, tıbbi adaçayı tohumları tesadüf parselleri deneme desenine göre örneklenmiş, dört tekrarlı olacak şekilde fiziksel ve fizyolojik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler, SPSS v.22 istatistik programına aktarılmış $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde One-Way ANOVA uygulanarak yıllara bağlı olarak depolanan tohumlar arasında önemli bir fark olduğu saptanmıştır. Verilere sonrasında LSD testi yapılarak yıllar bazında tohumların fiziksel ve fizyolojik özelliklerinde oluşan farklılıkları karşılaştırmalı olacak şekilde değerlendirilmiştir.

Tıbbi Adaçayı Tohumlarının Fiziksel Özellikleri

Ürün işleme ve ekim basamaklarında tohumlara ait karakteristik özelliklerden faydalanılmaktadır. Tohumları tanımlayan bu özelliklerden faydalanılarak en az ürün kaybı olacak şekilde uygun alet, makine ve sistemler seçilmektedir. Yağcıoğlu'nun (2015) yapmış olduğu araştırmalara göre Çizelge 2'de tohumların geometrik özellikleri ve Çizelge 3'de tohumların şekil özelliklerinin belirlenmesinde bu kıstaslardan yararlanılmaktadır.

Çizelge 2. Geometrik özelliklerine göre tohumların sınıflandırılması

Tohumların Geometrik Özellikleri	Tane genişliği/Tane uzunluğu (b/a) (mm)
Uzun	0.6
Orta	0.6 - 0.7
Kısa	> 0.7

Tıbbi adaçayına ait tohumlarına rastgele örneklendikten sonra içlerinden 100'er adet seçilmiş ve bu tohumların uzunluk (mm), genişlik (mm) ve yüzey alan (mm²) değerleri stereo mikroskop (Image Focus 4.0 v2.4 yazılımı olan Nexius Zoom marka) kullanarak belirlenmiştir (Dumanoğlu ve Çakmak, 2019; Dumanoğlu ve Geren, 2020). Tohumlara ait bu veriler, 1, 3 ve 5 yıllara ait tohumlar üzerinden belirlenmiş ve daha sonra 2019 yılında hasat edilen tohumlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen tüm tohum ölçüleri 2020 yılında bir araya getirilerek değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Şekil özelliklerine göre tohumların sınıflandırılması

Tohumların Şekil Özellikleri	Uzunluk (a), Genişlik (b), Kalınlık (c) (mm)
Yuvarlak	$a \approx b \approx c$
Oval	$b \approx c > a/3$
Uzun	$a/3 > b > c$

Tohumlardan ait şekil-boyut (mm) özelliklerinden elde edilen değerler kullanılarak ortalama aritmetik çap (mm) ve geometrik çap (mm) değerleri ile küresellik değerleri aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak saptanmıştır (Mohsenin, 1970; Alayunt, 2000; Kara, 2012).

Ortalama Aritmetik Çap:

$$D: (L + W)/2 \quad (1)$$

D: Tohuma ait ortalama aritmetik çap (mm)

L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm)

W: Tohuma ait genişlik değeri (mm)

Ortalama Geometrik Çap:

$$D_o: (L * D^2)^{1/3} \quad (2)$$

D_o: Tohuma ait ortalama geometrik çap (mm)

L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm)

D: Tohuma ait ortalama aritmetik çap (mm)

Küresellik:

$$\Phi: D_o/L \quad (3)$$

Φ: Tohumun küresellik değeri (birimsiz)

D_o: Tohum ortalama geometrik çap (mm)

L: Tohum uzunluğu (mm)

Depolanan tıbbi adaçayı tohumlarının bin tane ağırlıkları dört farklı zaman aralığında (2010-2015-2018-2019 yılları içerisinde) üçer tekrarlı olacak şekilde, sayımları yapılarak (Dumanoğlu ve Mokhtarzadeh, 2020), hassas terazi de (Denver Instrument marka 0.001 g hassasiyetine) tartılmıştır.

Tıbbi Adaçayı Tohumlarının Fizyolojik Özellikleri

Tohumların çimlenme yetenekleri depolanma koşullarına bağlı olarak yıllar içerisinde azalma gösterebilmektedir (Ceylan, 1997). Ancak bazı tohumlar saklama koşullarına bağlı olarak çimlenme yeteneklerini koruyabilmektedir. Her üretim dönemi öncesi o sene ekimi yapılacak olan tohumların çimlenme durumlarının belirlenmesi gerekmektedir. Rastgele olacak şekilde tohum yığını içerisinde alınan örneklerin çimlenme yeteneklerinin belirlenmesi o üretim döneminde üreticinin oluşturacağı plantasyonun homojen olup olmayacağı konusuna dair bilgi vermektedir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde fide ya da çelikle çoğaltma yöntemleri de kullanılmaktadır. Ancak ıslah çalışmalarında bitkilerin tohumdan üretilmesi ve bitkinin genetik yapısının korunması temel noktadır. Bu nedenle, ıslah çalışmaları tamamlanan tohumların tarlaya makineli ekim ile bırakılması ve bu tarımsal işlem sırasında oluşabilecek olumsuzluklar (boşluk veya ikizlenme gibi) ön görülerek, ekici düzen ayarlarının belirlenmesi üreticiler için zaman, tohum, yakıt gibi temel giderlerden tasarruf etmelerini sağlamaktadır (Dumanoğlu, 2016).

Tıbbi adaçayı üretiminde iklim, uzun yıllar yağış ve sıcaklık değişimleri gibi mevsim özellikleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu çalışmada, farklı zaman aralıklarında (1, 3 ve 5 yıl) depolanan tohumların çimlenme özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, 2019 yılında hasat edilen tohumlar ile karşılaştırılmıştır. Tüm tohumlar rastgele olacak şekilde örneklendikten sonra ISTA(2007) kurallarına göre ön soğutma işlemine (+4°C sıcaklıkta yaklaşık 7gün) tabii tutulmuş ve kontrollü şartlar altında (20-30°C sıcaklık, %60 nem, karanlık) 21 günlük çimlendirme işlemine alınmıştır. Günlük olarak gözlenerek kaydedilen tıbbi adaçayı tohumlarının çimlenmeleri için önerilen süre 21 gün olmasına karşın (ISTA, 20027), genel olarak bu tohumların çıkışları 15. günden itibaren sabit bir şekilde devam etmiş herhangi bir değişim göstermemiştir.

Bulgular ve Tartışma

Tıbbi Adaçayı Tohumlarının Fiziksel Özellikleri

Çalışmada farklı yıllara ait tıbbi adaçayı tohumlarının uzunluk (mm), genişlik (mm) ve yüzey alan (mm²) değerlerini incelenmiştir. Tohum ölçülerinin istatistiki olarak önemli farklılıkları olmasına karşın birbirlerine yakın değerler sahip olduğu belirlenmiştir. Ortalama uzunluk değeri 1.447 mm, genişlik değeri 1.239 mm ve yüzey alan değeri 1.840 mm² olarak ölçülmüştür (Çizelge 4). Tüm tıbbi adaçayı tohumlarını uzunlukları açısından incelediğimizde; 5 yıllık depolanan (2010) ve 1 yıllık depolanan (2018) tohumların 2019 yılına ait tohumlar ile istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. Genişlik açısından ise; 5 yıllık depolanan (2010) ile 1 yıllık depolanan (2018) tohumların aynı grupta yer aldığı ve onları 3 yıllık depolanan (2015) tohumların takip ettiği saptanmıştır. Benzer durum yüzey alanda kendini göstermiştir. (Çizelge 4). Bu çalışmada

incelenen *S. officinalis* türüne ait tohumların şekil-boyut açısından elde edilen sonuçları değerlendirdiğimizde, tohumların kısa ve oval yapıya sahip olduğu saptanmıştır. Diğer yandan, yapılan önceki çalışmalarda; Dumanoğlu ve Mokhtarzadeh (2020) *S. hispanica*, *S. tomentosa* ve *S. verticillata* olmak üzere üç farklı *Salvia* türünü incelemiş ve bu türlerin ortalama uzunluk değerlerini sırasıyla 1.023 mm, 1.655mm ve 0.953 mm olarak ölçülmüştür. *Salvia tomentosa* türünün *Salvia officinalis*'e göre daha büyük bir yapıya sahip tohum yapısına sahip olduğu ancak *S. hispanica* ve *S. verticillata* türlerinin geometrik ve şekil açısından aynı olmalarına karşın *S. officinalis* türünden daha küçük yapıda olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. Tıbbi adaçayı tohumlarının uzunluk, genişlik ve yüzey alan değerleri

Yıllar	Uzunluk (mm)		Genişlik (mm)		Yüzey alan (mm ²)	
	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.
2019	1.497 ^a	0.123	1.190 ^c	0.119	1.403 ^{bc}	0.219
2018	1.451 ^b	0.090	1.265 ^a	0.091	1.467 ^a	0.158
2015	1.404 ^c	0.086	1.234 ^b	0.096	1.382 ^c	0.158
2010	1.434 ^b	0.093	1.265 ^a	0.092	1.442 ^{ab}	0.164
Ort.	1.447	0.098	1.239	0.100	1.840	1.007

Kontrollü şartlar altında olmalarına rağmen yıllara bağlı olarak tohum ölçülerinde belirlenen bu değişimler özellikle tohumların elde edildiği yıllardaki iklim ve mevsim değişimlerinin etkili olabileceği düşünülmektedir. Bitkisel üretimde, tohumların ihtiyacı oranında uygun ortam sıcaklığı ve yağış miktarına sahip olmalarının tohum özelliklerinin genetik yapısına da bağlı olarak çevresel koşullardan doğrudan etkilendiği göstermektedir.

Tıbbi adaçayı tohumlarının şekil ve boyut özelliklerinden elde edilen veriler yukarıda verilen eşitlikler kullanılarak ortalama aritmetik-geometrik çap değerleri ile küresellik değerleri hesaplanmıştır. Bu verilere göre, her üç özellikte 3 yıllık depolanan (2015) tohumların istatistiki olarak ayrı bir grup altında değerlendirildiği, 1 yıllık (2018) ve 5 yıllık (2010) tohumların 2019 yılına ait tohumlar ile benzer özellikler gösterdiklerinden aynı grup altında değerlendirilmiştir. Genel olarak yıllar bazında ortalama aritmetik çap değeri 1.343 mm; ortalama geometrik çap değeri 0.880 mm ve ortalama küresellik değeri 0.591 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

Bin dane ağırlıkları belirlenen tıbbi adaçayı tohumlarının kontrollü şartlar altında saklanmalarına rağmen yine de depolanma süresine bağlı olarak yaklaşık %4-10 oranında tohumların bin dane ağırlıklarında düşüşün olduğu belirlenmiştir. Genel olarak tıbbi adaçayı tohumlarının yıllar bazında genel olarak ortalama 8.832 g bin dane ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 5. Tıbbi adaçayı tohumlarının ortalama aritmetik-geometrik çap ile küresellik değerleri

Yıllar	Ortalama Aritmetik Çap (mm)		Ortalama Geometrik Çap (mm)		Küresellik	
	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.	Ort.	Stdv.
2019	1.344 ^a	0.107	0.917 ^a	0.219	0.606 ^a	0.097
2018	1.358 ^a	0.076	0.899 ^a	0.150	0.616 ^a	0.069
2015	1.319 ^b	0.078	0.821 ^b	0.140	0.532 ^b	0.068
2010	1.350 ^a	0.084	0.881 ^a	0.158	0.610 ^a	0.075
Ort.	1.343	0.086	0.880	0.167	0.591	0.077

Dumanoğlu ve Mokhtarzadeh (2020)'nin yapmış olduğu çalışmada incelenen *S. hispanica*, *S. tomentosa* ve *S. verticillata* tohumlarının bin tane ağırlıklarını bu çalışmada kullanılan *S. officinalis* tohumlarını 2019 yılı değerleri ile karşılaştırdığımızda; *S. tomentosa*'nın (7.147 g) bin tane ağırlığına yakın bir değer elde ettiğimiz, *S. hispanica* (1.240 g), tohumlarının ve *S. verticillata* tohumlarının (0.570 g) da daha hafif olduğu saptanmıştır.

Çizelge 6. Tıbbi adaçayı tohumlarının bin tane ağırlıkları

Yıllar	Bin tane ağırlığı (g)	
	Ort.	Stdv.
2019	9.327	0.001
2018	8.920	0.002
2015	8.670	0.001
2010	8.410	0.001
Ort.	8.832	0.001

Tıbbi Adaçayı Tohumlarının Fizyolojik Özellikleri

Farklı yıllar içerisinde hasat edilen ve sonrasında kontrollü şartlar altında depolanan tıbbi adaçayı tohumlarının çimlenme yüzde değerlerini incelediğimizde; tohumların çimlenme yeteneklerinin yıllara bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 7). Ceylan'ın (1997) yapmış olduğu çalışmalar sonrasında, Tıbbi adaçayı bitkisinin %75 ve üzeri çimlenme yeteneğinde değerlendirilmesi konusunda önerilerde bulunmuştur. Tıbbi adaçayı tohumlarının 1 yıllık depolananların (2018) 2019 yılında hasat edilen tohumlara yakın ve yüksek (% 94-95) bir çimlenme yeteneği gösterdiği ancak depolama süresi uzadıkça tohumların çimlenmelerinin düştüğü saptanmıştır. Ceylan'ın (1997) belirttiği gibi ilk yıllara ait tohumlarda çimlenme yeteneği yüksek iken yıllar bazında bu durum azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Tıbbi adaçayı tohumlarının çimlenme yüzde ve zaman değerleri

Tıbbi Adaçayı Tohumları Özellikleri	Yıllar			
	2019	2018	2015	2010
Ortalama Çimlenme Oranı (%)	94	95	66	35
Ortalama Çimlenme Zamanı (gün)	2.567	2.532	2.790	2.796

Sonuç

Bu çalışmada, ekonomik anlamda pek çok sektör tarafından yoğun bir şekilde kullanılan tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bitkisine ait tohumlar incelenmiştir. Farklı yıllar içerisinde 1, 3 ve 5 yıllık depolanan (2010-2015-2018) tohumlar ile 2019 yılında hasat edilen tohumların bazı fiziksel ve fizyolojik özellikleri belirlenmiş ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda, tüm tıbbi adaçayı tohumlarının kısa ve

oval bir yapıya sahip olduğu, depolama süresi 3 yılı geçtikten sonra tohumların çimlenme yeteneklerinde belirgin bir düşüşün olduğu belirlenmiştir. Bu durum ekonomik olarak tohumluk olarak değerlendirilmesi planlanan Tıbbi adaçayı tohumlarının hasattan sonra en fazla 3 ila 4 yıl kadar depolanabileceğini ortaya koymuştur. Bin tane ağırlıklarında da depolama süresi uzadıkça düşüşler ölçülse de çok belirgin bir farka rastlanmamıştır.

Teşekkür Bilgi Notu

Bu çalışmanın yürütülmesinde Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı ve Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dallarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Bu çalışma, araştırma ve etiğine uygun olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadan yürütülmüştür.

Kaynakça

- Alayunt, F.N. (2000). Biyolojik Malzeme Bilgisi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Ders Kitabı, Ege Ün. Ziraat Fak. Yayınları No: 541, İzmir.
- Bahadırılı, N.P. (2020). Economically Important Sage Species from Turkey: *Salvia fruticosa* Mill. and *S. aramiensis* Rech. fil., *Current Perspective on Medicinal and Aromatic Plants*. 3(1): 31-42.
- Bahtiyarca, R.B. (2006). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları, Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve Ülkemizde Kekik Adıyla Bilinen Türlerin Yetiştirme Teknikleri, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. Cilt:15, Sayı:1-2, S:21-30.
- Baytop, T. (1984). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, İstanbul Üniversitesi Yayınları: 3255, İstanbul.
- Bayram, E., Sönmez, Ç. (2006). Adaçayı Yetiştiriciliği, Ege Üniversitesi Tarla Uygulamaları ve Araştırma Merkezi Yayın Bülteni, No:48, ISSN 1300-3518, Bornova/İzmir.
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıllı, S., Telci, I. (2010). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretiminin Olanaklarının Artırılması, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı I, Ankara.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannes, W.A., Kchouk, M.E., Marzouk, B. (2009). Water Deficit Effects on *Salvia officinalis* Fatty Acids and Essential Oils Composition, *Scientia Horticulturae*. 120(2): 271-275.
- Ceylan, A. (1997) Tıbbi Bitkiler II (Uçucu Yağ Bitkileri). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 481s. İzmir.
- Dob, T., Berramdane, T., Dahmane, D., Benabdelkader, T., Chelghoum, C. (2007). Chemical Composition of The Essential Oil of *Salvia officinalis* From Algeria, *Chemistry of Natural Compounds*. 43(4):491-494.

- Dumanoğlu, Z. (2016). Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitki Tohumları İçin Uygun Kaplama ve Pelletleme Yöntemlerinin Belirlenmesi, Ege Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Dumanoğlu Z, Çakmak B. (2019). Tohum Uygulamalarının Soğan (*Allium cepa* L.) Tohumunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 33(1):53-66.
- Dumanoğlu, Z., Geren, H. (2020). An Investigation on Determination of Seed Characteristics of Some Gluten-Free Crops (*Amarantus mantegazzianus*, *Chenopodium quinoa* Willd., *Eragrostis tef* [Zucc] Trotter, *Salvia hispanica* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology.* 8(8), 1650-1655.
- Dumanoğlu, Z., Dönmez, C., Çakır, M.F. (2020). General Characteristics of Seeds of Some Anise (*Pimpinella anisum* L.) Lines and Effects of Film Coating on These Seeds, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)*, 8(1): 46-53.
- Dumanoğlu, Z., Mokhtarzadeh, S. (2020). Türkiye’de Kültürü Yapılan *Salvia* Türlerine (*Salvia hispanica* L., *Salvia tomentosa* Mill. ve *Salvia verticillata* L.) Ait Tohumların Bazı Fiziksel Özellikleri, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi.* 7(3): 596-602.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., Bayram, E. (2007). Farklı Biçim Yüksekliklerinin Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Genotiplerinde Agronomik ve Teknolojik Özelliklere Etkisinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 44(1):55-70.
- Exarchou, V., Kanetis, L., Charalambous, Z., Apers, S. Pieters, L., Gekas, V., Goulas, V. (2015). HPLC-SPE-NMR Characterization of Majör Metabolites in *Salvia fruticosa* Mil. Extract With Antifungal Potential.Relevance of Carnosic Acid, Carnosol and Hispidulin, *Journal of Agric Food Chemical.* 63(2):457-463.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Baser, K.H.C. (2000). Flora of Turkey ve East Aegean Islves Supplement II. Edinburgh Univ, Vol. 11 pp. 618-619.
- International Rules for Seed Testing (ISTA). (2007). International Rules for Seed Testing Book.
- Kara, M. (2012). Biyolojik Ürünlerin Fiziksel Özellikleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 242, Erzurum.
- Karpuz, E. (2012). Hatay’da Yetişen *Salvia verticillata* L. subsp. amasiaca Türünün Fitokimyasal Özelliklerinin ve Antimikrobiyal Etkinliğinin Belirlenmesi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya ABD, Yüksek Lisans Tezi, 62 s., Hatay.
- Karayel, H.B. (2019). Kütahya (Gediz) Yöresinde Yetiştirilen Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Türünün Tohum ve Yaprığında Uçucu Yağ Bileşenlerinin Değerlendirilmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi.* 22 (Ek sayı 1): 1-5.
- Katar, N., Katar, D., Aydın, D., Olgun, M. (2018). Tıbbi Adaçayı’da (*Salvia officinalis* L.) Uçucu Yağ Oranı ve Kompozisyonu Üzerine Ontogenetic Varyabilitenin Etkisi, *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD).* 4(2):231-236.

- Mohsenin, N.N. (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Özcan, I.I., Arabacı, O., Öğretmen, N.G. (2014). Bazı Adaçayı Türlerinde Farklı Tohum Çimlendirme Uygulamalarının Belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2(5):203-207.
- Pavlidou, V., Karpouhtsis, L., Franzios, G., Zambetaki, A., Scouras, Z., Mavragani, TP. (2004). Insecticidal and Genotoxic Effects of Essential Oils of Greek Sage, *Salvia fruticosa* and Mint. *Mentha pulegium* on *Drosophila Melanogaster* and *Bactrocera Oleae* (Diptera Tephritidae). *Journal of Agric Urban Entomol* 21 (1): 39-49.
- Pizzale, L., Bortolomeazzi R., Vichi S., Überegger E., Conte LS. (2002). Antioxidant Activity of Sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and Oregano (*Origanum onites* and *O. indercedens*) Extracts Related to Their Phenolic Compound Content, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(14): 1645–1651.
- Sarrou, E., Martens, S., Chatzopoulou, P. (2016). Metabolite Profiling and Antioxidant Activit of Sage (*Salvia fruticosa* Mill.) Under The İnfluence of Genotpe and Harvesting Period. *Indian Crops Production* 94: 240-250.
- Senel, F.S., Orhan, I., Celep, F., Kahraman, A., Doğan, M., Yılmaz, G., Şener, B. (2010). Survey of 55 Turkish *Salvia* Taxa for Their Acetcholinesterase İnhibitory and Antioxidant Activities. *Food Chemistry* 12: 34-43.
- Şenkal, B.C., İpek, A., Gürbüz, B., Türker, A., Bingöl, M.Ü. (2012). Bolu Ekolojik Koşullarında Yetişen *Salvia officinalis* L. ve *Salvia tomentosa* L. Türlerinin Bazı Önemli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 5(2):38-42.
- Sönmez, Ç., Bayram, E. (2017). The Influence of Different Water and Nitrojen Applications on Some Yield Parametres and Antioxidant Activity in Sage (*Salvia officinalis* L.) *Turkish Journal of Field Cro.*. 22:96-103.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2020). Parfümeri, Eczacılık vb. Alalarda Kullanılan Bitkiler ve Yem Bitkileri Tohumu (1991-2019) (erişim:24.12.2020).
- Yağcıoğlu, A. (2015). Ürün İşleme, Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın No: 517, Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir.
- Yılmaz, D., Gökdoğan, M.E. (2015). Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Bitkisinin Farklı Nem Düzeylerinde Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakülte Dergisi*. 10(1):73-82.
- Zeybek, U. ve Zeybek, N. (2002). Farmasötik Botanik [Kapalı Tohumlu Bitkiler (Angiospermae) Sistematığı ve Önemli Maddeleri], E.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları No:3 Bornova, İzmir.



Bazı Geofitlerin Peyzaj Mimarlığı Tasarımlarında Kullanım Olanakları^A

Füsun ERDURAN NEMUTLU^{1*}, Aysun ÇELİK ÇANGA²

Öz: Türkiye konumu sayesinde üç iklim kuşağının bir arada bulunduğu nadir ülkelerdendir. Bu özelliği, doğal bitki örtüsü açısından bitki çeşitliliğinin çok zengin olmasını sağlamaktadır. Peyzaj mimarlığı tasarımlarında çok önemli yer tutan, soğanlı yumrulu bitkiler olarak adlandırılan "Geofit" ler açısından da zengin bir bölgedir. Bu bağlamda bitkisel tasarımlarda soğanlı bitkiler bahçesi olarak veya ağaç ve çalılarla bir arada kullanımlarında başarılı tasarımlar yapılabilmesi için kullanım ilkelerine dikkat edilmesi ve bitkilerin niteliklerinin ayrıntılı olarak belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada peyzaj mimarlığı çalışmalarında en fazla kullanılan bazı Geofit türleri seçilerek bunların peyzaj özellikleri ve tasarım ilkeleri ortaya konulmuştur. Geofitler, çiçekleri ve yaprak özellikleri ile peyzaj mimarlığı çalışmalarında çok yıllık ve yer örtücü bitki olarak park, bahçe ve rekreasyon alanlarında, özel konut bahçeleri, balkon ve teraslarda, kamusal alanlarda, hatta iç mekanlarda geniş kullanım olanaklarına sahiptirler.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel tasarım, Geofitler, soğanlı yumrulu bitki, peyzaj mimarlığı tasarımı.

The Using Possibilities of Some Geophytes in Landscape Architecture Designs

Abstract: Thanks to its location, Turkey is one of the rare countries where a combination of all three climate zones. This feature makes it rich in plant diversity in terms of natural vegetation. It is also a rich region in terms of "Geophytes", which are called bulbous tuber plants and have a very important place in landscape architecture

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Füsun ERDURAN NEMUTLU, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çanakkale, Türkiye, fusunerduran@gmail.com [OrcID 0000-0002-0104-5994](https://orcid.org/0000-0002-0104-5994)

² Aysun ÇELİK ÇANGA, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa, Türkiye, celikaysun06@yahoo.com.tr [OrcID 0000-0001-5289-2176](https://orcid.org/0000-0001-5289-2176)

designs. In this context, it is necessary to pay attention to the usage principles and to determine the qualities of the plants in detail in order to make successful designs when they are used as a garden of bulbous plants or together with trees and shrubs. In this study, some Geophyte types that are mostly used in landscape architecture studies were selected and their landscape features and design principles were revealed. Geophytes, with their flowers and leaf features, have wide possibilities of use in parks, gardens and recreation areas, private residential gardens, balconies and terraces, public spaces and even indoors as a perennial and ground cover plant in landscape architecture works.

Keywords: Bulbous tuber plants, Geofits, landscape architecture design, planting design.

Giriş

Türkiye’de doğal olarak yetişen 12.000’den fazla bitki taksonu vardır (Güner ve ark., 2012). Bu sayının yaklaşık 800 kadarını Geofit bitkiler oluşturmaktadır (Güner, 2006). “Geofit” terimi ilk defa Danimarkalı botanikçi Christian Raunkier tarafından kullanılmıştır (Ekim ve Koyuncu, 1992). Kelime anlamı olarak Geofit (Geophyta), yer anlamına gelen “geo” ile bitki anlamına gelen “phyta” sözcüklerinin birleşmesi ile meydana gelmiştir ve yer bitkileri ya da gizli bitkiler anlamı taşımaktadır (Akan ve ark. 2005; Avcı, 2005; Güner 2006).

Soğanlı yumru bitkiler olarak da isimlendirilen Geofitler’in gövde yapısı toprak altı organı şeklindedir. Bazıları yaprakları ayrılabilen soğan, bazısı sert patates veya korm, bazısı ise uzamış kök yapısına benzeyen rizom şeklindedir. Toprak altında bulunan tüm bu organlar aslında değişime uğrayarak kök gibi gelişmiş gövdelerdir. Çok yıllık otsu bitki sınıflandırmasında yer alan bu bitkilerin, dünyanın birçok iklim bölgesinde yaşayan örnekleri olması nedeni ile çok farklı kültürleri bulunmaktadır.

Geofitler, Avustralya dışında özellikle Balkanlar, Anadolu ve Kafkasya üzerinde yoğun olarak görülmekte olup, çoğunun kökeni Akdeniz havzasıdır. Türkiye’de ise yaklaşık 40 cins, 700 kadar türü bulunmaktadır ve bunların 162 türü endemiktir (Ekim ve Koyuncu, 1992; Arslan ve ark., 1996; Güner ve ark., 2002; Kılıçaslan ve Dönmez, 2016). Bu zenginlik tarih boyunca çok dikkat çekmiş ve Anadolu’dan Avrupa’ya bir çok Geofit götürülerek kültüre alınmış ve çoğaltılmıştır (Ekim ve ark., 1991; Baytop, 1998; Koyuncu ve ark., 1999; Pavord, 1999; Mathew ve Özhatay, 2001; Grismshaw, 2002; Feran, 2006). Türkiye doğal bitki örtüsünün bu kadar zengin Geofit taxonuna sahip olmasına karşın, süs bitkileri açısından yapılan bilimsel çalışmalar oldukça sınırlıdır. Üretim sektörünün bilimsel çalışmalar ile yeterince bağlantılı olmaması, bu kaynakların tarih boyunca farklı ülkelere kontrolsüzce taşınmasına yol açmıştır. Oysa dünyanın birçok ülkesinde çiçek soğanı üretimi ve satışı gittikçe artmaktadır. Hollanda, iklim ve toprak şartlarının oldukça zor şartlara sahip olmasına karşın, soğanlı bitki ve soğan üretiminde uzun yıllardır pazar payı en büyük ülkedir. Salman ve Wallace (2020)’in çalışmalarında belirttiklerine göre, dünyada çiçek soğanı üretimi yaklaşık 43.000 hektarlık alanda yapılmaktadır. Bu alanlar en fazla; Hollanda (% 53,5), Birleşik Krallık (% 10,9), ABD (% 8,4) ve Çin’de (% 4,7) yer alır. En önemli ticari amaçlı çiçek soğanı üreten ülkeler ise Hollanda, Şili, Brezilya, Yeni Zelanda’dır.

Geofitlerin bitkisel tasarımda kullanım ilkeleri

Peyzaj mimarlığı çalışmalarının ana hedefi, insan ve doğa arasındaki ilişkileri düzenlemek ve bu amaçla bitki materyalini fonksiyonel ve estetik tasarımlarda kullanmaktır. Tasarımcı aynı zamanda bitkisel materyal seçiminde bölge ekolojik isteklerini de göz önünde bulundurmalı ve doğal bitki örtüsünü değerlendirmelidir. Bu bağlamda soğanlı yumru bitkiler doğal bitki örtüsündeki zengin çeşitliliği, görsel nitelikleri ile tasarımcıya çok geniş olanaklar sunmaktadır. Saf/karışık soğanlı türlerden oluşan çok veya tek renkli çiçek parterleri oluşturulabildiği gibi, ağaç ve çalılar ile birlikte çiçek kümeleri tasarlanabilir.

Geofitlerin, gövdelerinin toprak altında olması nedeni ile olumsuz çevre koşullarına dayanıklılıkları yüksektir. Aynı zamanda kış ve erken ilkbahar aylarında ortamda renk etkisi yokken çiçek açmaları, farklı mevsimlerde açan örneklerinin olması ile park ve bahçelerde estetik görüntüler sunmaktadırlar. Yerleşim alanları, parklar ve bahçeler, arboretumlar, bina girişleri, bahçe duvarları, yol kenarları, kaya bahçeleri gibi çok geniş kullanım alanları vardır (Steinegger ve ark.1999; Koyuncu ve Yılmaz, 2000; Özgün, 2002). Bu zengin kullanım olanakları ile soğanlı-yumru bitkiler ortama dekoratif, ilgi çekici bir görünüm ve farklı türlerin arka arkaya dikimleri ile renk çeşitliliği sağlarlar. Çim ile birlikte kullanılan soğanlı-yumru bitkiler ise çiçek açtıklarında alana halı görüntüsü verirler (Öztan, 1996). Bu kullanımlarda bölge doğal bitki örtüsünde yer alan türlerin kültürlerinin dikkate alınması hem bakım hem de ekonomi açısından avantaj sağlayacaktır. Böylece tasarımlar uzun yıllar kalıcı olabilecektir. Bitkilerin her yıl yeni yavrular vermeleri kullanıcılar açısından en cazip özellikleridir. Ayrıca günümüz kısıtlı su kaynakları göz önüne alındığında sulama ihtiyacının minimum olması da çok önemlidir.

Soğanlı-yumru bitkiler aşağıda belirtilen seçenekler ile peyzaj tasarımlarında kullanıldığı zaman görsel olarak çok etkili olmaktadır (Cornwell, 2012):

- **Tek bir çeşit veya renkteki yumru bitkinin toplu olarak dikilmesi:** Kullanılan bitkilerin kültürel nitelikleri aynı olduğundan, bakımı daha kolay olacaktır. Geofitler düzensiz kitlelerde büyürler ve toplu olarak dikildiklerinde daha iyi görünüm sergilerler.
- **Gruplandırılarak dikim:** Laleler veya nergisler gibi ilkbaharda çiçek açan büyük soğanlı grubunda tek bir çeşitten en az on iki, küçük olanlardan ise 50 soğan dikilmelidir. Bir çeşit ve renkten ne kadar çok yumru dikilirse, etkisi o kadar büyük olacaktır. Küçük boyutlu yumrular kaldırımlar, verandalar veya eve giriş yolları boyunca dikilmelidirler.
- **Soğanlı yumru çiçeklerin boylarına göre tasarımı:** Öncelikle bitkilerin açtıkları dönemde ulaşacakları yükseklikler göz önüne alınmalıdır. Tasarımda en arkaya uzun boylular, ön taraflara ise kısa boylular dikilir. Örneğin uzaktan görülebilen uzun *Dahlia*, bahçenin köşesinde, bodur türleri ise sınır elemanı veya yer örtücü olarak kullanılmalı.
- **Küçük bahçelere dikim:** Küçük alanları daha büyük göstermek için tek renkli soğan dikilmesi daha uygundur. Çünkü daha büyük etkiye sahip olacaklardır.

- **Geniş alanlara dikim:** Her bir renk ayrı olarak diğerleri ile kompoze edilmeli, karıştırılmayarak iki veya üç renkli dikim yapılmalı ve tasarım ilkelerine dikkat edilmelidir. Beyaz çiçeklerin koyu renkler ile kontrast yaparak onları ortaya çıkarması gibi.
- **Doğal dikim:** Doğayı soğanlı ekimlerle taklit etme sürecidir. Doğada, geofitler düzenli şekilde büyümür. Çiçekler, manzaraya dağılmış düzensiz kümeler halinde görünür. Çayırarda erken ilkbaharda kendiliğinden açan kardelen, müge, nergis, çiğdem gibi soğanlar vardır. Doğal bir görünümle çimler arasında dikilen soğanlı bahçesi mecburen biçilecektir. Ancak nergislerin yaprakları Haziran ayının sonuna kadar sararmayacağı için iyi bir doğal görüntü yaratacaktır ve biçilmeyen ayrı bir bölüme dikilmelidir. Sonbahar çiğdemi ve *Colchicum* ssp. de geç dönemde bahçelerde doğal çiçekler yaratacaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada marteyal olarak Amaryllidaceae familyasından 8, Iridaceae familyasından 3, Liliaceae familyasından 16, Primulaceae familyasından 1 ve Ranunculaceae familyasından 2 bitki türü seçilmiştir.

Çalışmanın yöntemi, literatür taraması, Geofitlerin önemi ve tasarım ilkelerinin literatür bilgileri ile elde edilmesi, seçilen Geofit türlerinin ekolojik, morfolojik, dendrolojik özelliklerinin araştırılarak, peyzaj mimarlığı çalışmalarında kullanımlarının kolaylaştırılması amacı ile çizelgeler şeklinde analiz edilmeleri ve bu türlerin peyzaj alanlarında kullanım olanaklarının tartışılmasından oluşmaktadır.

Perry, 1974; Schuler, 1983; Ferguson, 1984; Steinegger ve ark. 1999; Ebcioğlu, 2004; Tekin, 2007 çalışmalarında farklı birçok geofit türünün niteliklerini ayrı ayrı ortaya koymuşlardır. Çalışmalarından elde edilen veriler karşılaştırılarak ekolojik koşullara göre en iyi tür seçiminin sağlanmasında kolaylık sağlayabilecek bir tablo ile şablon oluşturulmuştur. Baytop, 1998; Salman ve Wallace 2020; Mathew ve Özhatay 2001 çalışmalarında belirli türler üzerinde derinlemesine çalışma yapmışlar ve verileri tabloda analiz edilmiştir. Koyuncu ve ark., 1999; Akan ve Balos, 2005; Kılıçaslan ve Dönmez 2016 ise çalışmalarında belli bir bölgeye yönelik olarak araştırmalar yapmış ve geofitlerin özelliklerini ayrı ayrı ortaya koymuşlardır.

Bulgular ve Tartışma

Bazı geofitlerin peyzaj tasarımında kullanım olanakları

Geofitler ile ideal bir bitkilendirme çalışması yapabilmek, bu bitki türlerinin doğal yetiştirme ortamlarının, ekolojik isteklerinin, dendrolojik ve morfolojik özelliklerinin, estetik ve işlevsel etkilerinin çok iyi belirlenmesine bağlıdır. Bu doğrultuda bu çalışmada; peyzaj mimarlığı çalışmalarında en yaygın kullanımı olan ve tasarımlarda en fazla ihtiyaç duyulan 5 familyaya ait 30 geofit cinsi seçilerek sistematik sınıflandırmalarına göre sıralanmıştır. Şekil 1'de bu bitkilerin görselleri, Çizelge 1'de familya, tür ve doğal yayılış alanları ile ekolojik istekleri verilmiştir. Çizelge 1'de verilen ekolojik ve morfolojik bilgilerin hazırlanmasında; Perry, 1974; Schuler, 1983; Ferguson, 1984; Brickell, 2003; Ebcioğlu, 2004; Tuzlacı, 2006; Tekin, 2007; Anonim 2012; Anonim 2018;

Anonim 2021a; Anonim 2021b; Anonim 2021c'den yararlanılmıştır. Şekil 1'de çalışma konusu olarak belirlenen türlerin çiçek özellikleri verilmiştir. Buna göre bitkiler görsel açıdan çok etkilidir.

Çizelge 1'e göre çalışma konusu olan bitkiler, çok geniş doğal yayılış göstermektedir. Bu durum bu bitkilerin farklı ekolojilerde peyzaj tasarımlarında kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bitkilerin ışık, sıcaklık, su ve toprak özellikleri detaylı olarak verilerek çizelgede kısaltmaları kullanılmış ve açıklamaları eklenmiştir. Bu özelliklerin yer aldığı sütunlar taranarak bölge ekolojisinde aynı özellikler bir araya getirilebilir. Böylece bitki seçiminin yapılmasında Çizelge 1. kullanılabilir ve ekolojik kriterlerin göz önüne alındığı bir tür seçimi sağlamak kolaylaşabilir. Yani tasarım yapılacak alan güneşe bakmalı, sulama olanağı iyi, kumlu bir toprak özelliğindeyse çizelgeden bu işaretlere sahip türler pratik bir şekilde seçilebilecektir.



Şekil 1. Çalışma konusu olan Geofitler (Anonim 2012; Anonim 2018; Anonim 2021a; Anonim 2021b; Anonim 2021c).

Çizelge 1. Bitkilerin sistematik özellikleri, yayılış alanları ve ekolojileri.

Bitki Sistematigi		Ekolojik İstekleri				
Familya	Bitki Türü	Doğal Yayılışı	Işık	Sıcaklık	Nem/Su	Toprak
Amaryllidaceae	<i>Amaryllis belladonna</i>	T-BIN-GUS	GÜ	S-I	AzS	OMZ-Gr-İG
	<i>Clivia</i> spp.	GAf	YG	S-I	YN-FS	OMZ-İG-EşK-pH 5.5-6.5
	<i>Galanthus elwesii</i>	GDAv-EA-TR-Blk-IR-LB	YG	I-	YN:	OMZ-İG N
	<i>Haemanthus puniceus</i>	GAf	GÜ	I	AzS	OMZ-Gr-İG
	<i>Leucojum</i> spp.	Bav- OAv-KAf	GÜ-YG	I	YN	İG-N
	<i>Narcissus</i> spp.	Av- Kaf	GÜ	I	ON	İG-N
	<i>Sternbergia lutea</i>	GAv-TR-As	GÜ	I-SG	ON-AzS	OrV- İG
	<i>Zephyranthes</i> spp.	Kak- GUS	GÜ	I	DYs	İG-N
Iridaceae	<i>Crocus</i> spp.	GAv-Kf-OD-OAs-BCN	GÜ-YG	SĞ, Min.15 ⁰	AzS	OrV-H-OrN-İG
	<i>Gladiolus</i> spp.	Af-US-Av-TR	GÜ	I- Min.0 ⁰ C	DYs	TK-NTr
	<i>Iris</i> spp.	Kf-TR-DAd	GÜ	YTl	AzS-KD	İG-H
Liliaceae	<i>Allium</i> spp.	CL-Şili-BR-Af	GÜ	13-24 ⁰ C	AzS-KD	D-İG
	<i>Asparagus</i> spp.	KES-IE-GB-KDE-BAvKy	YG	I	AzS	H-Km
	<i>Bellevalia</i> spp.	GAv-GAs-TR	GÜ-YG	SĞ, Min.15 ⁰	AzS	D-İG
	<i>Colchicum</i> spp.	Bas-Av-AdKy-DAf-GAf	GÜ	I	DYs	H-N
	<i>Convallaria</i> spp.	As-Av-KUS	YG	I-D	DYs	Km-B-D-İG-
	<i>Freesia</i> spp.	Af-SD	GÜ	14-18 ⁰ C	DYs	Hf-H-Km
	<i>Fritillaria</i> spp.	IR-TR	YG	13-21 ⁰ C	DYs	Hf-H-K- Ph 6,0-7,5
	<i>Hemerocallis</i> spp.	As-Kf-Hm-CN- JP-KR-GRU-US-CA	YG	I, Min.-5 ⁰ C	DYs	H
	<i>Hyacinthus</i> spp.	IR-TM	GÜ	S	AzS-KD	H-Km-B
	<i>Hosta</i> spp.	KDAs-JP-CN-KR-RU	YG-GL	SĞDY-	DYs	D-İG-H-N
	<i>Kniphofia</i> spp.	T-Af-NZ-KUS-Av	GÜ-YG	I	AzS-KD	OMZ-İG-Km
	<i>Lilium</i> spp.	IN-PH-Av-As-JP-US-CA	YG	I, Max.25 ⁰ C	DYs	OMZ-İG- KZ-OAs
	<i>Muscari</i> spp.	Av-As-US	GÜ-YG	SĞDY	AzS	D-Km
	<i>Ruscus</i> spp.	B ve GAv-KBAf-GBAs-TR	YG-GL	13-21 ⁰ C	AzS-KD	TKy-İG
<i>Scilla</i> spp.	Av-As-Ad-	YG	Min.-15 ⁰	AzS	D	
<i>Tulipa</i> spp.	KZ-IR-GAv-Kaf-TR	GÜ-YG-GL	SĞDY	AzS	OMZ-İG	
Primulaceae	<i>Cyclamen</i> spp.	Av-IR-BG-Kırım-SY-Kf-TR	GÜ-YG	13-16 ⁰ C Min.-20 ⁰	YN-AzS	D- OMZ-İG
Ranunculaceae	<i>Anemone</i> spp.	KUS-JP-Av-TR	GÜ-YG-GL	Min.-15 ⁰ C	DYs	OMZ-İG OAs
	<i>Eranthis</i> spp.	GAv-KIQ-AF-TR	GÜ-YG	Min.-15 ⁰	AzS	D

Kısaltmaların açıklamaları: Ad: Akdeniz bölgesi; Af: Afrika; As: Asya; Av: Avrupa; Blk: Balkanlar; AF: Afganistan; BG: Bulgaristan; BR: Brezilya; CA: Kanada; CN: Çin; CL: Şili; DE: Almanya; EA: Ege Adaları; ES: İspanya; GB: İngiltere; Hm: Himalayalar; IN: Hindistan; IE: İrlanda; IQ: Irak, IR: İran; JP: Japonya; Kf: Kafkaslar; Kırım: Kore, Ky: Kıyılal alan; KZ: Kazakistan; LB: Lübnan; NZ: Yeni Zelanda; PH: Filipinler; RU: Rusya; SD: Sudan; SY: Suriye; T: Tropikal Bölgeler; TM: Türkmenistan; TR: Türkiye, US: Amerika; B: Batı; D: Doğu; G: Güney; K: Kuzey; O: Orta. (Ülke kısaltmasında kodları kullanılmıştır). **Işık İsteği:** GÜ: Tamamen güneş; YG: Yarı gölge; GL: Gölge; S: Sıcak; I: Ilıman ortamlar; SĞ: Soğuk ortamlar; YTl: Her sıcaklığa toleransı yüksek. **Sıcaklık İsteği:** D: Sıcak ve soğuğa duyarlı; SĞDY: Soğuğa ve dona dayanıklı; AzS: Toprak kuru kalmayacak şekilde az su; YN: Yüksek hava nemli; FS: Fazla su; Düzenli sulama; Toprak kuru kalmayacak şekilde az su; ON: Orta derecede nem; DYs: Düzenli yeterli sulama; KD: Kurağa dayanıklı. **Toprak İsteği:** OMZ: Organik madde bakımından zengin; Gr: Gübreli; İG: İyi geçirgen toprak; EşK: Eşit oranlarda turba-yaprak çürüntüsü-gübre-kum karışımı; N: Nemli toprak; OrV: Orta derecede verimli toprak; H: humus bakımından zengin, OrN: orta derecede nemli; TK: Tınlı-Kumlu; NTr: Nötr toprak; Km: Kumlu; D: İyi Drenajlı; B: Balçıklı; KZ: kireçsiz, OAs: orta asidik toprak; TKy: Kayalık, taşlı, çakıllı; Hf: Hafif toprak.

Peyzaj tasarımında geofitlerin en önemli etkileri estetik özellikleridir. Çalışma konusu olan bitkilerin morfolojisi, dendrolojik ve estetik özellikleri (kök, gövde, yaprak, çiçek gibi organlarının ölçü-şekil-renk-doku-kokuları); Perry, 1974; Schuler,1983; Ferguson, 1984; Brickell, 2003; Ebcioğlu, 2004; Tuzlacı, 2006; Tekin, 2007; Anonim 2012; Anonim 2018; Anonim 2021a; Anonim 2021b; Anonim c'den yararlanılarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2'ye göre, çalışma konusu olan geofitler; bitki boyu, çiçeklerinin renk-şekil-güzel koku, çiçekli kalma süreleri, yaprak rengi ve şekli bakımından oldukça çeşitlilik göstermektedir. Bazı cinslere ait farklı türlerde bu özellikler bakımından çeşitlilik çok daha fazladır. Bu durum çalışma konusu olarak seçilen geofitlerin peyzaj tasarımında kullanım olanaklarını artırmakta ve çizelgede belirtildiği gibi kullanım yerlerini de çeşitlendirmektedir. Bunlar; İç ve dış mekan tasarımları, bordürler, balkon-teras düzenlemeleri, kaya bahçeleri, park ve bahçelerde çiçek parterlerinde, çit önleri, taş duvarlar, su kıyıları, ağaç-çalı altları, yerörtücü, kesme çiçek, saksı bitkisi, mezarlık süs bitkisi, erozyon kontrolü, yol kenarları gibi kullanım alanlarına sahiptir. Aynı zamanda bazı türler sebze, tıbbi ve aromatik bitki, kozmetik-parfümeri amacı ile de kullanılmaktadır.

Çizelge 2. Bitkilerin estetik özellikleri ve peyzaj tasarımında kullanım olanakları.

Bitki Türü	Gövde-Kök Niteliği	Estetik Özellikleri						Peyzaj Mim. Kullanımı
		Boyu (cm)	Çiçek Şekli-Kokusu	Çiçek Rengi	Çi.Dönemi - Ay	Yaprak Şekli	Yaprak Rengi	
<i>Amaryllis belladonna</i>	Soğanlı	60-100	7-8 cm, boru şeklinde, iri. <u>HK</u>	Kr-Be-P-So-T	12-6	Şerit	AYe	İM-PB-Br-BT
<i>Clivia</i> spp.	Rizomlu	50-60	Huni	Kr-Oj	12-6	Şerit	Yel	İM-PB-Sak
<i>Galanthus elwesii</i>	Soğanlı	15-20	Armut	Be	12-5	Kılıç	G-Ye	KB-Br
<i>Haemanthus puniceus</i>	Soğanlı	75	Ponpon <u>KK</u>	Kr	7-8	Etli- Kalkan	KYe	KB-ÇP-T-Sak
<i>Leucojum</i> spp.	Soğanlı	10-15; 45-60	Sarkık Çan	Be-P	4-5	Kılıç	AYe	KB- S-Br
<i>Narcissus</i> spp.	Soğanlı	8-40	İri/küçük yuvarlak, katlı, sarkık, <u>HK</u>	Sr-Be-Ye (pembeli taçlı)	3-5	15-75 cm silindirik-şerit	GrY	Br-A-KB
<i>Sternbergia lutea</i>	Soğanlı	10-20	Kadeh	Sr	8-11	Dar mızrak	Ye	KB-Y-Br-KsÇ
<i>Zephyranthes</i> spp.	Soğanlı	10-30	Huni <u>HK</u>	Be-Sr-P-Kr	9-11	Dar şerit	PYe	KB-Br-Sak
<i>Crocus</i> spp.	Soğanlı	7-10	Kadeh, <u>HK</u>	Mv-Be-Sr	4-6, 9-10	Mızrak	Ye çizgili	KB
<i>Gladiolus</i> spp.	Korm	30-150	Başak	Be-Ye-T-Kr-Mr-Mv-Gr-H	6-9	Kılıç	GrY	KsÇ-Br-İM
<i>Iris</i> spp.	Rizomlu	20-45	Sakallı, Sakalsız, Tepeli, <u>HK</u>	Mr-Sr-Mv-Be-H tonları	3-4	Kılıç	Ye	M-PB-ÇP-Br-KB
<i>Allium</i> spp.	Soğanlı	110	Top- <u>Soğan Kokusu</u>	P-Be-Mr	4-6	Silindirik dar şerit	KYe	ÇP
<i>Asparagus</i> spp.	Rizomlu	100-150	Çan	Be	6-8	Dar-İğne	Tüylü AYe	TA-İM-KsÇ
<i>Bellevia</i> spp.	Soğanlı	5-30	Üzüm <u>HK</u>	Be-Ly-Mv	5-6	Kılıç	OrtaGr-Ye	KB- Br-Y- BT

Çizelge 2. (Devamı)

<i>Colchicum</i>	Soğanlı	10-30	Kadeh	Mr-Be-Kr	9-10	Küt uçlu mızrak	AYe	TA-Br-Sak-PB-ÇP
<i>Convallaria</i>	Rizomlu	15-30	Çan, <u>HK</u>	Be	4-5	Geniş mızrak	KYe	KzP-PB-ÇP
<i>Freesia</i> spp.	Soğanlı	45-60	Başak, <u>HK</u>	Be-Sr-T-Kr,Mr tonları-İki renkli	4-7	Kılıç	AYe	KzP-KsÇ-ÇP
<i>Fritillaria</i> spp.	Soğanlı	75-120	Çan- <u>HK</u>	Kr-T-Sr	4-5	Gövdede kiremit dizilişli	Ye	TA-ÇP-PB-KB
<i>Hemerocallis</i> spp.	Rizomlu	40-150	Boru- <u>HK</u>	Sr-P-Mor-Kr-T-H	5-6; 9-11	İnce ve uzun	AYe	KsÇ-BT-Br-S
<i>Hyacinthus</i> spp.	Soğanlı	20-40	Başak- <u>HK</u>	Be-Sr-Kr-Mr-P-Mv	5-6	Kılıç	KYe	KB-Sak-PB
<i>Hosta</i> spp.	Rizom/ Stolonlu	30-60	Çan <u>HK</u>	Be-P-M	6-8	Kalp-Yuvarlak-Oval-Eli	Yel-GrY-Sr-MvY	BT-KsÇ-İM-PB-ÇP
<i>Kniphofia</i> spp.	Rizomlu	50-180	Başak	Sr-T-Kr-Be-Karışık renkli	6-8	Uzun şerit (10-100cm)	Ye	T-A-S
<i>Lilium</i> spp.	Soğanlı	100	Huni-Şapka-Salkım- <u>HK</u>	Be-Sr-T-P-Kr-Mr	5-6	Mızrak	KYe	PB-ÇP-KsÇ-İM-Br-Sak
<i>Muscari</i> spp.	Soğanlı	30- 35	Başak, Salkım <u>HK</u>	Mv-Be-Sr-P	2-5	Dar-Etli	PYe	PB-ÇP-KB-Br-Y-E
<i>Ruscus</i> spp.	Rizomlu Çalimsı	30-100	Küçük yıldız Yaprak üstünde	Kr-Be-Mr	9-4	Oval-Ucu dikenli	KYe	PB-ÇP-KsÇ-KB
<i>Scilla</i> spp.	Soğanlı	30-100	Çan-Yıldız <u>HK</u>	Mv-Be-Pe-Mr-Kr-Ly	2-6	Şerit -Tüylü	PYe	PB-ÇP-A-KB
<i>Tulipa</i> spp.	Soğanlı	10-71	Kadeh Yıldız <u>HK</u>	Kr-Sr	2-5	Uzun mızrak-Etli	AYe	PB-ÇP-İM-KsÇ-Br-BT-A-Çt
<i>Cyclamen</i> spp.	Corm-Yumru	5-20	Peri kanatları Raket	Be-P-Kr- Mor tonları	2-5	Yuvarlak-Kalp	Ye-GrY-AIY	İM-Sak-PB-ÇP-BT-KB
<i>Anemone</i> spp.	Soğanlı	10-30	Fincan-Tabak	Kr-P-Ly-Mr-Be	2-5	Kenarları dişli-Parçalı	KYe	KsÇ-PB-ÇP-KB-Sak-Br-BT-Çt-A
<i>Eranthis</i> spp.	Yumrulu-Rizomlu	10-20	Fincan-Kadeh-Kupa	S-Be	3-4	Dar-Bazal	KYe	Y-P-ÇP-Br-KB

HK: Hoş kokulu; KK: Kötü kokulu; Kr: Kırmızı; Be: Beyaz; P: Pembe; So: Somun; T: Turuncu; Oj: Oranj; Sr: Sarı; Ye: Yeşil; AYe: Açık Yeşil; KYe: Koyu Yeşil; PYe: Parlak Yeşil; GrY: Grimsi yeşil; AIY: Alacalı yeşil; MvY: Mavi yeşil Mv: Mavi; H: Kahve rengi; Gr: Gri; Ly: Leylak

İM: İç Mekan Tasarımı; PB: Park ve Bahçeler; Br: Bordür Bitkisi; BT: Balkon-Teras tasarımı; KB: Kaya Bahçesi Bitkisi; ÇP: Çiçek Parterleri; S: Su Kıyısı; A: Ağaç ve çalı altları; Y: Yer örtücü- KsÇ: Kesme çiçek; Sak: Saksı Bitkisi; M: Mezarlık süs bitkisi; T: Taş duvar; TA: Tıbbi aromatik bitki; KzP: Kozmetik-Parfümeri; E: Erozyon kontrolü; Çt: Çit önleri

Sonuç ve Tartışma

Çalışma konusu olan Geofitler'in doğal yaşam alanları ve ekolojileri çizelgeler ile ortaya konularak birbiri ile karşılaştırılma olanağı ve mekanların niteliklerine göre tasarımda kullanılacak tür belirleme kolaylığı sağlanmıştır. Bu çizelgelerde görüldüğü gibi, Türkiye iklim şartlarında gelişmeye uygun ve peyzaj mimarlığı çalışmalarında kullanım açısından estetik özellikler sergileyen türler seçilmiştir. Bu verilere göre seçilen türler, süs bitkileri sektörü içerisinde ekonomik bakımdan önemli yer tutan Geofitlerdir. Çizelgelerden yararlanılarak çalışma yapılacak bölgenin iklim, toprak ve su özelliklerine göre bitki seçimi yapılması kolaylaştırılmış ve bunların ekolojik, morfolojik ve dendrolojik özellikleri şekil 1 ve çizelge 2'de detaylı olarak belirlenmiştir.

Seçilen türlerin mevsimlere göre birbiri ardından dönüşümlü olarak dış mekanlarda kullanımı ile yıl boyu renk etkisi yaratılabilmektedir. Böylece kentsel dış mekânın sert yüzeyleri yumuşatılarak neşeli ve canlı bir ortam oluşturmaya katkı konulabilir.

Yücesoy ve Çelik Çanga (2019)'nın da belirttiği gibi kentlerin önemli bileşenlerinden olan dış mekânlar, toplumlarda kent kalitesinin göstergesi olarak kabul edilirler. Bu nedenle kent kalitesinin artırılması için, sağlıklı ve estetik bitkisel tasarımlarla dış mekanları donatmak önemlidir. Bu bağlamda geofitler ilkbaharda doğanın canlanışının müjdecisi, yaz aylarının ışıltısının temsilcisi olarak çiçek parterleri veya kümelerinin en önemli elemanlarıdır.

Geofitler, yılboyu etkili olabilen farklı çiçeklenme zamanları, çiçeklerinin uzun ömürleri, çiçek şekil ve renkleri, yaprak özellikleri gibi kendine has nitelikleri ile peyzaj mimarlığı çalışmalarında farklı mekânlar için çok çeşitli kullanım olanakları sunmaktadır. Onlarla yapılan dış mekan düzenlemeleri sürekli canlı, dinamik ve değişebilir özellikte olmakla birlikte, doğal görünümlü bir alan etkisi de yaratmaktadır. Bu nedenle geofitlerin dikilmesinde çiçek açma periyotları dikkate alınmalıdır. Erken ilkbaharda çiçeklenen bir tür bahçede henüz renk etkisi yokken, hatta hiçbir bitki canlanmadan ilgi çekici olacaktır. Ancak çiçekli kalacağı süreye de dikkat edilmelidir. Çünkü çiçeği hızla geçerek alan boş kalabilir. Bu nedenle çok yıllık veya tek yıllık mevsimlik çiçeklerle kompoze edilmeleri başarıyı artıracaktır. Geofitlerin çiçek dönemini takiben alanda renk etkisi yapacak, kış öncesi dikimi yapılabilen hercai menekşe, bodur karanfil, yıldız türleri alana daha önceden dikilebilir. Bu bitkilerin yaz dönemine doğru çiçeklerinin solmaya başlaması ile park veya bahçe alanı sararmaya başlayacak olan soğanlı bitki yaprakları nedeni ile kötü görünecektir. Bu sefer yazlık mevsimlik çiçek olan kadife, ateş çiçeği, zinia, kozmoz gibi bitkiler bu aynı alana dikilirse münavebeli bir dikim ile bahçe tüm yıl boyu etkili bir görüntü sergileyecektir. Ayrıca soğanlı bitkilerin çiçek döneminden sonra soğanlarının toprak içinde dinlenebilmesi ve yavru vermesi için beklemesi gerekir. Bu dönemde sararan yapraklar ile pek hoş bir görüntü oluşamayacağı için, soğanlılar başka bir alanda dinlenmeye alınmalı, üretilerek gelecek dönem dikime hazırlanmalıdır. Ancak yaz döneminde çiçek etkisi bulunan *Hemerocallis*, *Lilium*, *İris*, *Dahlia* gibi, dolgun yapılı ve uzun boylu yumrulu bitkiler bu parterlerin arka sırasında yer alabilirler. Bunların solacak yapraklarının gizlenmesi için bodur çalı veya yer örtücü, kekik, adaçayı gibi bitkiler kullanılarak tüm yıl sökülmeden bakımları kolaylaştırılabilir. Ayrıca sonbahar döneminde açan soğanlı bitkiler de çiçek parterlerinde bu türleri takip edebilirler. Böylece alan, tüm yıl boyu renkli, ilgi çekici ve estetik olabilecektir.

Küçük çiçek parterlerinde de soğanlı yumrulu bitkiler çok yıllık bodur türler olan, *Ajuga*, *Myosotis*, *Bellis* ve *Hosta* kompoze edilebilir. Renk ögesi açısından sıcak (kırmızı, sarı, turuncu) ve soğuk (mavi, mor, yeşil) renklerin duygusal etkisi dikkate alınmalıdır. Küçük mekanlarda sıcak renkler göze yakın dikilmeli, uzağa dikildiğinde mesafe kısalacağından bahçe daha da küçülür ancak bahçenin uzak bir bölümünü odak noktasına getirmede etkilidir. Soğuk renkli çiçekler ise daha uzakta görünecektir ve bahçeyi büyük gösterecektir. Soğuk renkli çiçekler, bir avlu yakınında veya bir kaldırımın yanında çok etkilidir (Cornwell, 2012).

Teşekkür Bilgi Notu

Bu çalışma, araştırma ve etiğine uygun olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadan yürütülmüştür.

Kaynakça

- Anonim 2012. <http://en.wikipedia.org/wiki> 8.02.2012
- Anonim 2018. <http://www.amaryllis.com> (Erişim: 8.02.2018)
- Anonim 2021a. <https://tr.wikipedia.org/wiki> (Erişim: 23.02.2021)
- Anonim 2021b. http://www.tarimziraat.com/peyzaj_bitkileri/klivya_clivia_miniata/klivya/(8.02.2021)
- Anonim 2021c. <https://www.botanikmarket.org/kategori/soganli-ve-rizomlu-bitkiler> (Erişim: 12.01.2021).
- Akan, H., Eker, İ. ve Balos M.M. 2005. *Şanlıurfa'nın nadide çiçekleri (Geofitler)*. Şanlıurfa Belediyesi Kültür Yayınları, ISBN: 9752706096, Türkiye, 95 s.
- Arslan, N., Ekim, T. ve Koyuncu, M. 1996. Development on conservation and propagation of natural howerbulbs in Turkey. 7 th International Symposium on Flowerbulbs, 10 March 1996, Herzliya, Israil.
- Avcı, M. 2005. Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13: 43-44.
- Baytop, T. 1998. *İstanbul lalesi*. T.C. Kültür Bakanlığı, ISBN: 9751710200, Ankara, Türkiye, 66 s.
- Brickell, C. 2003. *A-Z Encyclopedia of garden plants*. The Royal Horticultural Society, Dorling Kindersley Limited, ISBN 0-7513-0303-8, London, UK, 1080 p.
- Cornwell, R. 2012. *Using bulbs in the landscape*. University of Illinois, Extension Educator, USA, <http://urbanext.illinois.edu/bulbs/landscaping.cfm>. (Access: 27.05.2017).
- Ebcioğlu, N. 2004. *Bir yıllık ve çok yıllık bahçe çiçekleri*. Remzi Kitabevi A.Ş., ISBN 975-14-0955-1, İstanbul, Türkiye, 176 s.
- Ekim, T., Koyuncu M., Güner A., Erik S., Yıldız B. ve Vural M. 1991. *Türkiye'nin ekonomik değer taşıyan geofitleri üzerinde taksonomik ve ekolojik araştırmalar*. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, O.G.M. Eğitim Dairesi Başkanlığı Yayın ve Tanıtma Şube Müdürlüğü Matbaası, Ankara, Türkiye. ISBN 975-407-007-5: 11-13.
- Ekim, T. ve Koyuncu, E. 1992. Türkiye'den ihraç edilen çiçek soğanları ve koruma önlemleri. II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 5-7 Kasım 1992, Ankara, s.42-47.
- Feran, A. 2006. Van ve Yakın Çevresindeki Rizomlu İrislerin (*Iris Spp.*) Peyzaj Mimarlığı Bitkilendirme Çalışmalarında Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.

- Ferguson, N. 1984. *Right Plant Right Place*. (Ed: Fred Wc Gourty). Brooklyn Botanic Gardens, New York. ISBN: 0-671-52396-1, 292p.
- Grimshaw, J. 2002. *The Gardener's atlas*. ISBN: 1-55297-673-4, USA. 224p.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. and Baser, K. 2002. *Flora of Turkey and east aegean islands*. XI volumes, ISBN: 0 7486 1409 5, Edinburgh Un. Press, Edinburgh. 656p.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M.T. 2012. *Türkiye bitkileri listesi damarlı bitkiler*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmalı Derneği Yayını, Flora Dizisi 1, İstanbul, Türkiye.
- Güner, H. B., 2006. İstanbuldaki Botanik Bahçelerinde Yetişen Türkiye Geofitlerinin Envanteri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Kılıçaslan, N. ve Dönmez, Ş. 2016. Göller bölgesinde doğal olarak yetişen soğanlı bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. *Turkish Journal of Forestry* (Türkiye Ormancılık Dergisi), 17(1): 73-82.
- Koyuncu, M., Demirkus, N., Kaya, A. ve Aziret, A. 1999. Van çevresi Geofitleri üzerine floristik bir araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Araştırma Fonu (EF 97030 Nolu Proje, basılmamış): 111-126.
- Koyuncu, M. ve Yılmaz, O. 2000. Peyzaj mimarlığında doğal Geofitlerden yararlanma. 2000'li Yıllarda Yaşadığımız Çevre ve Peyzaj Mimarlığı Sempozyumu Bildiriler Kitabı: 145.
- Mathew, B. ve Özhatay, N. 2001. *Türkiye'nin sıklamenleri*. The Cyclamen Society Yayını. Londra.
- Özgün, G. 2002. Doğal Tek Yıllık Otsu Türlerin Kentsel Yeşil Alanlarda Kullanım İlke ve Seçenekleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Öztan, Y. 1996. Geofit nedir? *Maison Française Dergisi*, İstanbul: 150-155.
- Pavord, A. 1999. *The tulip*. Bloomsbury Publishing, London, UK, ISBN: 0747542961. 439p.
- Perry, F. 1974. *Complete guide to plants and flowers*. Simon and Schuster. (Edit. Arnoldo Mondadori), Milano, Italy, ISBN 0-671-22247-3 Pbk, 522p.
- Salman, A. and Wallace, M.Y. 2020. Floristic properties of different commercial Tulip varieties under the ecological conditions of Bayındır. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.*, 34 (ÖzelSayı): 319-326.
- Schuler, S. 1983. *Garden flowers*. Simon and Schuster, Milano, Italy, ISBN: 0-671-46674-7, 511p.
- Steinegger, D., Streich, A. and Janssen, D. 1999. *Spring flowering bulbs*. Nebraska Cooperative Extension, G79-428-A.
- Tekin E. 2007. *Türkiyenin en güzel yabancı çiçekleri*. 1.Cilt, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, ISBN: 9789754586282. 664 s.
- Tuzlacı, E. 2006. *Türkiye bitkileri sözlüğü*. Alfa Yayınları, 9786051063614. 1294 s.
- Yücesoy, N. ve Çelik Çanga, A. 2019. Tema Parkları ve Bursa Odaklı Park Temalarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (2): 249-263.



Niğde İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İncelenmesi^A

Yaşar Serhat SAYGILI^{1*}, Bülent ÇAKMAK²

Öz: Bu çalışmada, Niğde ilinin 2004 – 2019 yılları arasındaki tarımsal mekanizasyon düzeyinin değişimi incelenmiştir. Çalışmada Niğde ilinin tarımsal alanları ile traktör ve tarım makineleri istatistiksel verileri kullanılmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi için traktör sayısı, güç dağılımı ve tarımsal üretim alanlarının değişimi dikkate alınmıştır. Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde; bir traktöre düşen tarım alanı (ha traktör⁻¹), 1000 hektar tarım alanına düşen traktör sayısı (adet 1000 ha⁻¹), birim alana düşen traktör gücü (kW ha⁻¹) ve ortalama traktör gücü (kW) verileri kullanılmıştır. Niğde ili tarımsal mekanizasyon düzeyi ve tarım makineleri sayıları açısından gelişmiştir. Bu gelişmeye göre 2019 yılı tarımsal mekanizasyon düzeyine ait veriler; bir traktöre düşen tarım alanı 15,42 ha traktör⁻¹, 1000 hektar tarım alanına düşen traktör sayısı 64,84 adet, birim alana düşen traktör gücü 1,77 kW ha⁻¹ ve ortalama traktör gücü 36,61 kW olarak hesaplanmıştır. 2019 yılı Türkiye tarımsal mekanizasyon verilerinin ortalaması ise sırasıyla 17,05 ha traktör⁻¹, 58,66 traktör 1000 ha⁻¹, 2,09 kW ha⁻¹ ve 36,25 kW'tır. Niğde ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyi verileri Türkiye ortalama verileri ile karşılaştırıldığında bir traktöre düşen tarım alanı ve birim alana düşen traktör gücü verilerinde Türkiye ortalamasının altında, birim alana düşen traktör sayısı ve ortalama traktör gücü verilerinde ise Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Niğde, traktör, tarım makineleri, tarımsal mekanizasyon durumu.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Yaşar Serhat SAYGILI, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampüs, 51240, Niğde, Türkiye, serhatsaygili@ohu.edu.tr, [OrcID 0000-0001-6974-3820](https://orcid.org/0000-0001-6974-3820).

² Bülent Çakmak, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampüs, A Blok Zemin Kat, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye. bulent.cakmak@ege.edu.tr. [OrcID 0000-0002-3587-0933](https://orcid.org/0000-0002-3587-0933).

Investigation of the Agricultural Mechanization Level of Niğde Province

Abstract: In this study, the change in the agricultural mechanization level of Niğde province between 2004 and 2019 was examined. In the study, statistical data of agricultural lands, tractors and agricultural machines of the province of Niğde were used. To determine the agricultural mechanization level, the number of tractors, power distribution and change of agricultural production areas were considered. In determining and evaluating the level of agricultural mechanization; agricultural area per tractor (ha tractor^{-1}), number of tractors per 1000 hectares of agricultural land (unit 1000 ha^{-1}), tractor power per unit area (kW ha^{-1}) and average tractor power (kW) were used. The province of Niğde has developed in terms of the level of agricultural mechanization and the number of agricultural machinery. According to this development, the data on the agricultural mechanization level in 2019; The agricultural area per tractor is $15.42 \text{ ha tractor}^{-1}$, the number of tractors per 1000 hectares is 64.84 unit, the tractor power per unit area is 1.77 kW ha^{-1} and the average tractor power is 36.61 kW. The 2019 data is the average of Turkey's agricultural mechanization, respectively $17,05 \text{ ha tractor}^{-1}$, 58.66 tractor unit per 1000 ha, 2.09 kW ha^{-1} and 36.25 kW. The mechanization level of Niğde province compared to the mechanization level of Turkey, the agricultural area per tractor and the tractor power per unit area data are lower, the tractor per unit area and the average tractor power data are higher than Turkey's level.

Keywords: Niğde, tractor, agricultural machinery, agricultural machinery status.

Giriş

Dünyada ve ülkemizde artan nüfusla birlikte, insanın en temel ihtiyacı olan gıda maddelerine talep de agresif bir eğilimle artmaktadır. Tarımsal üretimin gerçekleştirildiği alanların beklenen düzeyde artmaması ve artan ihtiyacın konvansiyonel yöntemlerle karşılanamama durumu birim alanda üretilen ürün miktarın farklı ve yeni yöntemlerle arttırılması zorunluluğunu getirmiştir. Birim alandan elde edilen ürün miktarının arttırılması ise ancak modern tarım tekniklerinin ve teknolojilerinin kullanılması ve yaygınlaşması ile mümkündür. Günümüzün modern tarımsal teknolojileri; toprak-su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi, kaliteli tohumluk kullanımı, etkin ve hedefe yönelik gübreleme, akıllı sulama, çevreye duyarlı tarımsal mücadele ve modern tarımsal mekanizasyon uygulamalarından oluşmaktadır (Bal ve Altuntaş, 2018). Tarımsal mekanizasyonda yeni tarım teknolojilerinin uygulanması; girdilerin etkin kullanımının sağlanması ve verimliliğin arttırılması açısından çok büyük bir öneme sahiptir (Altıkat ve Çelik, 2009).

Tarımsal üretimde makine kullanım oranının artması, iş gücüne olan gereksinimi azaltacağı gibi girdi maliyetlerinin düşürerek karlılığın artmasını ve verimliliğin yükselmesini sağlayacaktır. Ülkemizde tarımsal mekanizasyon düzeyi bölgeler bazında incelendiğinde, bölgelerin mevcut ekonomik şartları ve teknik koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Tarımsal üretimde kullanılan temel güç kaynağı traktördür (Altıkat ve Çelik, 2009). Bu sebeple, bölgelerin tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan en önemli

ölçüt; birim alana düşen traktör gücü (kW ha^{-1}) olmaktadır. Bu ölçütü, mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan 1000 hektar başına düşen traktör sayısı ($1000 \text{ ha traktör}^{-1}$) ve hektar başına düşen traktör sayısı (ha traktör^{-1}) izlemektedir. Bu ölçütlerin tamamı tarımsal mekanizasyon düzeyini ortaya koymaktadır (Koçtürk ve Onurbaş Avcıoğlu, 2007).

Ülkemizdeki tarımsal mekanizasyon düzeylerinin belirlenmesi amacıyla; Türkiye genelinde, farklı bölgelerde, il ve ilçe düzeyinde birçok araştırma yapılmıştır. Teknolojik gelişmeler ve ortaya çıkan yeni tekniklerin tarımsal üretimde kullanımının artması sonucu verilerin güncellenmesi amacıyla bu tür araştırmalar yapılmaya devam etmektedir (Işık ve ark., 2003; Kasap ve Özgöz, 2006; Cankurt ve Miran, 2010; Özgüven ve ark., 2010; Demir ve Öztürk, 2011; Gökdoğan ve Bayhan, 2011; Gürsoy, 2013; Eryılmaz ve ark., 2014; Altuntaş, 2016; Duran ve Ünal, 2016; Aslantürk ve Altuntaş, 2018; Yılmaz ve Sümer, 2018, Malaslı ve ark., 2019). Bu çalışmada da Niğde ili özelinde tarımsal mekanizasyon düzeyi ve tarım makinesi varlıkları incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Niğde ili 7312 km^2 'lik yüz ölçümüyle Türkiye yüz ölçümünün %0,93'ünü oluştururken, tarım alanları dikkate alındığında bu oran %1,19'a yükselmektedir (TUİK, 2020). Niğde ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 344 mm 'dir ve en yağışlı mevsim aralık ve mayıs ayları arasındadır (MGM, 2020a). Türkiye yıllık ortalama yağış miktarı $632,7 \text{ mm}$ 'dir ve Niğde ili mevcut yağış değeri ile Türkiye ortalamasının yarısı kadar yağış alabilmektedir (MGM, 2020b). Tarım alanlarının nicel olarak yeterli olmasına karşın yeterli yağış alamaması ve su kaynaklarının azlığı nedeniyle yaygın olarak kuru tarım yapılmaktadır (MGM, 2020c, NİTSO, 2020). Teknolojik gelişmeler ve son yıllarda yapılan yatırımlarla sulanabilir tarım arazilerindeki artışının sağlanması, üretilen ürünlerde çeşitliliğin artmasına ve mekanizasyon uygulamalarının çeşitlenmesine ve bazı makinelerin ve sistemlerin tercih edilmesine yol açmıştır (KOP, 2020a; KOP, 2020b; KOP, 2020c). Çalışma, Niğde ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin ve tarım makineleri varlığının son on beş yılda nasıl bir değişime uğradığını ortaya koymaktadır.

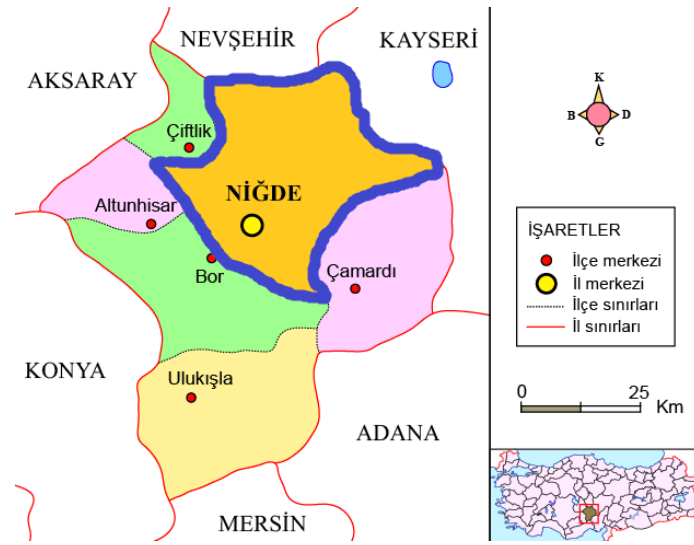
Materyal ve Yöntem

Çalışmanın materyalini Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan 2004-2019 yılları arasında Niğde ilinin traktör ve tarımsal mekanizasyona ait istatistik verileri oluşturmaktadır. Araştırmada Niğde iline ait tarım alanları, mevcut traktör durumu ile tarım alet ve makinelerinin (toprak işleme makineleri, ekim-dikim ve gübreleme makineleri, bitki koruma makineleri, hasat ve harman makineleri, sulama makineleri ve sistemleri) nicel değerleri ele alınmıştır. Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde, birim alana düşen traktör gücü (kW ha^{-1}), 1000 ha alana düşen traktör sayısı (adet 1000 ha^{-1}) ve bir traktöre düşen toplam alan (ha traktör^{-1}) kriterleri kullanılmıştır (Çelik ve ark., 2002; Işık ve ark., 2003; Altıkat ve Çelik, 2011; Lüle ve ark., 2012; Sağlam ve Kuş, 2016). Bu değerlerin hesaplanmasında; toplam tarım alanı, traktör sayısı ve ortalama traktör güç büyüklüğü verilerinden yararlanılmıştır

Bulgular ve Tartışma

Niğde İlinin Tarım Alanları Toplamı

Niğde ili, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinin güneydoğusunda ve Kapadokya bölgesinde yer alan merkezi Niğde kenti olan idari birimdir (Şekil 1). Rakımı 1229 ve 7312 km² alana sahip olan Niğde ilinin, 2019 yılı sayımlarına göre genel nüfus toplamı 364.707'dir. Tarımsal üretim Niğde ilinde 1.derecede geçim kaynağını oluşturan bir sektördür. Tarımın, ilin ekonomisindeki katkı oranı %38'dir.



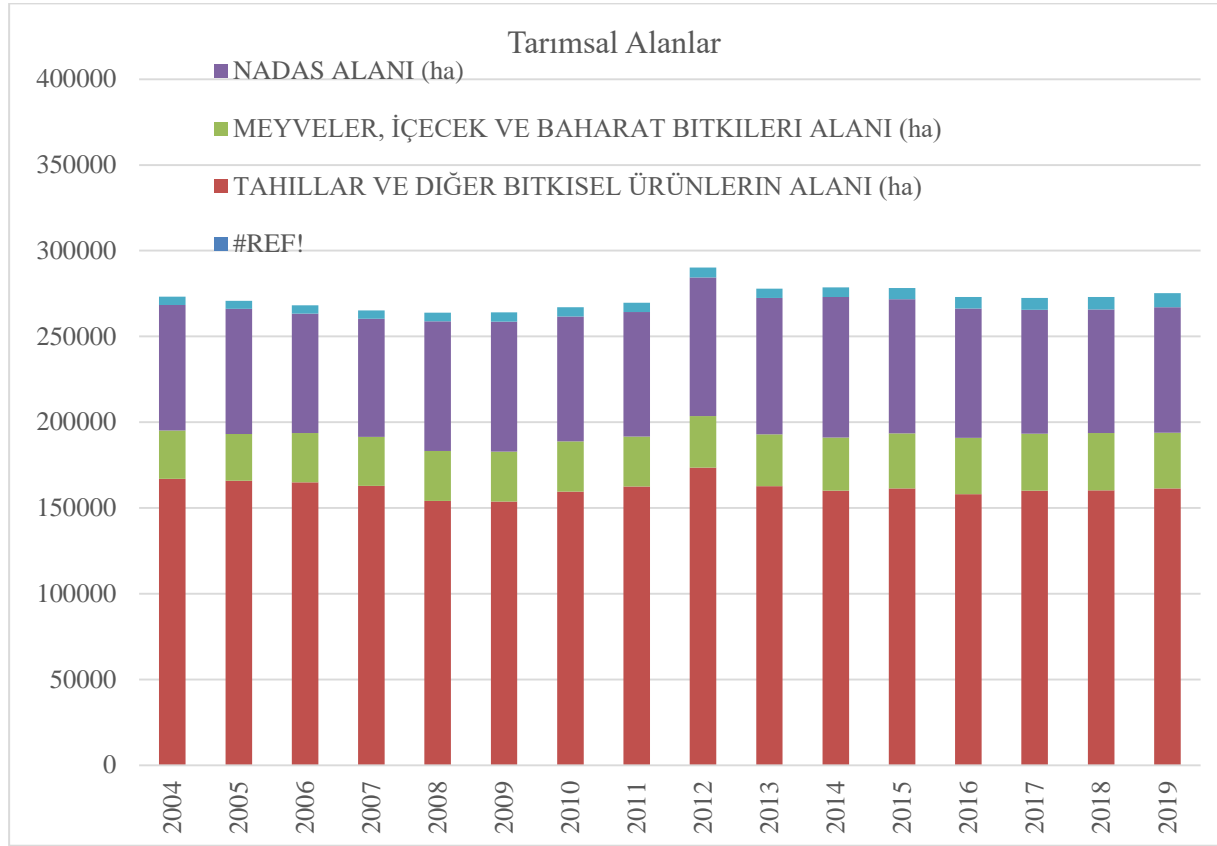
Şekil 1: Niğde ili ve ilçeleri <Anonim,2020>

Niğde ilinin tarımsal üretim alanları göre üretim alanları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de de görüldüğü gibi 2019 yılında Niğde ilindeki tarımsal üretim için kullanılan toplam alan 275.268 ha'dır (TUİK,2020). Niğde ilinde toplam tarım alanı içerisinde 161424 ha (%58,64) ile tarla bitkileri alanı ilk sırada yer alırken 8220 ha (%2,99) ile sebze yetiştirilen alanlar son sırada yer almaktadır. Son 15 yılın verileri incelendiğinde toplam tarım alanlarının %0,78 oranında arttığı görülmektedir. Toplam tarım alanları içerisinde tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin yetiştirildiği alanlarda %3,34 azalma görülürken nadasa bırakılan alanlar aynı kalmıştır. Meyveler, İçecek ve baharat bitkileri yetiştirilen alanlar ve Sebze yetiştirilen alanlarda da sırasıyla %15 ve %73,82 oranında artış görülmüştür.

Çizelge 1. Niğde ili tarım alanları dağılımı <TÜİK,2020>

Yıl	Tarım alanları (ha)				
	Toplam	Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler	Meyveler, içecek ve baharat bitkileri	Nadas	Sebze
2004	273120	166994	28150	73247	4729
2005	270833	165834	27269	72988	4742
2006	268234	164946	28691	69740	4857
2007	265133	162838	28625	68821	4849
2008	263805	154209	28962	75586	5048
2009	264010	153699	29207	75810	5294
2010	267090	159488	29400	72753	5449
2011	269725	162477	29119	72578	5551
2012	290269	173522	29974	80986	5786
2013	277936	162647	30210	79545	5534
2014	278658	160065	30924	81961	5708
2015	278310	161432	32038	78248	6592
2016	272982	158082	32802	75418	6681
2017	272537	160152	33075	72269	7041
2018	273081	160302	33403	71980	7395
2019	275268	161424	32372	73252	8220
15 yıllık Oransal Değişim	%0,78	-%3,34	%15	%0,01	%73,82

Niğde ilinin tarımsal alanların ve üretilen ürün çeşitlerine göre dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir. 15 yıllık dağılıma baktığımızda itibaren 2012 yılında en yüksek tarımsal üretim alanlarına ulaşıldığı ve diğer yıllarda bu değerlerin altında bir üretim alanına sahip olduğu görülmektedir. Üretilen ürünlerin çeşitleri incelendiğinde ağırlıklı olarak tahılların ve diğer bitkisel ürünlerin üretildiği ve nadasa bırakılan alanların çoğunlukta olduğu görülmektedir.



Şekil 2: Niğde ili Tarımsal alanların ve üretilen ürün çeşitlerinin yıllara göre değişimi

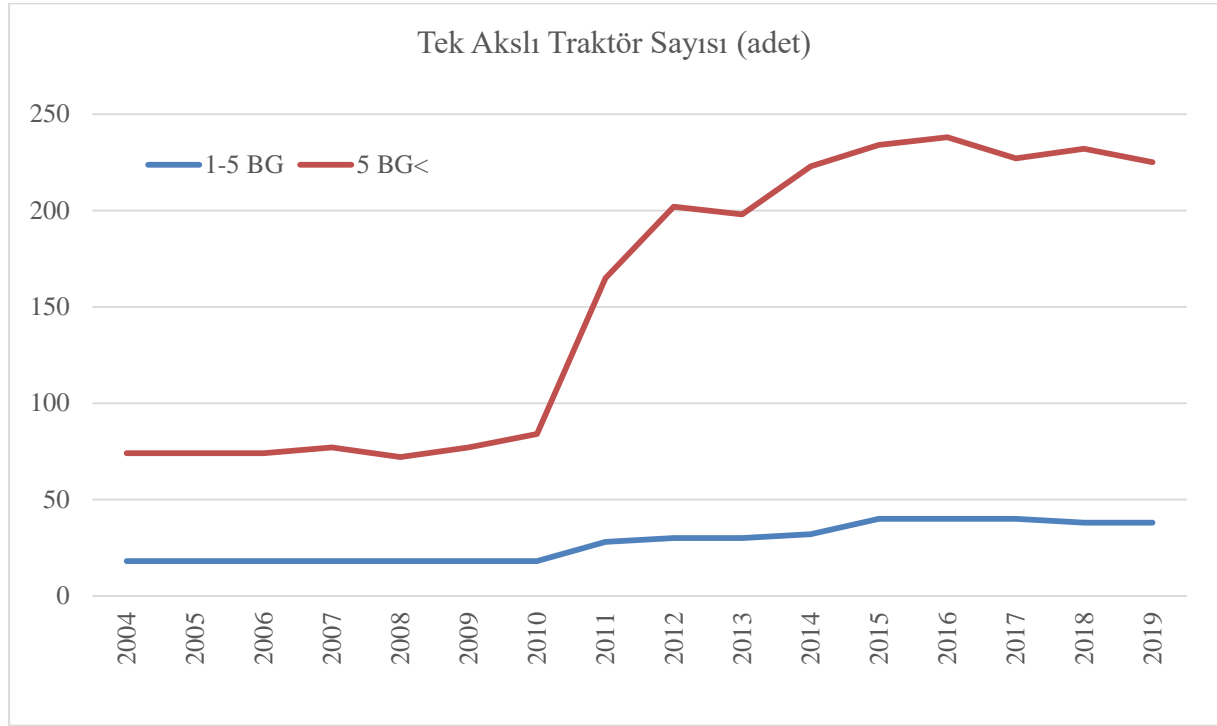
Niğde İlinin Traktör Parkı Varlığı

Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan traktörlere ait veriler Çizelge 2’de verilmiştir. Niğde ilinin traktör park varlığındaki artış %29’dur. Bu değer %34 olan Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Ancak tek akslı 5 BG üzerindeki traktör sayısındaki yaklaşık 2,5 kat artış ve çift akslı 1-10 BG arasındaki traktörlerdeki 5 kat artış Niğde ilinde daha çok küçük parsellerde tarımın yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durumun bir diğer destekleyicisi de tarımsal üretim için kullanılan toplam tarım alanında sebze üretim alanının artışıdır. Ayrıca 50 BG üzerindeki traktörlerin sayısındaki artışlar da üretim desenlerinde farklılıklar oluştuğunun ve bu değişim sonucunda daha yüksek güçte traktöre gereksinimin bir göstergesidir.

Çizelge 2. Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan traktörler ve dağılımı <TUİK,2020>

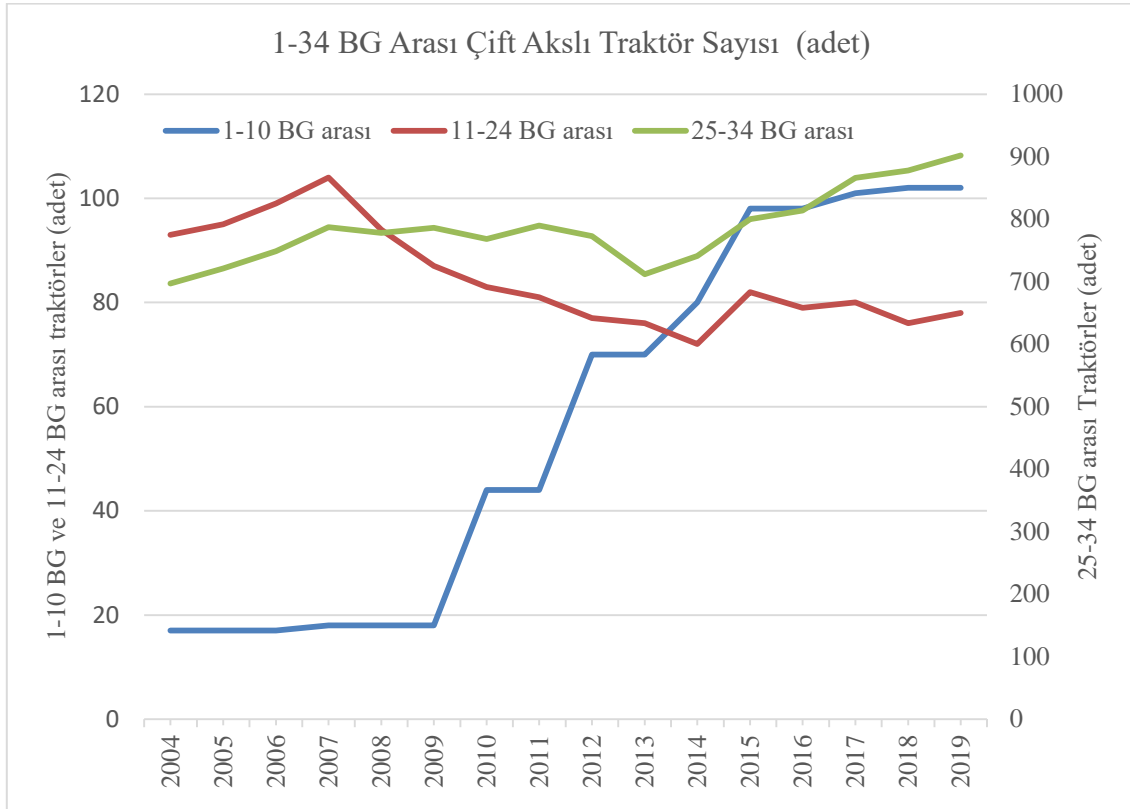
Yıl	Tek Akslı Traktör Sayısı (adet)			Çift Akslı Traktör Sayısı (adet)							Toplam Traktör Sayısı (adet)
	1-5 BG	>5 BG	Toplam	1-10 BG	11-24 BG	25-34 BG	35-50 BG	51-70 BG	>70 BG	Toplam	
2004	18	56	74	17	93	697	7940	4920	57	13724	13798
2005	18	56	74	17	95	721	8644	5391	57	14925	14999
2006	18	56	74	17	99	749	9478	6209	57	16609	16683
2007	18	59	77	18	104	787	9697	6417	57	17080	17157
2008	18	54	72	18	94	778	9681	6459	66	17096	17168
2009	18	59	77	18	87	786	10104	6723	68	17786	17863
2010	18	66	84	44	83	768	9887	6573	71	17426	17510
2011	28	137	165	44	81	790	9924	6807	81	17727	17892
2012	30	172	202	70	77	773	9502	6683	90	17195	17397
2013	30	168	198	70	76	712	7282	5765	96	14001	14199
2014	32	191	223	80	72	741	7563	6228	104	14788	15011
2015	40	194	234	98	82	800	7863	6893	107	15843	16077
2016	40	198	238	98	79	814	7918	7351	110	16370	16608
2017	40	187	227	101	80	866	8265	7469	121	16902	17129
2018	38	194	232	102	76	878	8511	7573	137	17277	17509
2019	38	187	225	102	78	902	8687	7713	142	17624	17849
15 Yıllık Değişim Oranı	%111	%234	%204	%500	-%16	%29	%9	%57	%149	%111	%29

Tek akslı traktörlerin yıllara göre değişim grafiği Şekil 3'te gösterilmektedir. Bu değişim incelendiğinde 1-5 BG arası traktörlerde 2019 yılında mevcut sayının 2004 yılına göre 2 kata yakın artışta olduğu görülmektedir. 5 BG üzerindeki traktörlerde 2004-2010 yılları arasında %17'lik bir artış söz konusu iken 2011 yılında mevcut sayı iki katına çıkmıştır. Yine aynı tip traktörler için 2019 yılına ait veriler 2004 yılı ile karşılaştırıldığında toplam mevcudun 2,34 kat artış gösterdiği görülmektedir. Bu artıştaki en büyük neden sebze üretim alanlarında görülen artıştan kaynaklanmaktadır.



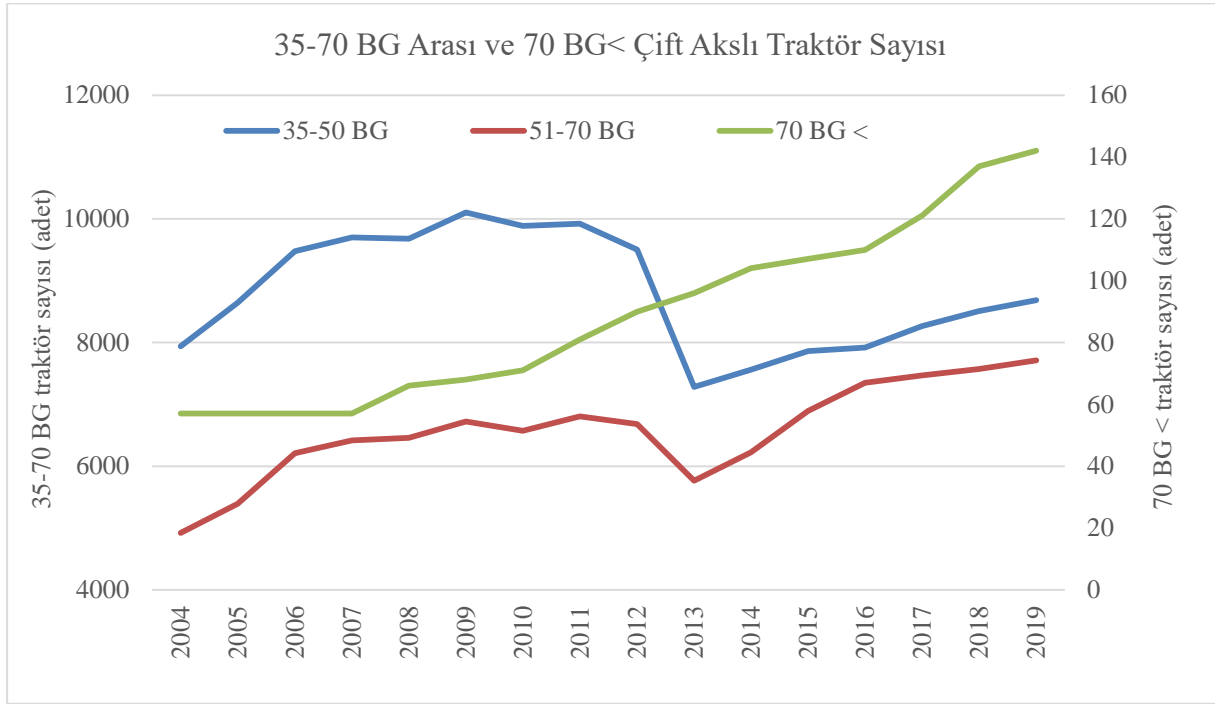
Şekil 3: Niğde ili tarımsal üretimde kullanılan tek akslı traktörlerin yıllara göre değişimi

Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan çift akslı traktörler için yıllar içinde oluşan değişim Şekil 4'te görüldüğü gibidir. 1-10 BG arasındaki traktörler incelendiğinde 2004 yılında 17 adet mevcut iken 2019 yılında mevcut traktör sayısı 102 olmuş ve traktör mevcudunda 5 kat artış görülmüştür. Çift akslı 11-24 BG arası traktörler incelendiğinde 2004 – 2007 yılları arasında bir artış görülmekle birlikte daha sonraki yıllarda bu tip traktör sayısında azalma görülmektedir. Bu azalma 2004-2019 yılları arasında %16 oranındadır. Bu sonuç mevcut güçteki traktörlerin Niğde ilinde yürütülen tarımsal faaliyetler açısından ihtiyaç duyulan istekleri karşılayamadıklarının bir göstergesidir. 25-34 BG arasındaki çift akslı traktörlerde ise 2004-2019 yılları arasında %29 oranında bir artış görülmüştür. Bu tipteki traktörlerin artışta olan meyveler, içecek ve baharat bitkileri ve sebze üretim alanlarında ihtiyaç duyulan güç için yeterli olduğu ve yaygın olarak kullanıldığının bir göstergesidir.



Şekil 4: Niğde ili tarımsal üretimde kullanılan 1-34 BG arası çift akslı traktörlerin yıllara göre değişimi

Niğde ilinde kullanılan çift akslı yüksek güçlü traktörlerin yıllar içerisindeki değişimi Şekil 5'te gösterildiği gibidir. 35-50 BG arasındaki traktörler ile 51-70 BG arasındaki traktörlerin sayılarında 2009 yılına kadar bir artış söz konusudur. Ancak 2009-2013 yılları arasında mevcut traktörlerin sayısında bir azalma olurken en düşük sayılar 2013 yılında görülmüştür. 2013-2019 yılları arasında ise bu güçteki traktör mevcudunda artış yeniden söz konusudur. 70 BG üzerindeki traktörler ele alındığında ise 2004 yılında 57 olan sayı sonraki üç yıl aynı kalmış ancak 2008 yılından itibaren artış göstermiştir. 2019 yılına bakıldığında 2004 yılına göre bu güçteki traktörlerin sayısında 1,5 kat artış görülmektedir. Bu durum kullanılan üretim yapılan ürünlerin çeşidinde oluşan değişimin ve artan güç ihtiyacının karşılanması amacıyla gerçekleştirilmesi amacını taşımaktadır.



Şekil 5: Niğde ili Tarımsal üretimde kullanılan 35-70 BG arası ve 70 BG üzeri çift akslı traktörlerin yıllara göre değişimi

Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetleri için kullanılan traktör tiplerinin tümü incelendiğinde traktör sayılarının toplamında %29 oranında artış görülmektedir. Bu traktörler içerisinde artış oranları karşılaştırıldığında ihtiyaca bağlı olarak değişen bir yönelimin olduğu söylenebilir. Mevcut sayıların en çok yer aldığı dilim çift akslı traktörlerden 35 BG ve 70 BG aralığındadır. Bu verilere bakarak, Niğde ilinde yapılan tarımsal üretim faaliyetleri için gerekli olan gücün bu aralıkta yer aldığı söylenebilmektedir. Bu verileri mekanizasyon düzeyini belirlemek için kullanılan Ortalama Traktör Gücü (36,61 kW) verisi de desteklemektedir.

Niğde İlinin Tarım Makineleri Varlığı

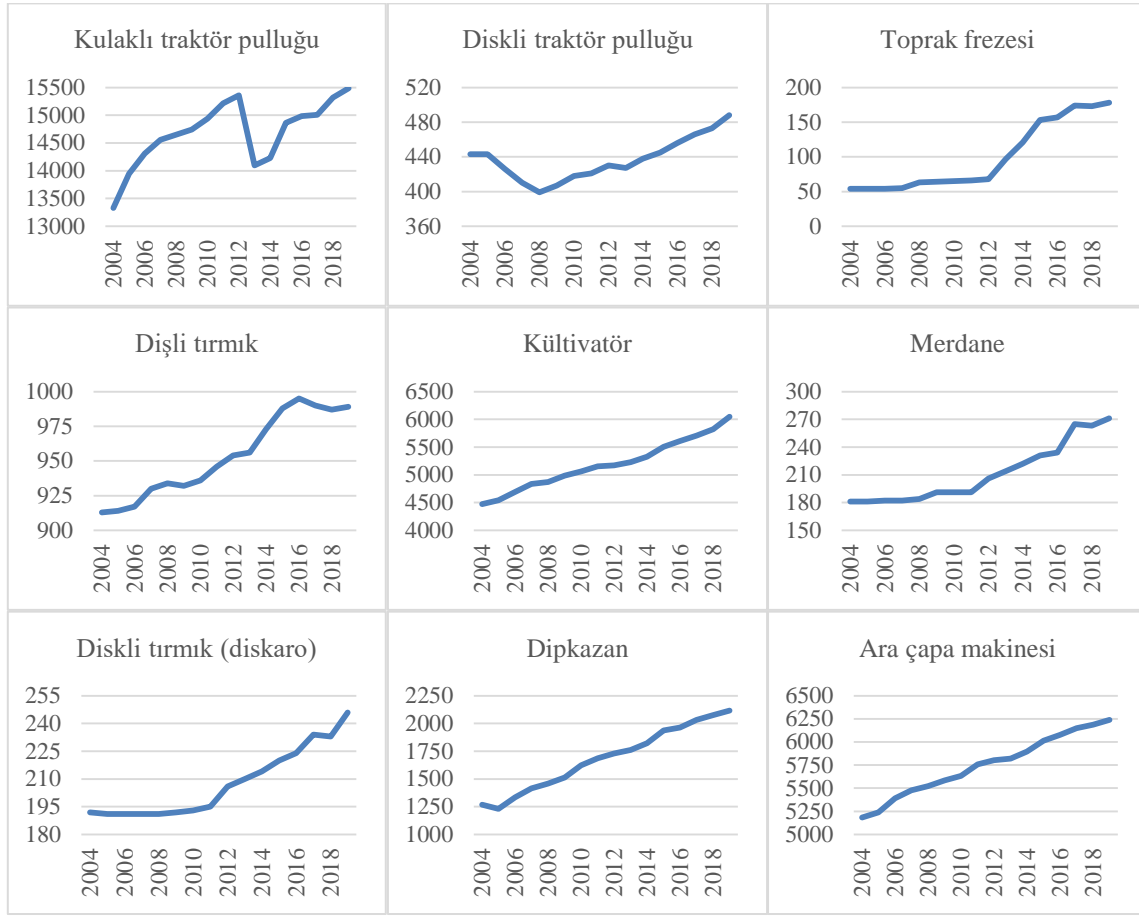
Toprak İşleme Makineleri

Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan toprak işleme makinelerine ait veriler Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'te yer alan veriler yıllara göre incelendiğinde birinci sırada kulaklı traktör pulluğu yer almaktadır. 2004 yılına göre 2019 yılındaki veriler incelendiğinde toprak işleme makinelerinin sayılarının tamamında artış olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan toprak işleme makineleri ve dağılımları
<TUİK,2020>

Yıl	Kulaklı traktör pulluğu	Diskli traktör pulluğu	Toprak frezesi	Dişli tırmık	Kültivatör	Merdane	Diskli tırmık (diskaro)	Dipkazan	Ara çapa makinesi	Toplam Makine Sayısı
2004	13326	443	54	913	4473	181	192	1269	5184	26035
2005	13944	443	54	914	4544	181	191	1231	5237	26739
2006	14310	426	54	917	4691	182	191	1334	5389	27494
2007	14559	410	55	930	4836	182	191	1415	5477	28055
2008	14648	399	63	934	4868	184	191	1457	5522	28266
2009	14743	407	64	932	4983	191	192	1514	5586	28612
2010	14937	418	65	936	5059	191	193	1622	5634	29055
2011	15212	421	66	946	5154	191	195	1685	5758	29628
2012	15358	430	68	954	5170	206	206	1730	5804	29926
2013	14096	427	97	956	5227	214	210	1762	5820	28809
2014	14229	438	121	973	5324	222	214	1823	5895	29239
2015	14864	445	153	988	5507	231	220	1937	6015	30360
2016	14986	456	157	995	5611	234	224	1962	6075	30700
2017	15004	466	174	990	5704	265	234	2031	6148	31016
2018	15320	473	173	987	5821	263	233	2076	6187	31533
2019	15483	488	178	989	6048	271	246	2117	6237	32057
15 Yıllık Değişim Oranı	%16,18	%10	%230	%8	%35	%50	%28	%67	%20	%23

Toprak işleme makineleri varlığının yıllara göre değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Toprak işleme makinelerinin türleri incelendiğinde kullanılan makine cinsleri ve sayılarına göre birincil toprak işlemenin daha yaygın olduğu görülmektedir. Kulaklı traktör pulluğu sayılarında 2004-2012 yılları arasında artış gözlemlenirken, 2013-2016 yılları arasında sayılarda düşüş ve ardından gelen yıllarda ise tekrar yükseliş gözlemlenmektedir. Sayılardaki değişikliğe üretilen ürünlerde oluşan değişiklikler ve üreticilerin geleneksel üretime uygun tahıllar gibi ürünleri yaygın olarak üretmesi ile açıklanabilir. Geleneksel üretim yöntemlerinin yaygın olması kulaklı traktör pulluğu sayısının toprak işleme makineleri içerisinde en fazla sayıya sahip olması ile de desteklenmektedir. Dipkazan sayısında olan %67'lik artış tarla trafiğinin yoğun olduğunu ve geleneksel toprak işlemenin yaygın olarak kullanıldığının bir göstergesidir.



Şekil 6: Toprak işleme makineleri varlığının 2004-2019 yılları arasındaki 15 yıllık değişimi

Toprak işleme makinelerinin dağılımları incelendiğinde toprak frezesi, dişli tırmık, diskaro ve kültivatör gibi ikincil toprak işleme makinelerinin sayılarında da artış olduğu görülmektedir. Özellikle toprak frezesi sayısında 2012-2015 yılları arasında oluşan iki kat artış üretim deseniindeki değişimin en büyük göstergelerindedir. Toprak frezesi ve ara çapa makinesi gibi sebze üretimi için kullanılan makinelerdeki artış sebze üretim alanlarındaki artışın bir sonucudur. Toprak işleme makinelerinin varlığında yıllara göre farklı oranlarda olsa da artış olduğu net bir biçimde görülmektedir. Yine toprak işleme makinelerinin cinsleri karşılaştırıldığında ise birincil toprak işleme makineleri öne çıkmaktadır. Bu durum Niğde ilinde geleneksel tarımın hala yaygın olarak yapıldığını göstermektedir.

Ekim-dikim ve gübreleme makineleri

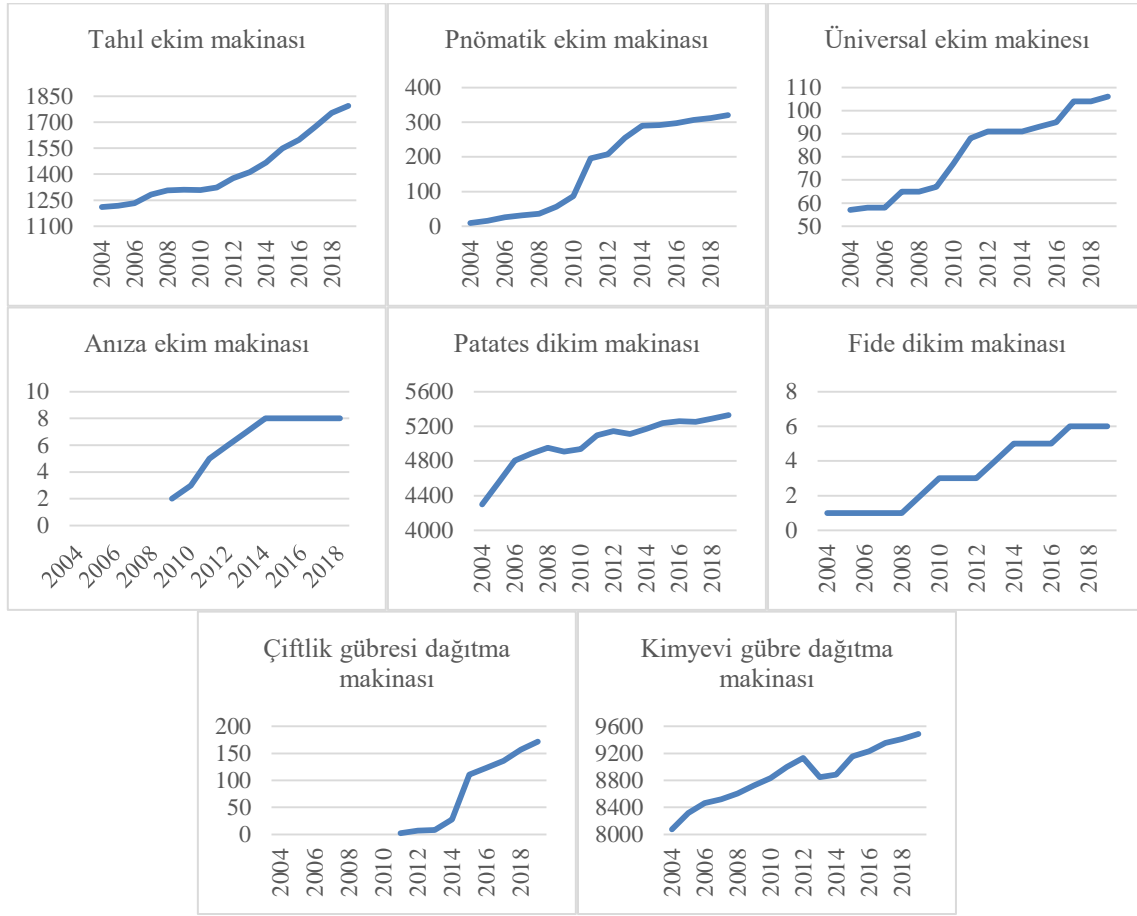
Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan ekim-dikim ve gübreleme makinelerine ait veriler Çizelge 4'te verilmiştir. Niğde ilinde bitkisel üretim verileri incelendiğinde yetiştirilen ürünlerin büyük çoğunluğunu tahıllar ve patates oluşturduğu görülmektedir (TUİK,2020). Yetiştirilen ürünler göz önüne alındığında tarımsal faaliyetlerde kullanılan makinelerin sayısının da bu ürünlere özel olacağı kolaylıkla söylenebilir. Çizelge 4'te yer

alan veriler incelendiğinde 2004 yılı ve 2019 yılındaki sayılar karşılaştırıldığında ekim, dikim ve gübreleme makinelerinin sayısında artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan ekim-dikim ve gübreleme makineleri ve dağılımları <TUİK,2020>

Yıl	Tahıl ekim makinesi	Pnömatik ekim makinesi	Üniversal ekim makinesi	Anıza ekim makinesi	Patates dikim makinesi	Fide dikim makinesi	Çiftlik gübresi dağıtma makinesi	Kimyevi gübre dağıtma makinesi
2004	1211	9	57	-	4300	1	-	8075
2005	1217	16	58	-	4550	1	-	8316
2006	1233	26	58	-	4806	1	-	8463
2007	1282	31	65	-	4885	1	-	8523
2008	1306	36	65	-	4953	1	-	8606
2009	1310	56	67	-	4908	2	-	8726
2010	1309	87	77	2	4936	3	-	8835
2011	1324	196	88	3	5097	3	2	9001
2012	1377	208	91	5	5143	3	7	9131
2013	1411	255	91	6	5110	4	8	8848
2014	1468	290	91	7	5171	5	28	8888
2015	1548	292	93	8	5238	5	111	9158
2016	1599	297	95	8	5257	5	123	9233
2017	1673	306	104	8	5251	6	136	9356
2018	1753	312	104	8	5289	6	157	9414
2019	1793	320	106	8	5328	6	172	9488
15 Yıllık Değişim Oranı	%48,06	%3455,55	%85,96	%300	%23,91	%500	%8500	%17,49

Ekim makineleri açısından hububat ekim makinelerinin sayısının yoğunlukta olduğu, dikim makineleri açısından incelendiğinde patates dikim makinelerinin sayısının çoğunlukta olduğu ve gübreleme makineleri açısından incelendiğinde ise kimyasal gübre dağıtma makinelerinin çoğunlukta olduğu görülmektedir. Ekim makineleri incelendiğinde, hububat ekim makinelerinde %48,06 oranında, üniversal ekim makinelerinde %85,96 oranında bir artış söz konusudur. Pnömatik ekim makinelerinde 34 kat ve anıza ekim makinelerinde 5 katlık bir artış görülmüştür. Bu veriler tarımsal üretim faaliyetlerinin başlangıcı olan ekim konusunda makine kullanımının arttığını göstermektedir.



Şekil 7: Niğde ili tarımsal üretimde kullanılan ekim-dikim makinelerinin yıllara göre değişimi

Dikim makineleri incelendiğinde, patates dikim makinelerinde %23,91 oranında ve fide dikim makinelerinde ise 5 katlık bir artış söz konusudur. Fide dikim makinelerindeki artışın sebze yetiştirmek için kullanılan alanların artışı sonucunda olduğu söylenebilir. Gübreleme makineleri incelendiğinde kimyevi gübre dağıtma makinelerindeki artış %17,490 olarak görülmektedir. Verilerin olduğu 2011 yılı ve 2019 yılı incelendiğinde çiftlik gübresi dağıtma makinesinde 8,5 kat artış olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu veriler incelendiğinde ürün verimini arttırmak için yapılan gübreleme işlemlerinde kimyasal gübrelemenin yanı sıra çiftlik gübresi ile yapılan işlemlerin arttığını söylemek mümkündür.

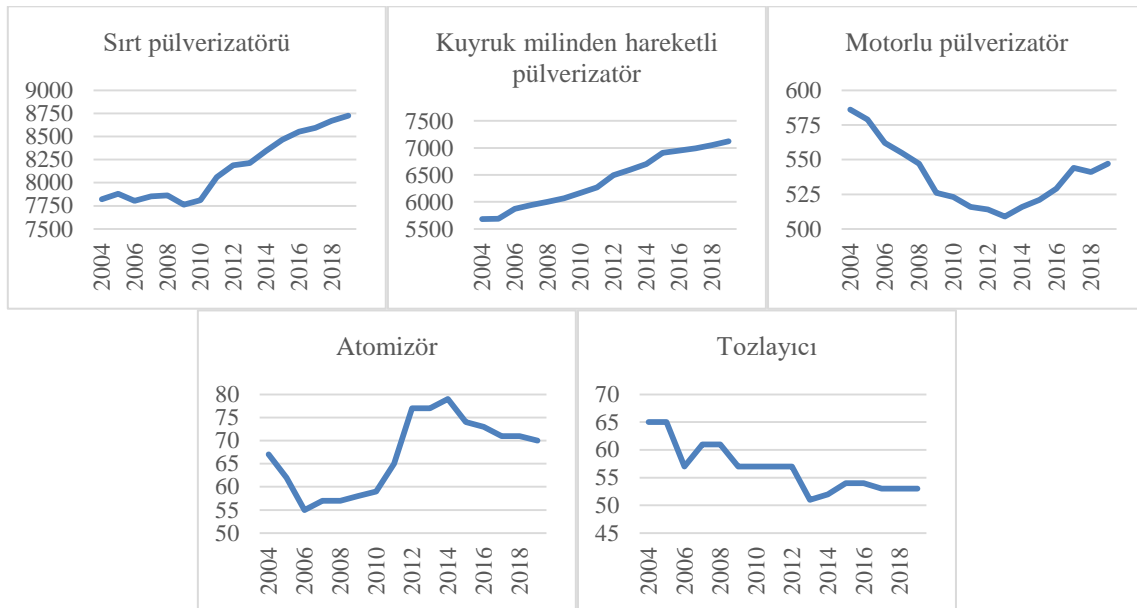
Bitki koruma makineleri

Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan bitki koruma makinelerine ait veriler Çizelge 5'te verilmiştir. Niğde ilinde tarımsal üretimde kullanılan bitki koruma makineleri incelendiğinde sırt pülverizatörü ve kuyruk milinden hareketli pülverizatörün yaygın olarak kullanılan makineler olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan bitki koruma makineleri ve dağılımları <TUİK,2020>

Yıl	Sırt pülverizatörü	Kuyruk milinden hareketli pülverizatör	Motorlu pülverizatör	Atomizör	Tozlayıcı
2004	7820	5680	586	67	65
2005	7879	5690	579	62	65
2006	7805	5873	562	55	57
2007	7854	5945	555	57	61
2008	7863	6000	547	57	61
2009	7763	6068	526	58	57
2010	7812	6171	523	59	57
2011	8059	6272	516	65	57
2012	8188	6497	514	77	57
2013	8212	6598	509	77	51
2014	8344	6705	516	79	52
2015	8465	6911	521	74	54
2016	8552	6950	529	73	54
2017	8592	6995	544	71	53
2018	8670	7053	541	71	53
2019	8725	7125	547	70	53
15 Yıllık Değişim Oranı	%11,57	%25,4	-%6,66	%4,47	-%18,46

2004 yılı ve 2019 yılındaki veriler karşılaştırıldığında sırt pülverizatöründe (%11,57), kuyruk mili hareketli pülverizatörde (%25,44) ve atomizerde (%4,47) artış olduğu, motorlu pülverizatörde (%6,66) ve tozlayıcıda (%18,46) azalış olduğu belirlenmektedir.



Şekil 8: Niğde ili Tarımsal üretimde kullanılan bitki koruma makinelerinin yıllara göre değişimi

Niğde ilinde kullanılan bitki koruma makineleri incelendiğinde sırt pülverizatörünün sayısının diğer makinelerden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum meyve ve sebze üretimi yapılan alanlarda bitki koruma işlemlerinde yaygın olarak kullanıldığının bir göstergesidir. Kuyruk milinden tahrikli pülverizatörlerin sayısında oluşan artış tahıl üretiminde yapılan kimyasal savaşta artışın bir göstergesidir.

Hasat ve harman makineleri

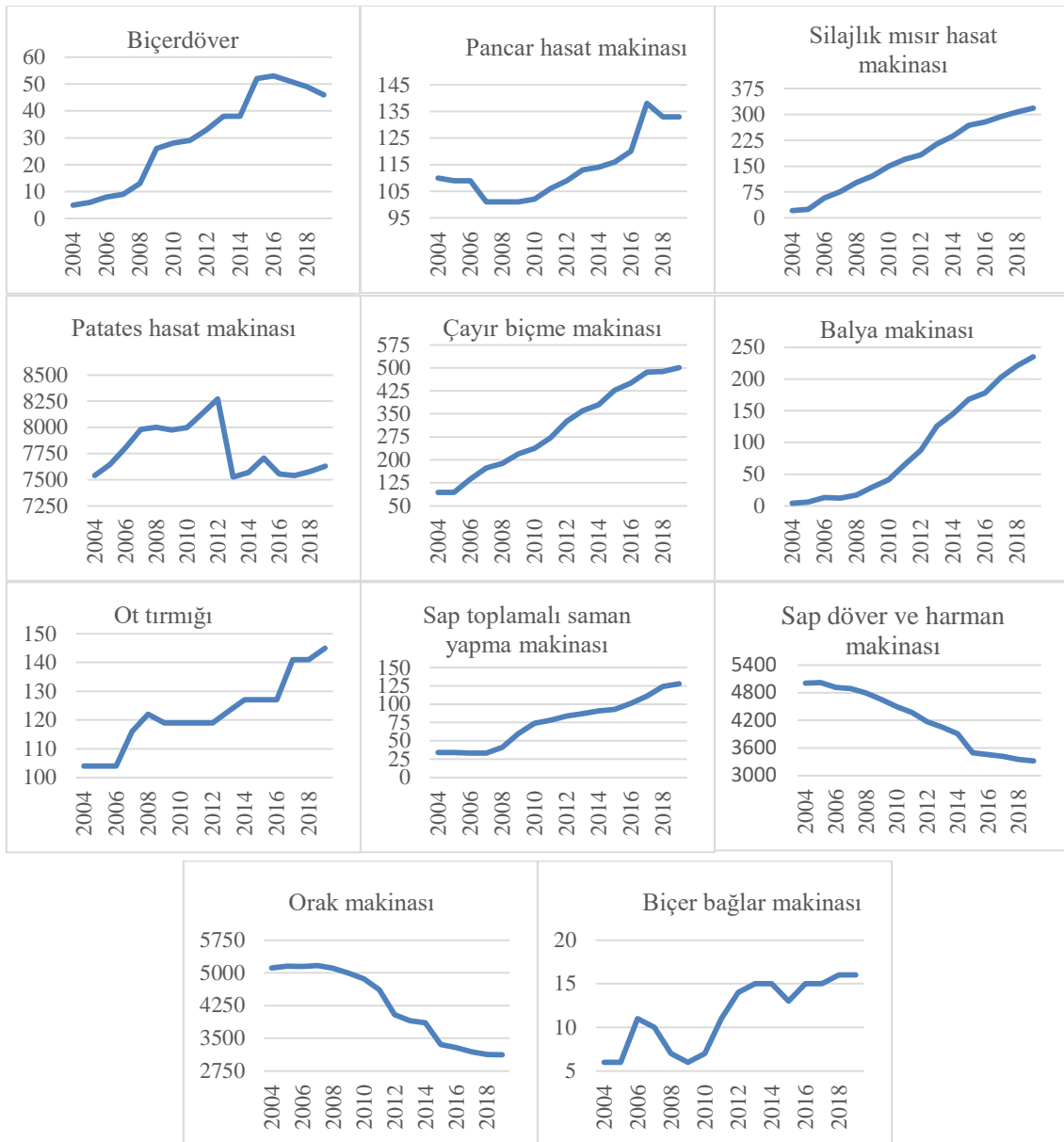
Hasat ve harman makinelerine ait veriler Çizelge 6’da verilmiştir. Niğde ilinde yetiştirilen tarımsal ürünler incelendiğinde tahıllar (buğday, arpa vb.), yumru bitkileri (patates ve pancar) ilk sıralarda yer almaktadır (TUİK,2020). Çizelge 6 incelendiğinde tahılların hasadı ve harmanı için kullanılan makinelerden biçerdöver, biçer bağlar makinesi, orak makinesi ve sap döven ve harman makinesi öne çıkmaktadır. 2004 yılı ve 2019 yılındaki veriler karşılaştırıldığında biçerdöver sayısında (%820,00) ve biçer-bağlar makinesi sayısında (%166,67) artış görülürken, orak makinesinde (%38,89) ve sap döven ve harman makinesinde (%33,63) azalış görülmektedir. Bu veriler tahıl ürünlerinin hasat ve harmanı sırasında biçerdöverlerin kullanım oranlarının arttığını göstermektedir.

Çizelge 6. Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan hasat ve harman makineleri ve dağılımları <TUİK,2020>

Yıl	Biçerdöver	Pancar hasat makinesi	Mısır silaj makinesi	Patates hasat makinesi	Çayır biçme makinesi	Balya makinesi	Ot tırmığı	Sap toplamalı saman yapma makinesi	Sap döven ve harman makinesi	Orak makinesi	Biçer bağlar makinesi
2004	5	110	21	7541	94	4	104	34	5004	5112	6
2005	6	109	25	7645	94	6	104	34	5021	5155	6
2006	8	109	58	7805	137	13	104	33	4913	5146	11
2007	9	101	76	7981	174	12	116	33	4891	5165	10
2008	13	101	102	8000	188	17	122	41	4793	5101	7
2009	26	101	122	7975	220	30	119	60	4652	4993	6
2010	28	102	150	7997	237	41	119	74	4493	4861	7
2011	29	106	170	8134	272	65	119	78	4369	4610	11
2012	33	109	183	8272	326	88	119	84	4172	4043	14
2013	38	113	214	7526	360	126	123	87	4050	3904	15
2014	38	114	237	7569	380	145	127	91	3910	3850	15
2015	52	116	268	7708	427	168	127	93	3493	3353	13
2016	53	120	278	7555	451	178	127	101	3459	3289	15
2017	51	138	294	7540	486	203	141	111	3415	3190	15
2018	49	133	307	7577	488	221	141	124	3350	3127	16
2019	46	133	318	7628	501	235	145	128	3321	3124	16
15 Yıllık Değişim Oranı	%820	%20,91	%1414,28	%1,15	%432,97	%5775	%39,42	%276,47	-%33,63	-%38,88	%166,66

Hayvansal üretim yapan üreticilerin girdi maliyetlerinin büyük bir kısmını hayvanların beslenmesi için kullanılan saman ve yemler oluşturmaktadır. Tahıl ürünlerinin büyük oranda üretilmesi sonucu ortaya çıkan sap kısmı saman olarak değerlendirilmektedir. Çizelge 6 incelendiğinde, 2004 yılı ve 2019 yılındaki veriler ışığında,

sap toplama ve saman yapma makinesinin ile balya makinelerinin sayısında büyük bir artış görülmektedir. 2019 yılındaki sayılar 2004 yılındaki sayılara oranlandığında ise sap toplama ve saman yapma makinesinde yaklaşık 3 kat ve balya makinelerinde ise 57 kat artış söz konusudur. Bu artış üreticilerin hayvan yemi ihtiyacını, artan maliyetlerden dolayı, tarlada yetiştirdiği tahılların samanı üzerinden karşılamaya çalıştığı bir göstergesidir. Çizelge 6 incelendiğinde hayvan yemi olarak yetiştirilen diğer ürünler için kullanılan makinelerin sayısında da artış görülmektedir. Mısır silaj makinesinde (14 kat), çayır biçme makinesinde (4 kat) ve ot tırımı (%39,42 oranında) artış görülmektedir. Niğde ilinde yoğun olarak yetiştirilen diğer ürünler olan patates ve pancar için kullanılan makinelerin sayılarında ise sırasıyla %1,15 ve %20,91 oranlarında artış görülmektedir. Patates üretiminin yoğun olarak yapıldığı Niğde ilinde patates hasat makinesinin artış oranının düşük olması üreticilerin mevcut makinelerini etkin bir biçimde kullanması ve yeni makineye gereksinim duymamasıyla açıklanabilir.



Şekil 9: Niğde ili tarımsal üretimde kullanılan hasat-harman makinelerinin yıllara göre değişimi

Hasat ve harman makineleri içerisinde sayısı en fazla olan patates hasat makinesidir. Ayrıca sap döver ve harman makinesinin sayısının çok olması Niğde ilinde tahıl üretiminin yaygın olduğunun bir göstergesidir. Ancak yıllara göre dağılım incelendiğinde biçerdöver sayısındaki artışla birlikte sap döver ve harman makinesi ile orak makinesi gibi makinelerin sayılarında azalmalar görülmektedir. Biçer bağlar makinesinde görülen değişimin, biçerdöverin işleyemediği boyuttaki işletmelerde kullanılmak üzere ihtiyaç duyulmasından kaynaklanmaktadır.

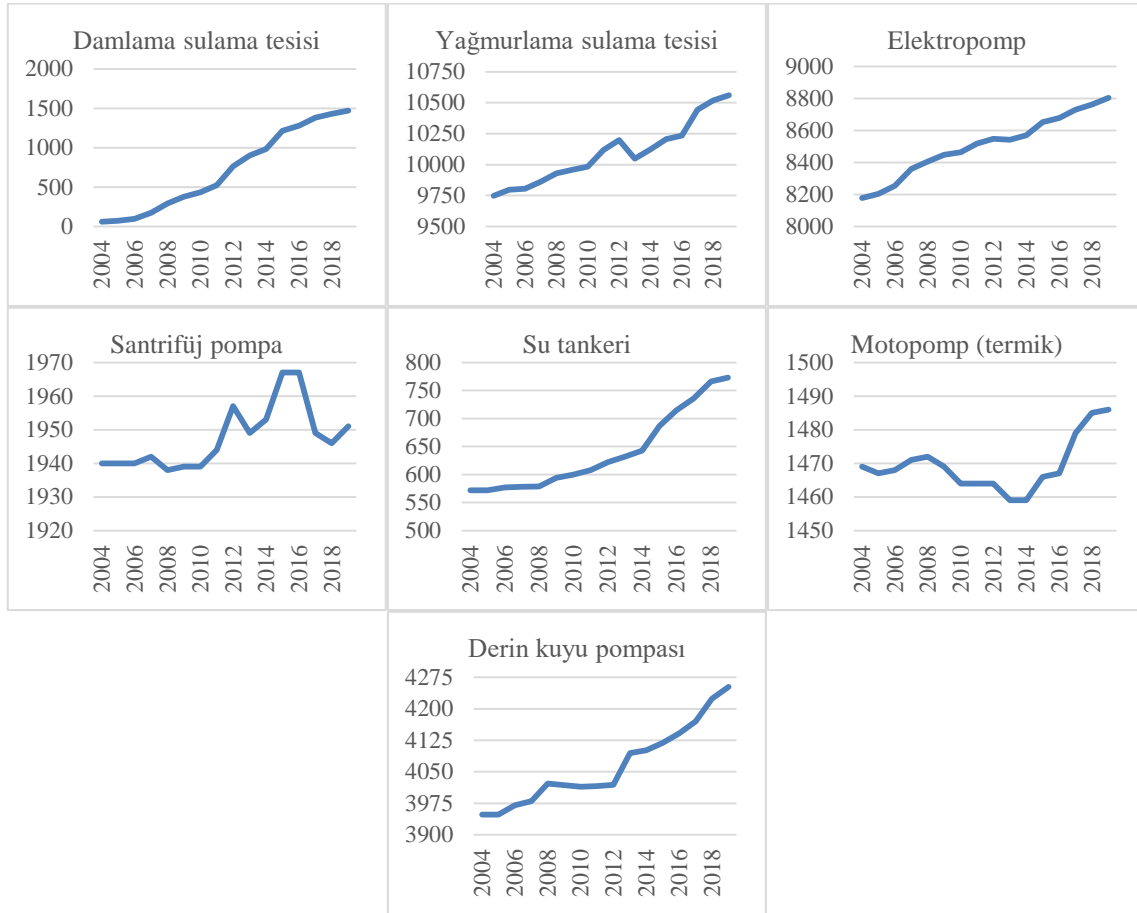
Sulama makineleri ve sistemleri

Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan sulama makineleri ve sistemlerine ait veriler Çizelge 7’de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde gelişen teknoloji ve teknik olanaklar doğrultusunda, sulama için kullanılan makine ve sistemlerin sayısının arttığı dolayısıyla sulama yapılan tarımsal alanların arttığı söylenebilir.

Çizelge 7. Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetlerinde kullanılan sulama makineleri ve sistemleri ve dağılımları <TUİK,2020>

Yıl	Damlama Sulama Tesisi	Yağmurlama Sulama Tesisi	Derin Kuyu Pompası	Elektropomp	Santrifüj Pompa	Su Tankeri	Motopomp (Termik)
2004	62	9747	3948	8177	1940	572	1469
2005	72	9797	3948	8204	1940	572	1467
2006	98	9806	3970	8253	1940	577	1468
2007	174	9862	3980	8359	1942	578	1471
2008	291	9929	4022	8405	1938	579	1472
2009	376	9958	4018	8448	1939	594	1469
2010	433	9984	4014	8464	1939	600	1464
2011	526	10118	4016	8518	1944	608	1464
2012	765	10197	4019	8548	1957	622	1464
2013	904	10048	4094	8541	1949	632	1459
2014	984	10124	4101	8570	1953	643	1459
2015	1214	10205	4119	8652	1967	687	1466
2016	1282	10234	4142	8677	1967	715	1467
2017	1383	10444	4170	8729	1949	736	1479
2018	1431	10518	4224	8761	1946	766	1485
2019	1470	10559	4252	8804	1951	773	1486
15 yıllık değişim oranı	%2270,97	%8,33	%7,70	%7,67	%0,57	%35,14	%1,16

En büyük artış yaklaşık 23 katla damlama sulama sistemlerinde görülürken, %35,14 oranla su tankeri ikinci sırada yer almaktadır. Yağmurlama sulama tesislerinde %8,33 oranında, derin kuyu pompasında %7,70 oranında, elektropompda %7,67 oranında, motopompda(termik) %1,16 oranında ve santrifüj pompalarda ise %0,57 oranında artış söz konusudur.



Şekil 10: Niğde ili Tarımsal üretimde kullanılan sulama makineleri ve sistemlerinin yıllara göre değişimi

Damla sulama tesislerindeki artışın en büyük nedeni Niğde ilinde kısıtlı olarak bulunan suyun etkin bir biçimde kullanılmasına yönelik olduğu görülmektedir. Niğde ili yıllık yağış miktarı açısından Türkiye ortalaması altında kalmaktadır. Bu durum su ihtiyacı yüksek olan ürünlerin yetiştirilmesinde olumsuz durumlara yol açmaktadır. Sulama sistemleri ve makinelerindeki artış su ihtiyacı yüksek olan tarımsal ürünlerin yetiştirilmeye başladığının ve ürün deseninin değiştiğinin en büyük göstergelerindendir. Sulama sistemi olarak en yaygın kullanılan sistemler yağmurlama sulama tesisleridir. Damlama sulama sistemlerinin sayısındaki artış üreticilerin artan su ihtiyacını kısıtlı kaynakları etkin kullanarak karşılama konusunda bilinçlendiğinin bir göstergesi olduğu söylenebilir. Sulama makineleri incelendiğinde ise elektrikli pompaların kullanımının en yaygın olduğu görülmektedir.

Niğde İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi

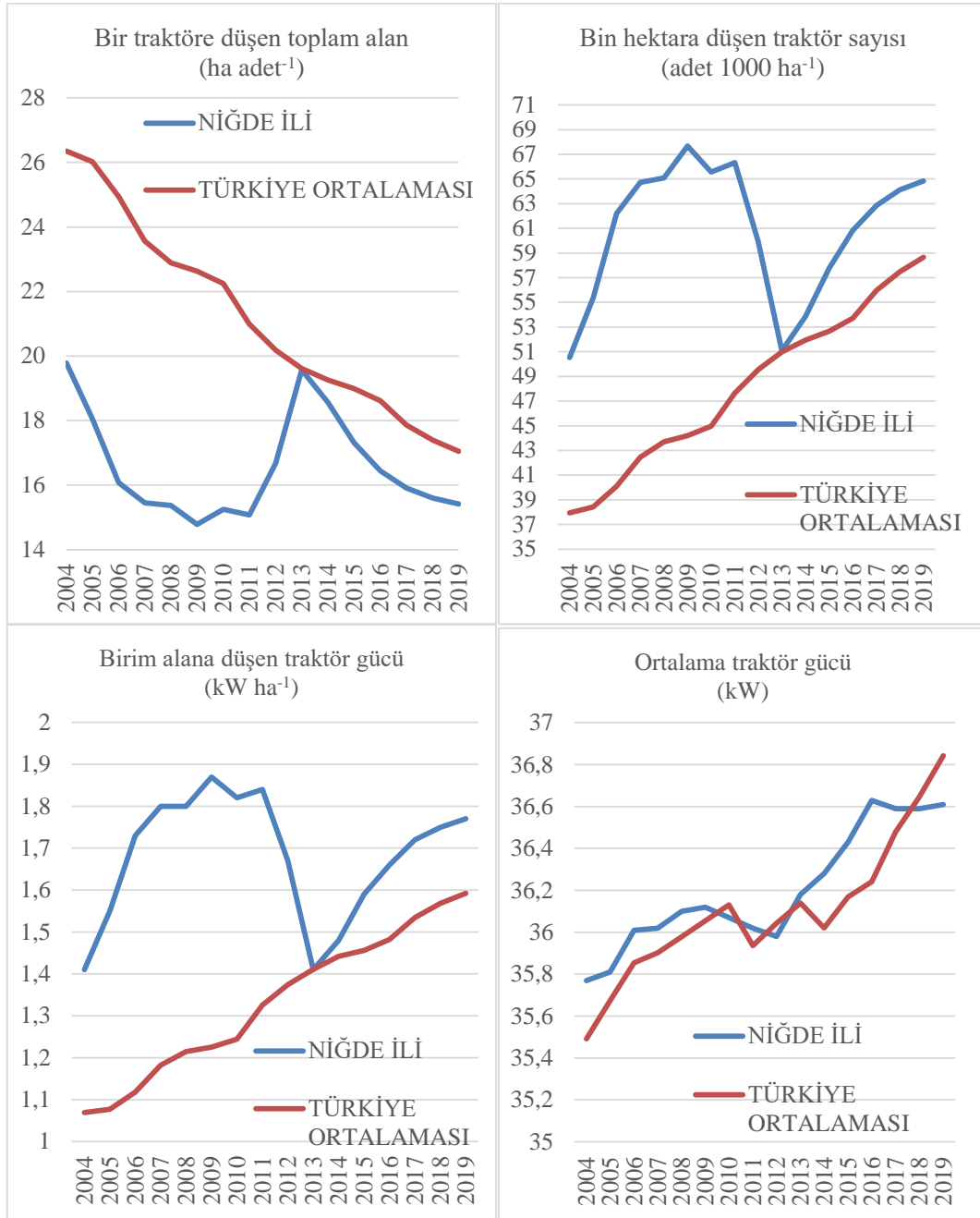
Niğde ilinde tarımsal üretimde kullanılan traktör sayıları ve tipleri Çizelge 2'de verilmiştir. Niğde ilinde tarımsal üretimde kullanılan traktör sayılarının ve tiplerinin 2004-2019 yılları arasındaki değişim oranları Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelge 8'e göre veri kayıtlarının en eski olduğu yıl olan 2004 yılı baz alınarak bir yıldaki değişimler

verilmiştir. 2004 ile 2019 yılları arasındaki veriler göz önünde bulundurulduğunda toplam traktör sayısında %29,36'lık bir artış söz konusudur. Tek akslı traktör sayılarının toplamında bu oran %204,05 ve çift akslı traktör sayılarının toplamında ise bu oran %28,42 olarak görülmektedir. Makine kullanımının artması ve kullanılan makinelerin güç ihtiyacının artmasından dolayı 70 BG ve üzerindeki traktörlerin artışında %149,12'lik bir oran görülmekte ve mevcut traktör sayısı 57 adetten 142 adede yükselmektedir. En yoğun olarak kullanılan güç aralığında bulunan 51-70 BG arası traktörlerde bu oran %56,77 iken, mevcut traktör sayısı 4920'den 7713'e çıkmıştır.

Niğde ilinde yapılan tarımsal üretim faaliyetlerinin mekanizasyon düzeyine ait değerler Çizelge 8'de verilmiştir. Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde kullanılan kriterler, bir traktöre düşen toplam alan (ha/traktör), bin hektar alana düşen traktör sayısı (adet/1000 ha), birim alana düşen traktör gücü (kW ha⁻¹) ve ortalama traktör gücü (kW) olmak üzere dört adettir.

Çizelge 8. Niğde ili ve Türkiye geneli tarımsal mekanizasyon düzeyi <TUIK,2020>

Yıl	Bir traktöre düşen toplam alan (ha adet ⁻¹)	Bin hektara düşen traktör sayısı (adet 1000 ha ⁻¹)	Birim alana düşen traktör gücü (kW ha ⁻¹)	Ortalama traktör gücü (kW)
2004	19,79	50,52	1,41	35,77
2005	18,06	55,38	1,55	35,81
2006	16,08	62,20	1,73	36,01
2007	15,45	64,71	1,80	36,02
2008	15,37	65,08	1,80	36,10
2009	14,78	67,66	1,87	36,12
2010	15,25	65,56	1,82	36,07
2011	15,08	66,33	1,84	36,02
2012	16,68	59,93	1,67	35,98
2013	19,57	51,09	1,41	36,18
2014	18,56	53,87	1,48	36,28
2015	17,31	57,77	1,59	36,43
2016	16,44	60,84	1,66	36,63
2017	15,91	62,85	1,72	36,59
2018	15,60	64,12	1,75	36,59
2019	15,42	64,84	1,77	36,61



Şekil 11: Niğde ili Tarımsal mekanizasyon düzeyi

Çizelge 8'de yer alan verilerden bir traktöre düşen toplam alan kriteri dikkate alındığında 2004 yılında 19,79 ha adet⁻¹ olan değer 2019 yılında 15,42 olmuştur. Bu değerdeki değişim mevcut traktör sayısının artışı ile açıklanabilir. Bir traktör başına düşen toplam alan kriterine göre Türkiye geneli değerini ile Niğde ili değerini karşılaştırdığımızda Niğde ili 15,42 ha traktör⁻¹ değeri ile Türkiye ortalamasından düşük kalmakta ve traktör başına işleyecek daha az alana sahiptir. Bin hektar alana düşen traktör sayısına bakıldığında 2004 yılında 50,52 adet 1000 ha⁻¹ olan değer 2019 yılında 64,84 adet 1000 ha⁻¹ olarak hesaplanmaktadır. Bu değer Türkiye

ortalaması ile karşılaştırıldığında Türkiye ortalamasının üzerinde kalmaktadır. Niğde ili için birim alana düşen traktör gücü kriteri göz önüne alındığında ise 2004 yılında 1,41 kW ha⁻¹ olan değer 2019 yılında 1,77 kW ha⁻¹ değerine yükselmiştir. Bu değeri Türkiye ortalaması ile kıyaslayacak olursak 2004 – 2019 yılları arasında Türkiye ortalamasının üzerinde değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ortalama traktör gücü kriterine göre Niğde ili 2004 yılında 35,77 kW'lık bir değere sahipken 2019 yılında bu değer 36,61 kW seviyesine yükselmiştir. Ortalama traktör gücü kriterinin Türkiye ortalaması değerlerine baktığımızda Niğde ilinin değerleri 2004-2019 yılları arasında ortalamanın altında kalmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

Niğde ilinde tarımsal üretim amacıyla kullanılan toprak işleme makineleri incelendiğinde kulaklı traktör pulluğu sayısının en yüksek olduğu ve son on beş yıllık verilerdeki artışın %16 olduğu görülmektedir. Niğde ilinde neredeyse her on traktörden dokuzunda kulaklı traktör pulluğunun mevcut olduğu verilerden anlaşılmaktadır. Bu durum Niğde ilinde tarımsal üretim faaliyetleriyle uğraşan kişi ya da işletmelerin geleneksel toprak işleme yöntemini halen yoğun bir şekilde kullanmaya devam ettiğinin göstergesidir. Malaslı ve ark. (2019) Niğde ilinin de içinde bulunduğu KOP Bölgesinin mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada toprak işleme amacıyla en çok kulaklı pulluk kullanıldığını ve sayısında artışın olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra, koruyucu toprak işleme yönteminde yoğun olarak kullanılan toprak frezesi ve kültivatör gibi ikincil toprak işleme makinelerinin sayılarında da artışlar görülmektedir. Sulama için kullanılan makine ve sistemlerin artışıyla birlikte, yetiştirilen ürünlerin çeşitliliği artmış ve ürün tiplerinde farklılıklar oluşmuştur. Ürünlerde oluşan bu farklılığı ekim alanlarında oluşan değişikliklerden ve kullanılan ara çapa makinesi gibi makinelerinin sayılarındaki artıştan anlaşılabilir. Girdi maliyetlerini düşürebilmek için tarla trafiğini azaltmak üzere kullanılan anıza ekim makinelerinin sayısında oluşan %300'lük artış geleneksel toprak işleme yanında doğrudan ekim yönteminin de Niğde ilinde yaygınlaşmaya başladığını ortaya koymaktadır. Niğde ilinde üretimi yapılan ürünlerin ve ekim ve hasat-harman işlemlerinde kullanılan makine sayılarındaki artış, bu işlemler için makine kullanımının arttığını ve yoğun bir şekilde devam ettiğinin bir göstergesidir. Niğde ilinde artan sulama olanaklarıyla birlikte üreticilerin yetiştirdikleri ürün desenleri değişikliğe uğramıştır. Niğde il genelinde halen tahıl ürünleri ve patates yetiştiriciliği en başta gelen ürünler arasındayken, bu ürünlere fasulye, nohut ve hayvan yemi olarak kullanılacak çayır bitkileri ve silajlık mısır da eklenmiştir. Bu değişimi kullanılan hasat-harman makineleri düzeyinde inceleyecek olursak biçerdöverde 8,2 kat, balya makinelerinde 57,75 kat, çayır biçme makinelerinde 44,33 kat ve mısır silaj makinelerinde ise 14,45 kat artış olduğu görülmektedir.

Tarımsal üretimin ana kuvvet ve güç kaynağı olarak kullanılan traktörlerde de güç ihtiyacına göre karşılaştırma yapıldığında 2004 – 2019 yılları arasında 51-70 BG ve 70 BG'den büyük traktörlerin sayılarında diğer traktörlere göre daha fazla artış olmuştur. Bu artışın sebebi üretilen ürünlerin değişmesi ve daha fazla güç gerektiren tarım makinelerinin kullanılmasıyla açıklanabilir. Tek akslı traktörlerde ve çift akslı 1-10 BG arası güçteki traktörlerde görülen önemli artışın nedeni ise bahçe tarımının yaygın olması ve bu alanda makineleşme

eğiliminin artmasıdır. 2019 yılı itibariyle, Niğde ilinde bir traktöre düşen birim alan 15,42 ha traktör⁻¹ değeri ile Türkiye ortalamasının üzerindedir. Ortalama traktör gücü incelendiğinde Niğde ili 36,61 kW değeriyle Türkiye ortalamasının altındadır. Birim alana düşen ortalama traktör gücü Niğde ili için 1,77 kW ha⁻¹ değeri ile Türkiye ortalamasının altında yer almaktadır. Niğde ili 64,84 traktör 1000 ha⁻¹ değeri ile bin hektar alana düşen traktör sayısı ile Türkiye ortalamasının üzerindedir.

Sonuç olarak, Niğde ilinde son on beş yıla ait veriler incelendiğinde tarımsal üretimde makine kullanımının arttığı ve tarımsal mekanizasyon düzeyinde iyileşme olduğu görülmektedir. Her ne kadar makine kullanımı artış göstermiş olsa da üreticilerin teknolojik gelişmeler ve bilimsel çalışmalardan elde edilen verilerin birleştirilerek oluşturulan bilgileri edinmesi ve bunları dikkate alarak üretim yapması gerekmektedir. Ayrıca tarımsal üretimde verimliliğin artırılabilmesi için hassas tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, ortaklaşa makine kullanımının yaygınlaştırılması, farklı büyüklükte ve tipteki işletmelerin ihtiyaçlarını karşılayacak traktör ve tarım makinelerinin kullanılması ve bunların teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yapılacak olan bilimsel çalışmalar da büyük önem arz etmektedir.

Teşekkür Bilgi notu

Yapılan 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

- Malaslı M.Z. Palta Ç. Argon Z.A. 2019. KOP Bölgesi'nin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri, *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technologies*, 8(4); 826-832.
- Altıkat S. Çelik A. 2009. Erzurum ilinin tarımsal mekanizasyon özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2); 57–70.
- Altıkat S. Çelik A. 2011. Iğdır ilinin tarımsal mekanizasyon özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (4); 99-106.
- Altuntaş E. 2016. Türkiye'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Coğrafik Bölgeler Açısından Değerlendirilmesi, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknolojileri Dergisi*, 4(12); 1157- 1164.
- Aslantürk B. Altuntaş E. 2018. Malatya ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7 (2); 15-26.
- Bal M. Altuntaş E. 2018. Çorum ilinin ayçiçeği tarımı yapan işletmelerinin mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (3); 381-393.

- Cankurt M. Miran B. 2010. Aydın Yöresindeki Tarımsal İşletmelerin Mekanizasyon Durumu. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (2); 93 – 101.
- Çelik A. Öztürk İ. Turgut N. 2002. Gümüşhane ili tarımsal mekanizasyon özellikleri. Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınma Sempozyumu, 23-25 Ekim, Gümüşhane.
- Demir B. Öztürk İ. 2011. Samsun ili tarımsal mekanizasyon özelliklerinin yıllara göre değişimi. Samsun Sempozyumu, 13-16 Ekim, Samsun, 309-316.
- Duran E. Ünal H. 2016. Bursa ili Orhangazi ve Gemlik İlçelerinde Zeytin Yetiştiriciliğindeki Mekanizasyon Durumu, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1); . 127-138.
- Eryılmaz T. Gökdoğan O. Yeşilyurt M. 2014. Yozgat ilinin tarımsal mekanizasyon durumunun incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (2); 262-268.
- Gökdoğan O. Bayhan A.K. 2011. Eğirdir ilçesi tarım işletmelerinin mekanizasyon düzeyi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1); 23-29.
- Gürsoy S. 2013. Batman ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin ilçeler bazında değerlendirilmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 3 (2); 146-158.
- Işık E. Güler T. Ayhan A. 2003. Bursa iline ilişkin mekanizasyon düzeyinin belirlenmesine yönelik bir çalışma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (2); 125-136.
- Kasap A. Özgöz E. 2006. Tokat ilinin Tarımsal Mekanizasyon Durumu ve Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Uygulanabilirliği, *GOÜ Ziraat Dergisi*, 23(2);45-51.
- Koçtürk D. Onurbaş Avcıoğlu A. 2007. Türkiye’de bölgelere ve illere göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3 (1); 17-24.
- Lüle F. Koyuncu T. Engin K.E. 2012. Adıyaman ilinin tarımsal mekanizasyon durumu. Tarımsal Mekanizasyon 27. Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül, Samsun, . 48-54.
- Özgüven M.M. Türker U. Beyaz A. 2010. Türkiye’nin tarımsal yapısı ve mekanizasyon durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (2); 89-100.
- Sağlam C. Kuş Z.A. 2016. Orta Anadolu Bölgesi İllerinde Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Yıllara Göre Değişimi, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı*;. 364-371.
- Yılmaz S. Sümer S.K. 2018. Türkiye’de traktör parkı yenilenme oranları ve mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14 (2); 79-87.
- KOP 2020a. Konya Ovası Projesi Bölgesel Kalkınma İdaresi Başkanlığı. Raporlar. <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/176.pdf> (Erişim Tarihi: 02.09.2020)
- KOP 2020b. Konya Ovası Projesi Bölgesel Kalkınma İdaresi Başkanlığı. Raporlar. <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/161.pdf> (Erişim Tarihi: 02.09.2020)
- KOP 2020c. Konya Ovası Projesi Bölgesel Kalkınma İdaresi Başkanlığı. Raporlar. <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/20.pdf> (Erişim Tarihi: 02.09.2020)

- TÜİK 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal Üretim verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=134&locale=tr> (Erişim Tarihi: 02.09.2020)
- NİTSO 2020. Niğde Ticaret ve Sanayi Odası. <https://nitso.org.tr/index.php/tr/nigde-2/302-nigde-genel-bilgiler> Erişim Tarihi: (10.09.2020)
- MGM 2020a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=NIGDE> (Erişim Tarihi: 10.09.2020)
- MGM 2020b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yagis-2019.pdf> (Erişim Tarihi: 10.09.2020)
- MGM 2020c. Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=NIGDE> (Erişim Tarihi: 10.09.2020)
- ANONİM, 2020. <http://wownturkey.com/forum/viewtopic.php?p=7739899> (Erişim Tarihi: 14.09.2020)



Süt Endüstrisi Atıklarının Çevresel Etkileri ve Biyoteknolojik Olarak Değerlendirilmesi^A

Tülay ÖZCAN^{1*}, Buket Tuğçe HARPUGİL²

Öz: Tüm dünyada süt ürünlerine olan talebin artışı süt endüstrisinin gelişmesine olanak sağlarken, bir yandan da proses atıklarının üretimini artmasına neden olmaktadır. Süt endüstrisinde peynir altı suyu, yayık altı suyu, pıhtı haşlama suyu, proses yıkama suları, süt çamurları, diğer işleme ve temizleme suları başlıca atıklardır. Süt endüstrisi atıkları yüksek besin bileşeni konsantrasyonu, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), organik ve inorganik içeriklere sahiptirler. Ayrıca çok çeşitli temizlik asit ve alkali deterjan maddelerini de içerebilmektedirler. Süt endüstrisinden kaynaklanan kirlilik toprak, havanın ve suyun kalitesi, biyo-çeşitlilik ve ekosistemi etkileyebilmektedir. Bu sebeple sanayi atıklarından değerli mikrobiyel metabolitleri ve yeni fonksiyonel ürünleri üretmek amacıyla biyoteknolojik proseslerin geliştirilmesi oldukça önemli olduğu gibi, belirtilen biyolojik atıklardan kaynaklanan çevre kirliliğini azaltmak da mümkün hale gelebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Süt endüstrisi, atık, çevre, biyoproses, anaerobik arıtma.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Tülay ÖZCAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, Türkiye, tulayozcan@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0223-3807](https://orcid.org/0000-0002-0223-3807)

² Buket Tuğçe HARPUGİL, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, 501908012@ogr.uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-3829-5882](https://orcid.org/0000-0002-3829-5882)

Environmental Effects of Dairy Industry Wastes and Their Biotechnological Evaluation

Abstract: The increase in demand for dairy products all over the world enables the dairy industry to develop, on the other hand, it causes an increase in the production of process waste. In the dairy industry, whey, buttermilk, cheese curd boiling water, process washing water, milk sludge, other processing and cleaning water are the main wastes. Dairy industry wastes have high nutrient concentration, biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), organic and inorganic contents. They may also contain a wide variety of cleaning acid and alkaline detergents. Pollution from the dairy industry can affect the quality of soil, air and water, biodiversity and the ecosystem. For this reason, it is very important to develop biotechnological processes to produce valuable microbial metabolites and new functional products from industrial wastes, and it is also possible to reduce environmental pollution caused by the specified biological wastes.

Keywords: Dairy industry, waste, environment, bioprocess, anaerobic treatment.

Giriş

Ülkelerin gelişiminde önemli bir role sahip olan sanayileşme ile birlikte, doğada sınırlı olan kaynaklar aşırı derecede kullanılmaktadır. Bu durum, çevre kirliliği, küresel ısınma, iklim değişikliği, doğal kaynakların yetersizliği gibi şimdiki ve gelecek nesiller için birçok tehlikeyi de beraberinde getirmektedir. Özellikle endüstrilerin neden olduğu kirlilik tüm dünyada büyük bir endişe kaynağı olmaya devam etmekte ve ülkeler doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesine yönelik çevre politikalarına yoğunlaşmaktadır. Teknolojik çağın temelini oluşturan ve toplumların sürekliliğinin sağlanmasında önemli olan üretim sektörleri arasında gıda endüstrisi, aşırı su tüketimi ve birim başına yüksek miktarda ürün üretimi ile çevresel açıdan büyük etkiye sahip bulunmaktadır (Karthikeyan ve ark., 2015). Süt endüstrisi, dünya çapında yaygın olan ve süt, süt tozu, tereyağı, peynir ve dondurma gibi birçok ürünü üreten ve bu üretilere bağlı olarak katı ve sıvı atıkların ortaya çıktığı gıda endüstrisinin önemli payına sahip dallarından birisidir (Jaganmai ve Jinka, 2017).

Pek çok ülkede süt ve süt ürünleri talebindeki artış, dünya çapında süt sektörünün büyük ölçüde büyümesine yol açmaktadır (Chokshi ve ark., 2016). Bununla birlikte, hızlı endüstriyel büyüme sadece verimliliği arttırmakla kalmamakta, aynı zamanda toprak veya su kaynaklarındaki toksik maddelerin yayılımının artmasına da neden olmaktadır. Bu yayılım, çevrenin zarar görmesi ile birlikte, aynı zamanda insanlar için de ciddi sağlık tehlikelerinin bir kaynağı haline dönüşmektedir (Porwal ve ark., 2015). Yüksek organik içeriği nedeniyle, süt ürünlerinin üretiminden kaynaklanan atıklar çevre için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Her yıl dünya çapında yaklaşık 4-11 milyon tonu kapsayan süt atıkları, biyolojik çeşitlilik için ciddi bir tehlike olarak çevreye

salınmaktadır. Atık suyun doğrudan çevreye verilmesinden kaynaklanan sorunlardan biri de, çözünmüş oksijenin tükenmesidir. Özellikle yağlar, yağ ve gres yağı durumunda, su yüzeyinde oksijen transferini engelleyen ve daha sonra suda yaşayan hayvanları ve bitkileri zorlayıcı yaşam koşullarına yönlendiren bir film oluşturmaktadır (Rosa ve ark., 2009).

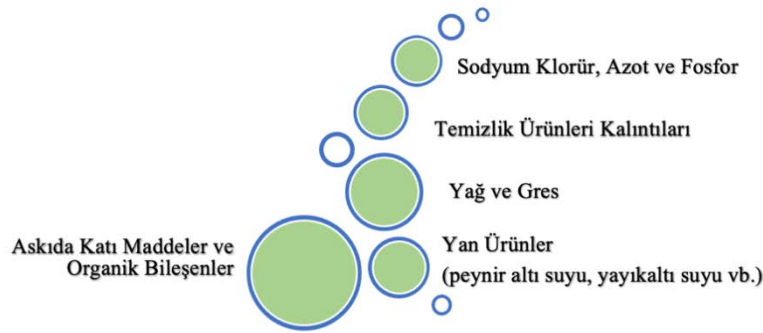
Su, süt endüstrisinin ana bileşenlerinden birisi olduğu için, önemli miktarda atık suyun güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi gerçek bir sorun haline dönüşmektedir. Süt endüstrisinden açığa çıkan atık su, askıda ya da çözünmüş besinsel katı içeriği, çözünür organik bileşenleri, laktoz, süt yağı, sülfat ve klorürleri içermekte ve bunun sonucu olarak da yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ile karakterize edilmektedir. Genellikle, süt endüstrisi atık suları fiziko-kimyasal ve biyolojik yöntemlerle arıtılmaktadır. Reaktiflerin maliyeti ve KOİ'nin fiziko-kimyasal yöntemlerle sınırlı uzaklaştırılması nedeniyle daha çok biyolojik yöntemler tercih edilmektedir. Ayrıca, son yıllarda, süt endüstrisi yan ürünlerinin işlenmesi ve kullanımı ile ilgili çalışmalar da gittikçe artmaktadır (Ganju ve Gogate, 2017; Chandra ve ark., 2018; Avcı ve Ozcan, 2020). Bu atıklar etkili bir şekilde diğer endüstriyel ve fonksiyonel değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesi veya enerji üretimi için hammadde olarak kullanılabilir (Chandra ve ark., 2018; Wong ve ark., 2018). Günümüzde, süt endüstrisi atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili araştırmalar daha çok biyoterapötik ürünler ve biyoteknolojik yöntemlere odaklanmaktadır. Süt endüstrisi yan ürünlerinin biyoteknolojik uygulamalar ile alternatif ürünlere ve bileşenlere dönüştürülmesi mümkün hale gelebilmektedir (Faria ve ark., 2017). Çevresel sorunlara yönelik çözümlerin oluşturulabilmesi için bu yöntemler süt atığından kaynaklanan organik yükü azaltmak için önemli ölçüde kullanılabilir. Kirliliğin uzaklaştırılması için süt atığının bileşimini incelemek, karakterize etmek ve olası kullanım alternatiflerini araştırmak uygulamaların esasını oluşturmaktadır (Daneshvar ve ark., 2018; Avcı ve Ozcan, 2020).

Süt Endüstrisi Atıklarının Özellikleri ve Çevresel Etkileri

Süt ürünlerinin sıvı atıkları, süt endüstrisinin çevresel etkilerinin temelini oluşturmaktadır. Şekil 1, süt işletmelerinde yaygın olarak ortaya çıkan sıvı atık kaynaklarını göstermektedir. Süt endüstrisi de dahil olmak üzere gıda endüstrilerinden gelen atıklar yüksek düzeyde organik madde, yağ ve gres, yağ asidi ve önemli düzeyde azotlu ve fosforlu bileşikler içerebilmektedir. Ayrıca hijyen uygulamaları ve ekipman temizliğinde kullanılan temizlik ürünlerinin kalıntılarını da kapsamaktadır (Porwal ve ark., 2015).

Süt ürünlerinin işlenmesi, yüksek su tüketimine ihtiyaç göstermekte ve çoğunlukla kimyasal olarak modifiye edilmiş, sıvı şeklinde büyük miktarda atık ortaya çıkmaktadır (Sarkar ve ark., 2006). Bu nedenle de, süt endüstrisinden atık su deşarjı miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Süt endüstrisi tarafından işlenen sütün litresi başına yaklaşık 6-10 L atık su oluşmaktadır. Kaynağına ve bileşimlerine bağlı olarak süt ürünleri atık suları; işleme suyu, atık su ve sıhhi atık su olarak sınıflandırılmaktadır (Britz ve ark., 2006). Süt işleme atık suyu yıkama için kullanılan deterjanlara ve dezenfektanlara ek olarak genellikle yüksek konsantrasyonda laktoz, kazein, inorganik tuzlar, yağ ve peynir altı suyu proteini gibi çözünmüş organik bileşenlere sahip bulunmaktadır.

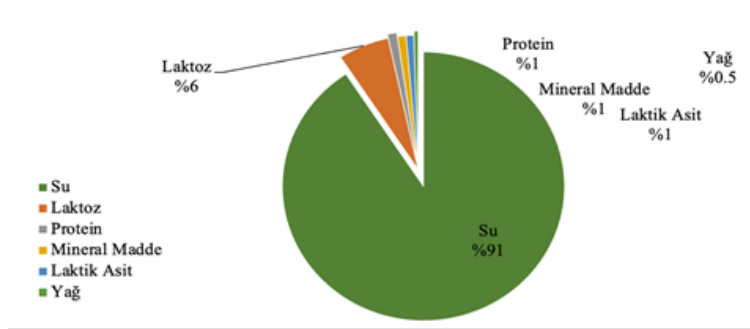
Bu atık suyun bileşimi esas olarak ürün ve işleme yöntemine bağlı olarak da değişmektedir (Carvalho ve ark., 2013). Süt çamurunda ise, kazein, yağ, laktoz, biyolojik değerli N, P, K bileşenleri bulunmaktadır (Singh ve ark., 2013). Süt endüstrisinden sterilize ve pastörize süt, peynir, krema, tereyağı, dondurma, yoğurt, ayran ve süt tozu gibi çeşitli ürünler elde edilmektedir. Çoğunlukla süt ürünleri atıkları; teknolojik döngülerde kaybolan süt veya süt ürünlerini (yağsız süt, bozulmuş süt, dökülmüş süt ve peynir pıhtısı parçaları), işleme operasyonlarının yan ürünlerini (peynir altı suyu permeatı, peynir altı suyu, haşlama suyu, yayık altı suyu, salamura suyu), CIP (yerinde temizleme) prosedürlerinde kullanılan reaktifleri, konteynerlerin, teneke kutuların, ekipman tanklarının, şişelerin ve yerlerin yıkanmasında kullanılan kirleticileri ve üretim sürecinde kullanılan farklı katkı maddelerini içermektedir (Slavov, 2017).



Şekil 1. Süt endüstrisi atık sularının bileşenleri

Süt endüstrisinin temel sıvı yan ürünü, peynir ve kazein üretimi sırasında üretilen peynir altı suyudur. Peynir altı suyu, lipit, karbonhidrat, suda çözünür vitamin, mineral ve biyolojik değeri yüksek proteinleri içermektedir (Chatzipaschali ve Anastassios, 2012). Şekil 2 peynir altı suyunun genel bileşimini göstermektedir. Peynir fabrikalarından gelen atık sular iki gruba ayrılmaktadır. Boru hatlarından çıkan deterjan ve süt artıkları ile karıştırılmış yıkama ve pastörizasyon suları birinci gruba girmektedir ve bunlar düşük organik yüke sahip olup, genellikle yerinde uygun aerobik arıtma ünitelerinde arıtılmaktadır. İkinci grupta ise, peynir altı suyu bulunmaktadır. Peynir altı suyu atıkları toplam atık suyun yaklaşık 1/3'ünü oluştursa da, yüksek organik yüke (yüksek KOİ ve BOİ) sahiptirler ve bu atıklar toprakta veya su kaynaklarında doğrudan bertarafına izin verilemeyecek kadar kirletici olmaktadır (Chatzipaschali ve Stamatis, 2012). Başta peynir altı suyu olmak üzere peynir fabrikalarından gelen atık suların arıtımı fiziko-kimyasal ve/veya biyolojik yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, fiziko-kimyasal yöntemlerde maliyet daha yüksektir ve çözünür KOİ'nin giderilmesi düşüktür. Bu nedenle organik yükün uzaklaştırılması amacı ile anaerobik sindirim ve biyolojik yöntemler daha çok tercih edilmektedir (Vidal ve ark., 2000). Üretim şekline ve kazeinin pıhtılaşmasına göre, peynir altı suyu iki gruba ayrılmaktadır: pH <5 olan asidik peynir altı suyu ve pH değeri pH 6-7 olan tatlı peynir altı suyu şeklindedir. Peynir altı suyunun bileşimi, üretimde kullanılan sütün özelliği/bileşimi, peynir üretim tekniği, maya miktarı, pıhtılaşma için kullanılan asit/enzim, bunların özelliği/miktarı ve pıhtılaşma süresi/sıcaklığı gibi faktörlere de bağlıdır (Chatzipaschali ve Stamatis, 2012). Peynir işleme atıkları, fiziko-

kimyasal özellikleri, içerdiği mineraller (%0.46-10), toplam askıda katı maddeler ($0.1-22 \text{ kg m}^{-3}$), pH (3.3-9.0), fosfor ($0.006-0.5 \text{ kg m}^{-3}$) toplam azot ($0.01-1.7 \text{ kg m}^{-3}$), organik yük ($0.6-102 \text{ kg m}^{-3}$), laktoz ($0.18-60 \text{ kg m}^{-3}$), protein ($1.4-33.5 \text{ kg m}^{-3}$) ve yağlar ($0.08-10.58 \text{ kg m}^{-3}$) vb. bileşenler nedeniyle süt endüstrisinde önemli bir çevresel etki oluşturmaktadır. Peynir altı suyu bu özelliği ile, aşırı oksijen tüketimine, geçirgenliğin azalmasına, ötrofikasyona ve toksisiteye neden olmaktadır. (Ergüder ve ark., 2001; Prazeres ve ark., 2012).



Şekil 2. Peynir altı suyunun bileşimi

Yayık altı suyu, tereyağı üretimi sırasında ortaya çıkan, süt yağı globül membranı (MFGM), fosfolipid ve biyoaktif peptid içeriği yönünden zengin ve gıdalarda emülsifikasyon etkisi ile kullanılan bir süt endüstrisi yan ürünüdür. Bu nutrasötik yan ürün, biyoaktif protein ve lipit içeriğinin yanı sıra, MFGM bileşiklerinin antikanserojen, antibakteriyel, kolesterol düşürücü, antioksidatif stres ve kalp-damar rahatsızlıklarını azaltıcı ve bağışıklık sistemini düzenleyici özelliği ile de sağlık açısından dikkat çekmektedir (Ozcan ve Demiray-Teymuroglu, 2020).

Çizelge 1’de süt endüstrisi atık suyunun genel özellikleri verilmiştir. Süt endüstrisi atık suları yüksek BOİ değeri ($40-48.000 \text{ mg/L}$), KOİ değeri ($80-95.000 \text{ mg/L}$) ve 4.7 ile 11 arasında değişen pH aralığına sahip bulunmaktadır. pH değerlerindeki geniş değişim aralığı ve içerik; uygulanan temizleme yöntemine, temizleme suyundaki çok çeşitli asit/alkali deterjanların içeriğine ve miktarına, ayrıca süt prosesinde uygulanan ısıtma sıcaklıkları ve diğer işleme yöntemlerine bağlı olarak şekillenen kalıntılara ve bunların uzaklaştırılma şekline göre değişmektedir (Britz ve ark., 2006). Süt endüstrisi atık suları genellikle beyaz renkte (peynir altı suyu sarımsı-yeşil renktedir), hoş olmayan bir kokuda ve bulanık özelliğe sahiptirler (Shete ve Shinkar, 2013; Slavov, 2017). Sıvılarının sıcaklığı ($17-25 \text{ }^\circ\text{C}$) normal atık su sıcaklığından ($10-20 \text{ }^\circ\text{C}$) daha yüksektir, bu nedenle süt atık sularında kanalizasyon arıtma tesislerine kıyasla daha hızlı bir biyolojik bozulma meydana gelmektedir (Slavov, 2017).

Çizelge 1. Süt endüstrisi atık suyunun genel özellikleri

Bileşen	Değer
pH	7.2
Alkalite	600 mg/L
Toplam Çözünmüş Katı Madde	1060 mg/L
Askıda Katı Madde	760 mg/L
BOİ	1240 mg/L
KOİ	84 mg/L
Toplam Nitrojen	84 mg/L
Fosfor	11.7 mg/L
Yağ ve Gres	290 mg/L
Klorür	105 mg/L

BOİ: biyolojik oksijen ihtiyacı, KOİ: kimyasal oksijen ihtiyacı

Süt ürünleri için atık sudaki BOİ ve KOİ değerleri önemli parametrelerdir. Atık sudaki ana BOİ kaynakları peynir, tereyağı ve krema üretiminden arta kalan peynir altı suyu ve yayık altı suyudur (Avcı ve Ozcan, 2020). Spesifik süt bileşenlerinin atık yük eşdeğerleri şunlardır: 1kg laktoz, 1.13kg KOİ; 1kg süt yağı yaklaşık 3kg KOİ ve 1kg protein 1.36kg KOİ'ye eşittir. Ancak, bu bileşenlerin özellikleri işleme proseslerindeki farklılığa bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Jaganmai ve Jinka, 2017). Bununla birlikte, toplam çözünbilir katılar da (TSS), atık su artımının verimliliğinin değerlendirilmesi ve belirlenmesi için genellikle kullanılan önemli parametrelerden birisidir. Süt endüstrisi atıklarında yüksek TSS konsantrasyonunun ortaya çıktığı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Porwal ve ark., 2015; Al-Wasify ve ark., 2018).

Yapılan bir araştırmada, süt endüstrisi atık suyunda fiziko-kimyasal özellikler değerlendirilmiş, yüksek biyolojik kirlilik parametreleri saptanmıştır (Al-Wasify ve ark., 2018). Atık maddenin ortalama sıcaklığının 34 °C, TSS içeriğinin 1222 mg/L ve pH'in 9.8 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çözünmüş oksijen (DO), BOİ ve KOİ değerleri sırasıyla 1.2 mg/L, 650 mg/L ve 1448 mg/L olarak bulunmuştur. Bir başka benzer çalışmada, Ocak ve Temmuz aylarında toplanan süt atık sularının fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiştir. Ocak ayında sıcaklık 27 ± 2.08 °C, pH 6.8 ± 0.64 , BOİ 320 ± 26.76 mg/L ve KOİ 954 ± 86.18 mg/L değerlerinde, Temmuz ayında ise sıcaklık 31 ± 1.53 °C, pH 6 ± 0.69 , BOİ 355 ± 78.99 mg/L, COD 982 ± 67.57 mg/L olarak saptanmıştır (Verma ve Singh, 2017). Bu sonuçlar, farklı süt işleme yöntemi, süt ürünlerinin çeşidi ve mevsimler arasındaki farklılıkların fiziko-kimyasal parametrelerde değişimlere neden olduğunu göstermektedir.

Süt endüstrisinden gelen atıklar, süttten kaynaklanan karbonhidrat, protein ve yağlar gibi yüksek konsantrasyonda organik madde bulundurması nedeniyle, özellikle yerel kanalizasyon ve belediye sistemlerinde organik yük açısından ciddi sorunlar ortaya çıkarabilmektedir. Süt endüstrisinden kaynaklanan bu kirlilik hava, toprak ve su kalitesini de etkilemektedir (Chen ve ark., 2018). İleri aşamalarda bu, oluşturduğu biyolojik kirliliğin yanı sıra, iklimsel değişimin nedeni de olabilmektedir. Yüksek organik yükün varlığından dolayı, süt atıklarından gelen maddeler su kanalizasyonlarına boşaltıldığında, çözünmüş oksijenin tükenmesine neden

olacak şekilde hızla bozunmaktadır. Bu tür su kütleleri, tehlikeli patojen hastalıklar (sıtma, sarıhumma vb.) için bir yayılma etkeni haline gelebilmektedir ve ayrıca böceklerin (sivrisinekler ve böcekler) ve çeşitli kemirgenlerin yayılmasını teşvik etmektedir (Al-Wasify ve ark., 2018). Bunun yanı sıra, biyolojik arıtma birimlerinde çamurun düşük çökebilirliği, oksijenin tükenmesi ve düşük proses verimliliği gibi çeşitli operasyonel güçlükleri de ortaya çıkarmaktadır (Damasceno ve ark., 2008). Amonyak, nitrat ve azot çığ sütte bulunmaktadır, bu da methemoglobinemiye neden olabilmekte ve bu bileşenler nitrite dönüştürüldüğünde ise yeraltı suyunu kirletebilmektedir (Khushwaha ve ark., 2011).

Süt atığının yüksek konsantrasyonu ve yoğun bileşim içeriği hem balık hem de alglerin spesifik çeşitleri için toksik etki oluşturabilmektedir (Shete ve Shinkar, 2013). Süt ürünü atıkları su içinde oksijen tüketimine neden olan yosun ve bakterilerin gelişmesine neden olmakta ve bu da deniz canlılarında su kaybına, bu süreçte de balıkların kademeli olarak ölmesine neden olmaktadır (Shete ve Shinkar, 2013). Sucul yaşamda, yüksek TSS konsantrasyonu nedeniyle bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Ayrıca, asılı parçacıklar nedeniyle su kütlelerine ışığın nüfuz etmesi sınırlı olabilmekte, bu da balıklarda solungaçların tıkanmasına neden olmaktadır (Al-Wasify ve ark., 2018).

Süt işleme atık suyu ve peynir altı suyu yüksek organik yükü nedeniyle ana kirleticilerdir. Peynir altı suyu, çoğunlukla laktoz olmak üzere karbohidratlardan (%4-5) oluşmaktadır (Slavov, 2017). Yüksek BOİ (<35,000 mg/L) ve KOİ (<60,000 mg/L) varlığı nedeniyle laktoz en fazla kirlilik oluşturan yan ürün olarak kabul edilmektedir. Arıtma olmadan atılırsa, bu endüstriyel atık toprağın fiziksel ve kimyasal bileşimini değiştirebilmekte, bu da ürün veriminin düşmesine ve suda oksijen bulunmamasına neden olabilmektedir (De Jesus ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda, nehir ve göllere peynir altı suyunun atılmasının büyük bir kirliliğe neden olduğu tespit edilmiştir. Bu koşullar ötrofikasyon sürecinin yükselmesine ve sonuç olarak mikroorganizmaların yanı sıra su bitkilerinin de aşırı büyümesine neden olmaktadır. Bir araştırmaya göre, yaklaşık 40.000 L atılmamış peynir altı suyu, günlük 250.000 kişi tarafından üretilen kirliliğe eşit bir kontaminasyona yol açmaktadır (De Jesus ve ark., 2015). Dolayısıyla, endüstrilerden kaynaklanan başlıca kirlilik kaynağı atık su deşarjıdır ve bunun sonucu olarak da ekosistem etkilenmektedir. Endüstriyel atıkların olumsuz etkisi canlı organizmanın yanı sıra tarımı da etkilemekte ve bu da çevrenin bozulmasına neden olmaktadır. Çevresel kirlilik ve karbon emisyonu ile ilgili olarak daha çok fermente süt ürünlerinin üretiminden arta kalan proses suları etki yaratmaktadır. Fermente olmayan ürünler ise çok fazla bir yan ürün oluşturmamaktadır. Dünya çapında yaygın şekilde üretilen ve tüketilen dondurmanın çevresel etkileri çok az bilinmektedir. Dondurma üretiminde girdiler ürüne dahil olmakta, üretim prosesi gereği çok fazla atık ve kayıp ortaya çıkmamaktadır (Kothari ve ark., 2012; Verma ve Singh, 2017).

Dondurma üretiminde, vanilya ve çikolatalı dondurma, toplam pazar payının yaklaşık %36'sını kaplayan ve her biri yaklaşık %18 olan yaygın aromalardır (Key Note, 2015). Kullanılan hammaddeler çevresel etkilerin çoğuna en fazla katkıda bulunanlardır (>%70). Bunun istisnası, esas olarak perakendecideki soğutulmuş depolamadan (%95) kaynaklanan ozon tabakasının incelmesidir. Etkiler depolama süresine ve soğutucu akışkanın türüne bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, çikolatalı dondurmanın küresel ısınma potansiyeli, kakao çekirdeği yetiştiriciliğiyle ilişkili arazi kullanım değişikliğine karşı çok hassastır ve bu da çevresel etkiyi %60

arttırmaktadır. Konstantas ve ark., (2019), dondurma çeşitlerinin tüm yaşam döngüsünü göz önünde bulundurarak dondurmanın çevresel sürdürülebilirliğini değerlendirmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirme sonuçları, dört ürünün etkilerinin büyük ölçüde benzer olduğunu göstermektedir. Bu trendin istisnaları tatlı su ve deniz eko-toksitesitesi, tarımsal arazi işgali, mineral tükenmesi, su tüketimi ve su ayak izidir. Bu kategorilerde dondurmalar, ürünler arasında en az $\pm\%10$ varyasyon göstermektedir, çikolata ürünleri ortalama olarak vanilyadan yaklaşık %16 daha yüksek bir etkiye sahiptir. Değerlendirmelerde bir diğer önemli eğilim, dondurmaların premium çeşitlerinin normal olanlardan daha yüksek çevresel etkilere sahip olmasıdır. Örneğin, belirsizlik analizi, normalden daha yüksek bir küresel ısınma potansiyeline sahip premium versiyonlarının olasılığının vanilyalı dondurma için %68 ve çikolata için %92 olduğunu göstermektedir.

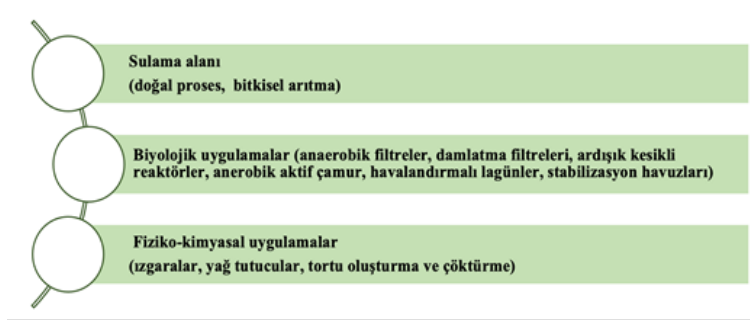
İnsanlığın enerjiye olan ihtiyacı ve enerjiyi elde etmek için gerçekleştirdiği faaliyetlerde fosil yakıt tüketimiyle açığa çıkan gazların atmosferdeki varlığının artması sonucu doğal sera etkisinden daha fazla sera etkisine sebep olmaları küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli nedenidir. Hammaddeler, üretimin egemen olduğu fosil yakıt tüketimi hariç, tüm etki kategorilerine en fazla katkıda bulunanlardır. Hammadde aşamasında çiğ süt, etkilerin büyük çoğunluğuna neden olmaktadır. Ayrıca, arazi kullanım değişikliği söz konusu olduğunda kakao tozu küresel ısınma potansiyeline önemli ölçüde (%70) katkıda bulunabilmektedir. Üretimde özellikle sertleştirme işlemi ve derin dondurma enerji tüketimine etki etmektedir. Perakende aşaması da ozon tabakasının incelmeye en önemli katkıda bulunmaktadır. Bu esas olarak soğutucu akışkanların üretimi ve sızıntısından kaynaklanmaktadır. Etkiler, üretici ve perakendecideki dondurmanın depolama süresine ve kullanılan soğutucu akışkan türüne bağlı olarak değişmektedir. Yapılan bir çalışmada, İngiltere'nin yıllık 404 kiloton dondurma tüketimine dayanarak, sektörün yılda yaklaşık 17TJ birincil enerji tükettiği ve 1.5Mt CO₂ eşdeğeri yaydığı tahmin edilmektedir. Dondurma sektörü, İngiltere'deki tüm yiyecek ve içecek sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının %1.8'ini temsil etmektedir. Sektördeki gelecekteki gelişmeler, süt ve kakao üretimine ve muhtemelen bu iki bileşenin miktarını azaltmak için ürün formülasyonunu değiştirmeye odaklanmalıdır. Depolama süresinin azaltılması, ozon tabakasının incelmeye ve küresel ısınma potansiyelini engelleyebilmek için bir diğer önemli iyileştirme seçeneğidir (Konstantas ve ark., 2019)..

Süt Atıklarının Arıtılması ve Değerlendirilmesi

Birçok ülkede süt endüstrisi atıkları doğrudan su ile atılmasına rağmen, oluşturabileceği biyolojik kirlilik ve çevresel etki nedeniyle bu tercih edilen bir yöntem değildir. Bu nedenle de Şekil 3'de açıklanan arıtma yöntemleri tercih edilmektedir. Bu yöntemler sulu sistemler, fiziko-kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri olarak özetlenebilmektedir. Pek çok ülkede, atık su arıtımı uzun yıllar, geleneksel biyolojik yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Bu tesisler, yüksek ilk yatırım, üretim ve bakım maliyeti, yüksek enerji tüketimi, yüksek karbondioksit emisyonu, koku salınımı ve gürültü oluşturan sonuçları ile ortalama 30 yıl ömre sahip olmuşturlar. Düşük gelirli, gelişmekte olan ülkelerin bu tesislerin inşası için hiçbir fonunun olmayışı ve ayrıca bu tesisleri

işletmek ve yönetmek için teknik uzmanlıklarının olmaması, arıtılmamış atık suyun doğrudan çevreye atılarak bertaraf edilmesine neden olmuştur (Stefanakis ve ark., 2014).

Sulak alanlar, geleneksel arıtmaların aynı işlevine sahip oldukları gibi, daha ekonomik, çevre dostu ve enerji verimliliği olan bir formda oldukları için bir tür sürdürülebilir atık su arıtma olarak kabul edilirler. Bir sulak alan, atık suyun arıtılması için mikrobiyel bir popülasyonu içermektedir, bu nedenle bu sistem doğal bir süreç içinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde, sulak alan bitkileri, çöktürücü ajanlar ve mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Özellikle daha az inşaat, enerji ve işletme maliyeti, kontrol edilebilir koku, çamur geri dönüşümü azlığı ve uzun kullanım ömrü nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde süt ürünleri tesisleri arıtımı için tercih edilmektedir (Stefanakis ve ark., 2014; Slavov, 2017). Bununla birlikte, bu yöntem, geniş bir yüzey alanında kullanımı ile hem yüzey hem de yeraltı suyu için potansiyel risk oluşturması, böceklerin varlığı ve tehlikeli uçucu maddelerin ortaya çıkması gibi bazı dezavantajları da içermektedir (Carvalho ve ark., 2013; Slavov, 2017).



Şekil. 3. Süt endüstrisi sıvı atıklarının arıtma yöntemleri

Normalde, süt atık sularının arıtılması için aerobik ortam kullanılmaktadır. Çoğunlukla ağır yüklü süt atığı suyu oksijenli sulak alanlarda arıtılırken, 20 °C'de beş gün içinde süt atığı ile aerobik havuzda %85 oranında BOİ değerinde azalma sağlanabilmektedir (Britz ve ark., 2006). Süt atık sularındaki süt yağının ve protein kolloidlerinin uzaklaştırılması ve azaltılması fiziko-kimyasal arıtma ile sağlanabilmektedir. En önemli fiziko-kimyasal arıtma aşamalarından birisi, endüstriyel atık suların arıtılmasına yardımcı olan pıhtılaşma ya da tortu oluşturmadır (flokülasyon) (Carvalho ve ark., 2013). Bu adım, suyun bulanıklığından sorumlu olan askıya alınmış ve koloidal haldeki partikülleri azaltmakta, KOİ ve BOİ içeriğinden sorumlu organik maddelerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Koagülant ilavesi, parçacık miktarının dengesizleşmesi, ardından parçacık ve çökelti oluşumu ile sonuçlanmakta ve sonuçta çökme veya tortulaşma oluşmaktadır. Süt atık sularında doğal pıhtılaşma özel laktik asit bakterileri kullanılarak sağlanabilmektedir. Bu bakteriler laktozu fermente etmekte ve böylece laktoz atık suda süt proteininin denatürasyonuna neden olan laktik aside dönüşmektedir. Ortak pıhtılaştırıcılar ile karşılaştırıldığında, araştırmacılar daha düşük dozda (10 mg/L) kitosanın bile KOİ ve toplam çözünmüş katı madde (TDS) değerlerini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, kitosan işleminden sonra toz aktif kömür (PAC) ile arıtmanın atık sudan renk ve kokunun giderilmesinde yararlı olduğu sonucuna varmışlardır (Sarkar ve ark., 2006).

FeSO₄ ve H₂O₂ ile oksidasyon ön işlemi, peynir altı suyunda bulunan yağın %80'e kadar uzaklaştırılmasıyla sonuçlanmaktadır (1.93 g/L başlangıç konsantrasyonu) (Vlyssides ve ark., 2012). Ek olarak, verilen bitki bazlı doğal bir pıhtılaştırıcı olan tanenin doğrudan uygulanması üzerinde çalışılmıştır. Bu maddenin kullanımının

avantajları; inorganik pıhtılaştırıcılardan daha iyi genel performansa sahip olması, üretilen atığın biyo bozunur olması ve geniş bir pH aralığında uygulanabilir olmasıdır. Bu bağlamda, pıhtılaştırıcı olarak tanen kullanımının süt endüstrisinden gelen atık suların arıtılması için umut verici olduğunu göstermiştir (Justina ve ark., 2018).

Biyolojik arıtma; damlama filtreleri, gazlı lagünler, aktif çamur, yukarı akışlı anaerobik çamur battaniyesi (UASB), anaerobik filtreler, sıralı kesikli reaktör (SBR) vb. süreçleri içeren süt atık suyu için en çok tercih edilen ve organik atıkların süt atıklarından uzaklaştırılması için kullanılan yöntemdir (Carvalho ve ark., 2013). Bununla birlikte bu yöntem, aerobik biyodegradasyon sırasında çamur oluşumu, kanalizasyon çamuru arıtımı da dahil olmak üzere maliyetli olabilecek bertaraf sorunlarına da neden olabilmektedir (Dabrowski ve ark., 2017). Çamurun organik materyali ve hatta toksik ağır metallerinin de burada adsorbe edebilmesi ciddi bir sorun oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, biyolojik sistem, uygun mikroorganizmalar mevcutsa, kompleks organikleri mikrobiyolojik olarak dönüştürme ve hatta ağır metalleri adsorbe etme yeteneğine de sahip olmaktadır (Britz ve ark., 2006). Oksijen ihtiyacına bağlı olarak biyolojik arıtma i) Aerobik ve ii) Anaerobik yöntemler şeklinde ikiye ayrılabilir. Aerobik yöntem süt atık su arıtma tesislerinin çoğunda kullanılmaktadır, ancak düşük su tampon kapasitesi ve yüksek laktoz seviyesinden kaynaklanan hızlı asidifikasyon ve küf gelişimi nedeniyle etkinliği azalmaktadır. Aerobik biyolojik arıtma, oksijen bakımından zengin ortam varlığında geliştirilen ve organik bileşikleri karbon dioksit, su ve hücre materyale oksitleyen mikroorganizmalara bağlı olarak şekillenmektedir (Britz ve ark., 2006). Amonyaktan (NH_3) elde edilen azot bu yöntemde kolayca bozulurken, fosfor giderimi durumunda etkinlik oldukça azalmakta ve esas olarak çevresel koşullara bağlı olmaktadır. Burada, anaerobik bakterilerle karşılaştırıldığında, aerobik bakteriler daha az etkili olmaktadır (Slavov, 2017). En eski biyolojik arıtma yöntemleri arasında olan, süzme filtreleri veya konvansiyonel damlama gibi aerobik filtrelerin kullanılması, yüksek kalitede son ürünleri oluşturmaktadır. Yüksek dayanıklılığa sahip süt ürünlerinde ise (yağ ve gres bakımından zengin) aerobik filtrelerin kullanımı sınırlı olmaktadır. Biyokütle kaybı ve filtre kirlenmesi gibi sorunlar, yüksek yağ ve ağır biyofilm blokajının artışına bağlı olarak verimin azalmasına neden olabilmektedir. Genel öneri ise, atık su için organik yüklemenin $0.28\text{--}0.30 \text{ kg BOI/m}^3$ den fazla olmaması ve devir daim yapılması gerektiği şeklinde olmaktadır (Britz ve ark., 2006).

Süt atık suyu arıtımı için, farklı yükleme kabiliyetleri ve etkin esnekliği nedeniyle sıralı kesikli reaktör (SBR) tercih edilmektedir (Slavov, 2017). SBR, havalandırma, çökeltme, katı madde çekme ve katıların geri dönüşümü için kullanılan tek bir tank ve çekme ünitesidir. Gil-Pulido ve ark. (2018), atık suda ve süt ürünlerinde yüksek organik yük mevcut olduğunda azot ve fosfor iyileştirme sınırlamalarını düzenlemek için “Aralıklı Havalandırma Sekanslama Toplu Reaktörü”nü (IASBR) performansını araştırmışlardır. IASBR teknolojisi 3 farklı havalandırma oranıyla (0.4-0.8 L/dak) uygulanmıştır. Reaktör 0.6 L/dak havalandırma oranıyla çalıştığında, yüksek miktarda besin giderimine ulaşılmıştır (ortofosfatların %90'ından fazlası ve sentetik süt atık suyunda amonyum azot giderimi). Bu çalışmanın ana katkısı, süt ve atık su arıtımı için geleneksel Biyolojik Besin Giderimi'ne (BNR) verimli bir seçenek sunulmasının yanı sıra enerji ve altyapı taleplerinin azaltılmış olmasıdır.

Anaerobik arıtma, esas olarak maliyet etkinliği nedeniyle aerobik arıtma sisteminden daha uygundur. Anaerobik sistemlerin doğru kullanımı hoş olmayan kokuya neden olmamaktadır. Düşük konsantrasyonda askıda katı madde içeren sıvılar için, biyolojik arıtma olarak anaerobik filtre reaktörlerinin kullanılması uygun olmaktadır. Bazı araştırmacılar, anaerobik işlemlerin aslında peynir endüstrisinde yüksek organik yüke sahip atık su arıtmanın tek geçerli yöntemi olduğunu belirtmektedirler (Carvalho ve ark., 2013). Anaerobik arıtma tekniklerinin bazı örnekleri şunlardır: anaerobik sindirim (AD), UASB, yukarı akışlı anaerobik filtre, tamamen karıştırılmış tank reaktör (CSTR), anaerobik temas işlemi, genişletilmiş yatak ve/veya sıvılaştırılmış yataklı sindiriciler, membran anaerobik reaktör sistemi (MARS) ve sabit yataklı sindiricilerdir (Goli ve ark, 2019). Enzimatik hidroliz gibi bir ön arıtma, yüksek yağ içerikli atık su için anaerobik işlemin verimliliğini ve performansını artırabilmektedir. Potansiyel olarak lipitler, karbonhidratlar (0.42 L/g) ve proteinler (0.63 L/g) (Neves ve ark., 2009) ile karşılaştırıldığında metana göre (0.99 L/g) yüksek teorik dönüşüm sağlamaktadır. Bununla birlikte, lipit hidrolizi genellikle anaerobik işlem için sınırlayıcı bir adımdır. Bazı araştırmacılar, bu yağ etkilerini en aza indirmek ve esas olarak lipit hidrolizini iyileştirmek için enzim ilavesi (genellikle lipazlar) ile arıtmanın yollarını araştırmışlardır (Meng ve ark., 2015, Meng ve ark., 2017).

Genel olarak, aerobik ve anaerobik proses arıtmaları genellikle tarımsal atık su arıtımı sınırlarına ulaşmak için süt atık su arıtımında birlikte kullanılmaktadır. Aerobik teknoloji sadece karbon içeren kirletici seviyesini düşürdüğünden ve etkisi besin maddelerinin uzaklaştırılması için zayıf olduğundan, bir ön adım olarak düşünülmeli ve geliştirilmelidir. Ardışık UASB reaktörü ve aerobik denitrifikasyon aşamaları kullanılarak, karışık süt atık suyu tam ölçekli bir seviyede başarıyla arıtılmıştır. KOİ'nin %95'inin yok edilmesi sonucu üretilen CH₄, tüm bir bitkinin enerji ihtiyacını karşılamak için yeterli miktardadır (Britz ve ark., 2006).

Süt Endüstrisi Atıklarında Biyoteknolojik Uygulamalar

Biyolojik dönüşümler potansiyel yakıt hücrelerini, aerobik/anaerobik mikrobiyel fermantasyonu ve ayrıca anaerobik sindirim gibi biyoteknolojik süreçleri kapsamaktadır. Ayrıca, çeşitli biyolojik değerli ürünlerin üretimi için de kombine biyoteknolojik ve fiziko-kimyasal süreçler kullanılabilir (Chen ve ark., 2018). Süt endüstrisi atıklarının değerlendirilmesinde kullanılan farklı biyoteknolojik yöntemler Çizelge 2'de belirtilmektedir. Fermantasyon ile peynir altı suyu, peynir altı suyu permeatı ve tereyağı üretiminden arta kalan yayık altı suyu, çok çeşitli ürünlerin üretimi için kullanılabilir (Panesar ve ark., 2013, Özdemir ve Özcan, 2019). Chokshi ve ark. (2016) *Acutodesmus dimorphus* mikro alginin, çiğ süt atık sularından besinleri tüketmek için etkin bir şekilde kullanılabilirliğini belirtmiştir (Çizelge 2). Çalışmada 4 günlük kültürasyon uygulamasından sonra KOİ seviyesi %90'ın üzerinde azalırken, amonyak azotu 6 günlük kültürasyondan sonra tamamen tüketilmiştir. Araştırmacılar elde edilen biyokütlede %25 lipit ve %30 karbonhidrat saptamışlar ve *Acutodesmus dimorphus* mikro alginin biyodizel ve biyoetanole dönüşüm için kullanılabilirliğini, etkin bir atık su bertarafınının sağlandığını ve yüksek miktarda biyokütlenin sürdürülebilir bir şekilde üretilebileceğini belirtmişlerdir.

Geotrichum candidum, lignolitik enzim üreten ve artık atık suyu endüstriyel işlemler ile temizleyebilen bir küf türüdür. Bu nedenle, *Geotrichum candidum*'un gelişmesi ve biyokütle üretimi için substrat olarak yağ pres suyu ve peynir altı suyu karışımının (20:80) kullanımı değerlendirilmiştir (Aouidi ve ark., 2010). Araştırmacılar, küf 5 gün boyunca 30 °C'de aerobik koşullar altında geliştirmişler ve bu karışımın, su ile seyreltme veya diğer besinler ile takviye gerekmeksizin biyokütle elde etmek için en ucuz ve en etkili substrat olabileceği sonucuna varmışlardır. Biyobozunur malzemeler olarak biyoplastiklerin, özellikle polihidroksialkanoatların (PHA), yüksek derecede kirletici yağdan üretilen plastikler için iyi bir alternatif olduğu belirtilmektedir. Çalışmalar peynir altı suyundan PHA üretimine odaklanmaktadır (Pakalapati ve ark., 2018).

Çizelge 2. Süt sanayi atıklarının değerlendirilmesinde biyoteknolojik uygulamalar

Ürün	Atık	Uygulama	Biyolojik ürün
Gıda zenginleştirici	Peynir altı suyu ve permeatı	Proses geliştirici, fermantasyon, terapötik etki, tekstür geliştirici, stabilizatör, yağ ikamesi	Peynir altı suyu türevi ürünler (peynir altı suyu protein konsantratu, peynir altı suyu protein izolatu, peynir altı suyu protein hidrolizatı)
Gıda zenginleştirici	Yayık altı suyu	Proses geliştirici, terapötik etki, tekstür geliştirici, stabilizatör, emülgatör, yağ ikamesi	Yayık altı suyu tozu
Biyokütle	Peynir altı suyu	<i>Geotrichum candidum</i> için besin ortamı	Biyokütle
	Atık su	<i>Acutodesmus dimorphus</i> için besin ortamı	Biyokütle; biyodizel ve biyoetanol
Biyoplastik	Peynir altı suyu	<i>Ralstonia eutropha</i> DSM545, <i>Pseudomonas hidrojenovora</i> veya diğer türler için besin ortamı	Biyoplastik (polihidroksialkanoatlar, PHA)
	Süt sanayi atığı	<i>Bacillus megaterium</i> SRKP-3 veya <i>Brevibacterium casei</i> SRKP2 için besin ortamı	Biyoplastik (polihidroksibutiratlar, PHB)
Biyogübre	Süt sanayi çamuru	<i>Rhizobium</i> için besin ortamı	Süt çamurunun substrat olarak kullanımı ile düşük maliyetli biyogübre
Biyoyakıt	Peynir altı suyu	<i>Kluyveromyces fragilis</i> ile fermantasyon	Etanol ve alkollü içeceklerde kullanımı
	Peynir altı suyu tozu	<i>Kluyveromyces sfragilis</i> ile fermantasyon	Biyoyakıt (etanol)
	Peynir altı suyu	<i>Conspicua</i> W16'da ve <i>Candida</i> ile fermantasyon	Biyoyakıt (etanol)
	Peynir altı suyu	<i>Clostridium acetobutylicum</i> DSM792 için besin ortamı	Biyobütanol
	Atık su	<i>Chlorella pyrenoidosa</i> için besin ortamı	Biyobütanol
Biyoenjerji	Atık su	Mikroalgler için besin ortamı	Biyoyakıt (biyodizel ve biyoetanol)
	Yağlı atık	Anaerobik biyodegradasyon	Biyometan (enerji)
	Süt ürünü atığı	Asidojenik fermantasyon ve anaerobik sindirim	Biyoenjerji (H ₂ ve CH ₄ üretimi)
Organik asit	Peynir altı suyu	<i>Aspergillus niger</i> ATCC 9642 için besin ortamı	Sitrik asit
	Peynir altı suyu	<i>Actinobacillus succinogenes</i> 130Z için besin ortamı	Süksinik asit
	Tatlı peynir altı suyu	<i>Propionibacterium shermanii</i> için besin ortamı	Propiyonik asit
	Yoğurt üretim atığı	<i>Lactobacillus casei</i> ATCC393 ile fermantasyon	Laktik asit
Biyoaktif peptit	Peynir altı suyu	<i>Maclura pomifera</i> 'dan lateks kullanımı	Biyoaktif peptit
Enzimler	Atık su	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Pseudomonas</i> ssp. ve <i>Streptomyces</i> için besin ortamı	Lipaz
Biyosümfaktan	Atık su	<i>Candida bombicola</i> ATCC22214 ile yetiştirme	Biyosümfaktan
Tek hücre proteini	Peynir altı suyu	Çoğunlukla mayalar olmak üzere laktoz fermente eden mikroorganizmalar için besin ortamı	Tek hücreli proteini
Polisakkaritler	Peynir altı suyu permeatı	<i>Xanthomonas campestris</i> için besin ortamı	Xanthan gum
	Deproteinize peynir altı suyu	<i>Streptococcus thermophilus</i> için besin ortamı	Eksopolisakkarit

Marangoni ve ark., (2002), *Ralstonia eutropha* DSM545 ile hidrolize peynir altı suyu permeatından PHA üretmişler ve polimerin son bileşiminin, ticari açıdan 3HV'nin %38'i olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 2). Polihidroksibutiratlar (PHB) en yaygın PHA türüdür ve *Bacillus megaterium* SRKP-3 tarafından üretilmektedirler. Süt endüstrisi atıkları, optimize edilmiş bir ortamda 36 saat geliştirme yöntemi ile maksimum PHB (11.32 g/L) üretim verimi ile substrat olarak kullanılabilir (Çizelge 2). *Brevibacterium casei* SRKP2, endüstriyel atık sütünü PHB üretimi için karbon kaynağı olarak kullanma yeteneğine de sahiptir. Bu bakteri 37 °C'de 48 saat içinde PHB (2.940 g/L) üretebilmektedir. Ayrıca, *Pseudomonas hidrojenovora*, laktoz hidrolize peynir altı suyu permeatından glikoz ve galaktozu metabolize ederek PHB üretme özelliği göstermiştir. Belirtilen biyoplastikler çevre dostudur, tıbbi alanda etki gösterebilmektedir ve ayrıca vücuda ilaç takviyesini kolaylaştırıcı nano parçacıkların üretimi için de kullanılabilir (Koller ve ark., 2008; Pandian ve ark., 2010).

Biofertilizer üretiminde, süt endüstrisinden kaynaklanan çamurun, *Rhizobium* gelişiminde etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışma, %60 süt çamurunun uygun bir gelişme ortamı olduğunu ve *Rhizobium* (Maya Özü Mannitol Broth) için kullanılan standart ortamlarla karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlara yol açtığını ortaya koymuştur. Araştırmacılar, süt endüstrisi çamurunun bir substrat olarak tekrar kullanılmasıyla biyo-gübre üretim maliyetinin düşürüleceği sonucuna varmışlardır (Singh ve ark., 2013).

Biyoyakıtların üretiminde, biyoyakıt ateşlemesi, fosil yakıtların yakılmasına kıyasla çevreye daha az kirletici madde salmaktadır (Bhatia ve ark., 2018). Süt endüstrisi atıkları, *Kluyveromyces fragilis* (Parrondo ve ark., 2000), *Kluyveromyces marxianus* DSMZ-7239 (Ozmihci ve Kargi, 2007) gibi çeşitli mayalar kullanılarak etanol üretimi için substrat olarak kullanılabilir. *Kluyveromyces fragilis*, peynir altı suyunda bulunan laktozu hidrolize etmekte (%20), bu da alkollü içeceklerin üretimi veya diğer uygulamalar için kullanılacak etanol üretimine (35.2 g/L) olanak sağlamaktadır (Parrondo ve ark., 2000). Minakshi ve Shilpa (2012) tarafından substrat olarak peynir altı suyu kullanılarak yapılan bir çalışmada, *Candida inconspicua* W16 tarafından aljinat kalsiyum jel içinde yüksek verimde etanol (30.3 g/L) üretilmiştir.

Biyolojik bileşen olarak peynir altı suyu tozunun kullanıldığı bir çalışmada, *Kluyveromyces marxianus* DSMZ-7239 ile 0.54g etanol/g laktoz elde edilmiştir. Sonuçlar, yüksek oran/verim elde etmek ve substrat inhibisyonunu önlemek için başlangıç şeker konsantrasyonunun 75g/L'nin (peynir altı suyu tozu <156 g/L) altında ve başlangıç biyokütlesinin 850 mg/L'nin üzerinde olması gerektiğini göstermiştir (Ozmihci ve Kargi, 2007). Butanol (1.5 g/L) üretiminde, laktoz içeren peynir altı suyunun fermantasyonu için %4.5-5 konsantrasyonunda *Clostridium acetobutylicum* DSM 792 suşu kullanılmıştır. İşlem, 5 gün boyunca 37 °C ve 150 rpm başlangıç kültüründe gerçekleştirilmiştir (Foda ve ark., 2010).

Chlorella pyrenoidosa, atık sulardaki bileşenleri hidrolize etme kabiliyetine sahip yeşil renkli bir mikro algdir. Bu mikroalgin süt atık suları ve biyoyakıt (biyodizel) üretimindeki potansiyelini incelemek için alg biyokütlesinin biyoyakıt haline dönüştürülmesi çok aşamalı bir süreçte gerçekleştirilmiştir. Toz haline getirilmiş alg biyokütlesinden yağ ekstraksiyonu n-hexan ve metanol kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Süt atık sularının fosfor (%80-85) ve azot (%60-80) içeriğinde, biyokütle (18.8 g/L) ve biyoyakıt (6.7 mL) üretiminde 15 günlük yetiştirme sürecinde azalma gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, *Chlorella pyrenoidosa*'nın kirletici yükün

hafifletilmesi için etkili olabileceğini ve biyoyakıt üretimi için potansiyel ajan olarak kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır (Kothari ve ark., 2012). Arıtım ve biyodizel üretimi amacıyla *Chlorella* spp.'nin süt atık suyunda kullanımının, yüksek kaliteli biyodizel üretimini sağlayan büyük bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Lu ve ark., 2015). Bununla birlikte, ticari olarak sürdürülebilir biyoyakıtın üretilmesi için alg üretim sisteminin daha fazla araştırılması ve geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Passero ve ark., 2014; Lu ve ark., 2015; Ding ve ark., 2015; Dong ve ark., 2016). Herhangi bir ön işlem yapılmadan ana substrat olarak süt atık sularında mikroalg *Acutodesmus dimorphus*'un geliştirilmesi, biyoyakıt üretiminde olumlu sonuçlar vermiştir. Çalışmada, üründen %90'dan fazla KOİ ve %100 amonyak uzaklaştırımının yanı sıra, biyokütle üretimi, dört günlük deneylerde 840 mg/L (kuru hücre ağırlığı) civarında bulunmuştur (Chokshi ve ark., 2016).

Başka bir yaklaşım, fermantatif hidrojen üretimi ile ilgilidir. Hidrojen, gelecekteki enerji talebini çözmek için en umut verici kaynaklardan biridir ve çevresel olarak çekici bir yaklaşıma sahiptir (Chandra ve ark., 2018; Wong ve ark., 2018). Bu tür ürünler, süt üreticilerinin atıkları gibi karbonhidrat açısından zengin bileşime sahip kaynaklardan üretilmektedir (Rugele ve ark., 2013).

Süt endüstrisi atıklarının organik yükü tipik olarak 1–10 g /L KOİ ve 0.3–5.9 g/L BOİ aralığındadır. Bu sayede biyoenerji üretimi için mükemmel bir kaynak olan yüksek biyobozunurluğa sahiptir. Asidojenik fermantasyondan sonra, ara ürünler asetojenler tarafından bozularak, asetat, CO₂ ve H₂ üreterek uçucu yağ asitlerine (VFA) dönüştürülmektedir. Bu bileşikler ayrıca, metanojenler tarafından da CH₄'e dönüştürülmektedir (Mohan ve ark., 2010). Bu çalışmalarla, süt endüstrisinden gelen ürün, asidojenik fermantasyon ve anaerobik sindirim yoluyla H₂ ve CH₄ üretimi için uygun bir hammadde haline dönüşmektedir (Chandra ve ark., 2018).

Süt atıklarını kullanabilen mikrobiyel yakıt hücresi kaynağı olarak yeni alternatif ve yenilenebilir elektrik kaynaklarının geliştirilmesi de düşünülmüştür (Bhatia ve ark., 2018). *Saccharomyces cerevisiae* PTCC5269 canlı hücreleri, peynir altı suyunda bulunan şekeri kullanabilir ve iki gün boyunca kararlı bir voltaj, 470µA enerji ve maksimum 50µW akım üretebilirler (Chandra ve ark., 2018). Elektrik enerjisi elde etmenin bir başka yolu da, süt endüstrisinin atık su arıtma tesisinde atık işleme tesisi tarafından üretilen yağlı atıklardan olabilmektedir. Bu yağlı atıklar, dönüşüm ünitelerinde sıvı atıklardan ayrılmakta, esas olarak lipitler ve proteinler olmak üzere yüksek konsantrasyonlarda organik madde içermektedir. Özellikleri ve yağın metana yüksek teorik dönüşüm verimleri göstermesi nedeniyle, yağlı atıkların anaerobik biyodegradasyonu, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyometan üretiminin ilginç bir yolu olabilmektedir (Hamawand ve ark., 2016). Bununla birlikte, yağlı atık suların dezavantajları da bulunmaktadır. Lipitler mikroorganizmalar için yetersiz erişilebilirlikte olduklarından, uzun zincirli yağ asitlerini inhibe edici özelliklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle, yağlı atıkların anaerobik sindirimi, enzimatik hidroliz (esas olarak lipaz), asit muamelesi (pH=2-2.5 için HCl ilavesi), termal hidroliz veya saponiasyon gibi ön arıtma işlemlerini gerektirebilmektedir (Carrere ve ark., 2012).

Bila ve ark., (2016), süt endüstrisi yağ atıklarının anaerobik sindiriminden biyometan üretmek için çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir. Araştırma, işlem sırasında metan üretimini doğrulamanın mümkün olduğu bir AMTPS'de (Anaerobik Metan Potansiyel Test Sistemi) gerçekleştirilmiştir. 63 günlük sürekli çalışma sonrasında, daha iyi sonuçlara ulaşan deneyler (0.1 veya 0.25g /100g lipaz ve 0.23g/100g kalsiyum klorür ile), özel metan üretimine (34.4-35g metan/ g atık) dayalı olarak seçilmiştir ve burada enerji elektrik üretimi olan

hipotetik bir bitkinin yağlı atıkların artırılmasında kullanılabileceği belirlenmiştir. Günde 1000 kg yağ atığı işlendiğinde, üretilen biyometanın işlenmesi için gereken enerjinin kendi kendine korumak için yeterli olacağı sonucuna varılmıştır.

Tek hücre proteinlerinin (SCP) önemli özelliği, ham proteine bağlı olarak kurutulmuş ağırlığın %40-80'i arasında değişen yüksek protein içeriğine sahip olmalarıdır. Ayrıca, bu protein bitkisel proteinden çok hayvansal proteine benzemekte, bu nedenle de üstün kalite özelliğine sahip olmaktadır. Genel olarak Güvenli (GRAS) olarak bilinen ve SCP üretiminde kullanılan farklı mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte üretimde daha çok mayalar tercih edilmektedir, çünkü bu mikroorganizmalar pek çok karbon kaynağında kolayca gelişebilirler ve bakterilere kıyasla daha büyük verime ve boyutlara sahip olduklarından kolayca hasat edilebilirler (Kasmi, 2016; Spalvins ve ark., 2018). SCP üretimi için mikroorganizma seçiminde, peynir altı suyundaki laktozu metabolize etme yeteneği etkili olabilmektedir. Laktozu metabolize etme yetenekleri nedeniyle, *Kluyveromyces* (*K. lactis* ve *K. marxianus*), *Candida* (*C. pseudotropicalis*) ve *Trichosporon* gibi farklı maya türleri çoğunlukla kullanılmaktadır (Kasmi, 2016). Peynir altı suyunda bulunan azotun karmaşık yapısı nedeniyle mikroorganizmalar, optimum büyümeleri için kolayca asimile edilen basit organik veya inorganik azot formlarına ihtiyaç duymaktadırlar (örneğin, üre, maya özütü). En iyi maya gelişimi ve SCP üretimi için 25-35 °C'lik bir sıcaklık aralığına ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, bu durum bazı maya suşları için de değişebilmektedir (örneğin, *C. utilis*). Bakteriler için optimum gelişme sıcaklığı yaklaşık 30 °C'dir. Ancak *Bifidobacteria* veya *Streptococcus thermophilus* gibi bazı *Lactobacillus* türleri 37-47 °C arasında optimum gelişme sıcaklığına sahiptirler (Kasmi, 2016).

Gıda, içecek ve ilaç endüstrileri genellikle çok sayıda farklı ürünü üretmek için katkı maddesi olarak kullanılan pek çok kimyasal bileşiği tercih etmektedir. Bu tür katkı maddeleri, aroma arttırıcılar, stabilizatörler, asitleştirici ajanlar veya koruyucular olarak etki gösterebilirler. Organik asitler (süksinik, laktik, sitrik ve propiyonik asit) bu grup bazı katkı maddelerine örnektirler (Darouneh ve ark., 2009; De Jesus ve ark., 2015) ve Çizelge 2'de gösterildiği gibi peynir altı suyundan elde edilebilirler. Sitrik asit, peynir altı suyundan *Aspergillus niger* ATCC 9642 kullanılarak üretilmektedir. Bu yöntemde, yüzey kültürü işleminde farklı sakaroz, glikoz, fruktoz, galaktoz, riboflavin, trikalsiyum fosfat ve metanol konsantrasyonları incelenmiştir. Araştırmacılar, en yüksek verimin (106.5 g/L), 16 günlük kültürasyondan sonra ve %1 metanol varlığında veya yokluğunda, %15 sükröz kullanılarak saptandığını bildirmişlerdir (El-Holi ve AIDelaimy, 2003). Süksinik asit, peynir altı suyu ve *Actinobacillus succinogenes*130Z kültürü kullanılarak üretilmektedir. En yüksek verim (fermantasyon işlemi sırasında tüketilen 1 g laktozdan üretilen 0.57 g süksinik asit), 50g/L başlangıç peynir altı suyu konsantrasyonunda elde edilirken, ilk peynir altı suyunda 100 g/L konsantrasyonda en yüksek verimlilik (0.58 g/L) elde edilmiştir. Optimum fermentasyon koşullarında (pH 6.8, %5 aşılama miktarı ve başlangıç peynir altı suyu konsantrasyonu 50g/L), 0,44 g/hL verimlilik ile 0.57 g/L süksinik asit verimi (fermantasyon işlemi sırasında tüketilen 1 g laktozdan üretilen g süksinik asit) elde edilmiştir. Araştırmacılar, *A. succinogenes* 130Z'nin peynir altı suyunu süksinik aside dönüştürebildiğini ve maliyet açısından etkin bir fermentatif üretim kaynağı olabileceği sonucuna varmıştır (Wan ve ark., 2008). Laktik asit, laktoz ve glikoz içeren bir atık madde olan yoğurt ve peynir altı suyundan üretilmektedir. Çalışmada, *Lactobacillus casei* ATCC393 kullanılarak

kontrollü pH koşulları altında maksimum 25.9 g/L laktik asit 34 saat sonra elde edilmiştir. Üretilen bu laktik asit ayrıca, propilen oksit, polilaktik asit polimeri (PLA) ve akrilik tamponlar veya propilen glikol üretimi için de kullanılmaktadır (Alonso ve ark., 2010). Propionik asit, *Propionibacterium* türleri kullanılarak üretilmektedir. Temel olarak, propiyonik asit, B₁₂ vitamini bileşiklerinin üretimi veya biyokütle üretimi için koruyucu olarak kullanılmakta ve *Propionibacterium* suşlarının bazıları da probiyotik kültürler olarak kabul edilebilmektedir (De Jesus ve ark., 2015). Pastörize tatlı peynir altı suyu, *Prophatibacterium shermanii* ile 72 saat 30 °C'de inoküle edilmiş ve 10g/L propionik asit üretimi gerçekleştirilmiştir (Anderson ve ark., 1986).

Biyoteknoloji uygulamaları ile seçilmiş bazı suşlardan çok çeşitli enzimler ticari olarak sentezlenebilmektedir (Çizelge 2). Bu enzimler, endüstride farklı biyolojik prosesler için geniş bir uygulama alanına sahiptirler. *A. niger*, *Pseudomonas* spp. ve *Streptomyces* spp. gibi bazı suşlar tanımlanmış ve organik bileşikleri kolayca parçalayabilen hidrolizasyon yeteneği yüksek mikroorganizmalardır. Bu suşlar atık suda bulunan yağları/ lipitleri parçalayabilirler ve lipaz enzimi üretimi için endüstrilerde geniş uygulama alanı bulmaktadırlar. Lipazlar için farklı uygulamalar arasında yağların modifikasyonu, çeşitli organik sentezler, gıda işleme ve kimyasal analizlerde ortam zenginleştirme sayılabilmektedir (Jaganmai ve Jinka, 2017). Laktoperoksidaz, bir anyonik yüzey aktif madde kullanılarak sıvı emülsiyon membranı (LEM) ile peynir altı suyundan Priyanka ve Rastogi (2018) tarafından başarıyla ekstrakte edilmiştir. Optimal koşullar altında laktoperoksidaz aktivite geri kazanımı ve saflaştırma faktörü sırasıyla %75.21 ve 2.86 olarak bulunmuştur.

Biyoaktif peptitler, bir öncü proteinin ortasında bulunan inaktif amino asit dizileridir. Enzimatik veya kimyasal hidroliz ile salındıklarında biyolojik aktivitelere sahip olmaktadır. Genellikle süt, peynir altı suyu, yayık altı suyu ve kolostrum antihipertansif aktivite ve antioksidan özelliklerde biyolojik değere sahip bu bileşiklerin temel kaynakları olup fonksiyonel gıda pazarının potansiyel bileşenleridirler (Corrons ve ark., 2012; De Jesus ve ark., 2015; Çizelge 2).

Peynir altı suyu, *Xanthomonas campestris* kullanılarak ksantan zamkı (heteropolisakkarit) gibi polisakkaritlerin üretilmesinde de kullanılabilir (Çizelge 2). Bu yöntemde, peynir altı suyu permeatı hidrolize laktoz fermantasyon işlemi için substrat olarak kullanılmaktadır (Mesomo ve ark., 2009). Ek olarak, atıkların bileşimindeki süt şekeri laktoz ekzopolisakkaritlerin (EPS) üretimi için de kullanılmaktadır. Dekstranlar gibi ekzopolisakkaritler, *Leuconostoc mesenteroides* suşu kullanılarak üretilmektedir (Santos ve ark., 2005). EPS bileşikleri mikroorganizmaların yüzeylere yapışmasını, biyofilmlerin oluşumunu kolaylaştırarak organizmaları çevresel etkenlere karşı korumaktadır ve bu bileşikler, gıda ve farmasötik endüstrilerinde viskozite, emülsiyon ve tekstür geliştirici, detoksifiye edici ve stabilizatör özellikleri ile fonksiyonel uygulamalara sahiptirler (De Jesus ve ark., 2015). Yapılan bir çalışmada, deproteinize peynir altı suyundan *Streptococcus thermophilus* kullanılarak maksimum 152 mg/L EPS elde edilebildiğini saptanmıştır (Ricciardi ve ark., 2002). Biyo-yüzey aktifler (BS), sıvıların yüzey gerilimini azaltabilen amfipatik moleküllerdir (hidrofilik ve hidrofobik kimyasal gruplar). Sentezlenmesi küf, maya ve bakteriler tarafından olmakta ve tarım, ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde kullanılabilir (De Jesus ve ark., 2015). *Candida bombicola* ATCC 22214 suşunun süt atık suyundan sophorolipidleri (SL) sentezleyebildiği saptanmıştır (Daverey ve ark., 2009). (Çizelge 2). *Bacillus licheniformis* M104, peynir altı suyunda geliştirildikten sonra gram pozitif suşlara ve patojenik enterobakterilere karşı

antimikrobiyal aktivite gösteren bir BS lipopeptidi üretebilmektedir. Araştırmacılar, üretilen biyo-yüzey aktif maddenin biyoteknolojik ve biyo-farmasötik uygulamalar için büyük bir potansiyel sundukları sonucuna varmışlardır (Gomaa, 2013).

Sonuç

Süt endüstrisi, çok fazla su kullanan ve yüksek miktarda süt ürünü üreten önemli bir gıda işleme sektörüdür. Atığın bileşimi üretim çeşidine göre değiştiğinden, atık suyun biyobozunurluğu ve arıtımı farklılık yaratmaktadır. Genel olarak süt endüstrisi atıkları, yüksek organik içeriğe, BOİ/KOİ değerine ve sıcaklığa sahiptirler. Uygun bir şekilde işlenmez ve doğrudan toprağa bırakılırsa, ciddi çevre sorunlarına neden olabilir ve hatta insanları, suda yaşayan organizmaları, balıkları ve tarımı büyük ölçüde etkileyebilmektedirler. Süt atıklarının işlenmesinde fiziko-kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çözünür KOİ'nin giderilmesinde daha iyi verimlilik ve maliyetlerin azalması nedeniyle biyolojik yöntemler de tercih edilmektedir. Anaerobik biyolojik arıtma atığın doğrudan kullanımı için daha çok önerilmekte ve uygun kullanımı kokuya neden olmamaktadır. Öte yandan, farklı biyoteknolojik alternatif yöntemlerle de atıkların değerlendirilmesi söz konusu olmaktadır. Biyoteknolojik yöntemler, biyolojik değeri yüksek organik atığı substrat olarak kullanma ve terapötik ürünlere dönüştürme potansiyeline sahiptir. Süt endüstrisindeki bu yan ürünler ayrıca, gıda, yakıt, sağlık, ilaç ve plastikte kullanım alanı bulmaktadır. Bugün tüm dünyada karbon emisyonunu azaltıp, her proses için karbon ayak izini hesaplayarak küresel iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmenin gerekliliği konusunda geniş bir fikir birliği bulunmaktadır. Biyolojik kazanımı arttırmak ve çevre kirliliğini azaltacak metodolojileri optimize etmek, yeşil ve sürdürülebilir bir tarım ve çevrenin kazanımı için olanak sağlayacaktır.

Teşekkür Bilgi notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Al-Wasify, R.S., Ali, M.N., and Hamed, S.R. 2018. Application of different magnetic intensities for the treatment of landfill leachate in Egypt. Cogent Engineering, 5: 1436114.
- Alonso, S., Herrero, M., Rendueles, M., and Díaz, M. 2010. Residual yoghurt whey for lactic acid production. Biomass and Bioenergy, 34: 931-938.

- Anderson, T.M., Bodie, E.A., Goodman, N., and Schwartz, R.D. 1986. Inhibitory effect of autoclaving whey-based medium on propionic acid production by *Propionibacterium shermanii*. Applied and Environmental Microbiology, 51: 427-428.
- Aouidi, F., Khelifi, E., Asses, N., Ayed, L., and Hamdi, M. 2010. Use of cheese whey to enhance *Geotrichum candidum* biomass production in olive mill wastewater. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 37: 877-882.
- Avci, H.R., and Ozcan, T. 2020. The characterisation of dairy industry waste buttermilk from different butter processing procedures. Fresenius Environmental Bulletin, 29: 5472-5478.
- Bhatia, S.K., Joob, H., and Yanga, Y. 2018. Biowaste-to-bioenergy using biological methods-A mini-review. Energy Conversion and Management, 177: 640-660.
- Bila, D.M., Vendramel, S.M.R., and Sant'Anna, G.L., J. 2016. Traitement enzymatique et digestion anaérobie d'une mousse de flottation. Chambéry, France: Annales 5èmes Journées de la Methanisation (édition électronique).
- Britz, T.J., van Schalkwyk, C., and Hung, Y.T. 2006. Treatment of dairy processing waste waters. Waste Treatment in the Food Processing Industry, 1-28p.
- Carrere, H., Rafrafi, Y., Battimelli, A., Torrijos, M., Delgenes, J.P., and Motte, C. 2012. Improving methane production during the codigestion of waste-activated sludge and fatty wastewater: Impact of thermo-alkaline pretreatment on batch and semi-continuous processes. Chemical Engineering Journal, 210: 404-409.
- Carvalho, F., Prazeres, A.R., and Rivas, J. 2013. Cheese whey waste water: Characterization and treatment. Science of the Total Environment, 445-446: 385-396.
- Chandra, R., Castillo-Zacarias, C., Delgado, P., and Parra-Saldívar, R. 2018. A biorefinery approach for dairy wastewater treatment and product recovery towards establishing a biorefinery complexity index. Journal of Cleaner Production, 183: 1184-1196.
- Chatzipaschali, A.A., and Stamatis A.G. 2012. Biotechnological utilization with a focus on anaerobic treatment of cheese whey: current status and prospects. Energies, 5: 3492-3525.
- Chen, G.Q., Talebi, S., Gras, S.L., Weeks, M., and Kentish, S.E. 2018. A review of salty waste stream management in the Australian dairy industry. Journal of Environmental Management, 224: 406-413.
- Chen, Q., Xiao, Y., Zhang, W., Zhang, T., Jiang, B., Stressler, T., Fischer, L., and Mu, W. 2018. Current research on cellobiose 2-epimerase: Enzymatic properties, mechanistic insights, and potential applications in the dairy industry. Trends in Food Science and Technology, 82: 167-176.
- Chokshi, K., Pancha, I., Ghosh, A., and Mishra, S. 2016. Microalgal biomass generation by phycoremediation of dairy industry wastewater: An integrated approach towards sustainable biofuel production. Bioresource Technology, 221: 455-460.

- Corrons, M.A., Bertucci, J.I., Liggieri, C.S., López, L.M.I., and Bruno, M.A. 2012. Milk clotting activity and production of bioactive peptides from whey using *Maclura pomifera* proteases. *LWT-Food Science and Technology*, 47: 103-109.
- Dabrowski, W., Żyłka, R., and Malinowski, P. 2017. Evaluation of energy consumption during aerobic sewage sludge treatment in dairy wastewater treatment plant. *Environmental Research*, 153: 135-139.
- Damasceno, F.R.C., Cammarota, M.C., and Freire, D.M.G. 2008. Impact of the addition of an enzyme pool on an activated sludge system treating dairy wastewater under fat shock loads. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 83: 730-738.
- Daneshvar, E., Zarrinmehr, M.J., Koutra, E., Kornaros, M., Farhadian, O., and Bhatnagar, A. 2018. Sequential cultivation of microalgae in raw and recycled dairy wastewater: Microalgal growth, wastewater treatment and biochemical composition. *Bioresource Technology*, 273: 556-564.
- Darouneh, E., Alavi, A., Vosoughi, M., Arjm, M., Seifkordi, A., and Rajabi, R. 2009. Citric acid production: Surface culture versus submerged culture. *African Journal of Microbiology Research*, 3: 541-545.
- Daverey, A., Pakshirajan, K., and Sangeetha, P. 2009. Sophorolipids production by *Candida bombicola* using synthetic dairy wastewater. *International Journal of Environmental Sciences and Engineering*, 1: 173-175.
- De Jesus, C.S.A., Ruth, V.G.E., Daniel, S.F.R., and Sharma, A. 2015. Biotechnological alternatives for the utilization of dairy industry waste products. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 6: 223-235.
- Ding, J., Zhao, F., Cao, Y., Xing, L., Liu, W., Mei, S., and Li, S. 2015. Cultivation of microalgae in dairy farm wastewater without sterilization. *International Journal of Phytoremediation*, 17: 222-227.
- Dong, T., Knoshaug, E.P., Davis, R., Laurens, L.M.L., Van Wycken, S., Pienkos, P.T., and Nagle, N. 2016. Combined algal processing: A novel integrated biorefinery process to produce algal biofuels and bioproducts. *Algal Research*, 19: 316-323.
- El-Holi, M.A., and Al-Delaimy, S. 2003. Citric acid production from whey with sugars and additives by *Aspergillus niger*. *African Journal of Biotechnology*, 2: 356-359.
- Ergüder, T.H., Tezel, U., Güven, E., and Demirel, G.N. 2001. Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors. *Waste Management*, 21: 643-650.
- Faria, A., Gonçalves, L., Peixoto, J.M., Peixoto, L., Brito, A.G., and Martins, G. 2017. Resources recovery in the dairy industry: Bioelectricity production using a continuous microbial fuel cell. *Journal of Cleaner Production*, 140: 971-976.
- Foda, M.I., Dong, H., and Li, Y. 2010. Study the suitability of cheese whey for bio-butanol production by *Clostridia*. *Journal of American Science*, 6: 39-46.
- Ganju, S., and Gogate, P.R. 2017. A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. *Journal of Food Engineering*, 215: 84-96.

- Goli, A., Shamiri, A., Khosroyar, S., Talaiekhosani, A., Sanaye, R., and Azizi, K. 2019. A review on different aerobic and anaerobic treatment methods in dairy industry wastewater. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 6: 113-141.
- Gomaa, E.Z. 2013. Antimicrobial activity of a biosurfactant produced by *Bacillus licheniformis* strain M104 grown on whey. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56: 259-268.
- Gil-Pulido, B., Tarpeyc, E., Almeida, E.L., Finnegan, W., Zhanc, X., Dobson, A.D.W., et al. 2018. Evaluation of dairy processing wastewater biotreatment in an IASBR system: Aeration rate impacts on performance and microbial ecology. *Biotechnology Reports*, 19: e00263.
- Hamawand, I., Sandell, G., Pittaway, P., Chakrabarty, S., Yusaf, T., Chen, G., Seneweera, S., Al-Lwayzy, S., Bennett, J., and Hopf, J. 2016. Bioenergy from cotton industry wastes: A review and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66: 435-448.
- Jaganmai, G., and Jinka, R. 2017. Production of lipases from dairy industry wastes and its applications. *International Journal of Current Microbiological and Applied Sciences*, 5, 67-73.
- Justina, M.D., Muniz, B.R.B., Bröring, M.M., Costa, V.J., and Skoronski, E. 2018. Using vegetable tannin and polyaluminium chloride as coagulants for dairy wastewater treatment: A comparative study. *Journal of Water Process Engineering*, 25: 173-181.
- Karthikeyan, V., Venkatesh, K.R., and Arutchelvan, V. 2015. A correlation study on physico-chemical characteristics of dairy wastewater. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 7: 89.
- Kasmi, M. 2016. Biological processes as promoting way for both treatment and valorization of dairy industry effluents. *Waste and Biomass Valorization*, 9: 1-15.
- Key Note, 2015. Ice Creams and Frozen Desserts. *Reichmond Upon Thames: Key Note*.
- Koller, M., Bona, R., Chiellini, E., Fernandes, E.G., Horvat, P., Kutschera, C., Hesse, P., and Braunegg, G. 2008. Polyhydroxyalkanoate production from whey by *Pseudomonas hydrogenovora*. *Bioresource Technology*, 99: 4854-4863.
- Konstantas, A., Stamford, L., and Azapagic, A. 2019. Environmental impacts of ice cream. *Journal of Cleaner Production*, 209: 259-272.
- Kothari, R., Pathak, V.V., Kumar, V., Singh, D.P., and Chee, M. 2012. Experimental study for growth potential of unicellular algal *Chlorella pyrenoidosa* on dairy waste water: An integrated approach for treatment and biofuel production. *Bioresource Technology*, 116: 466-470.
- Kushwaha, J.P., Srivastava, V.C., and Mall, I.D. 2011. An overview of various technologies for the treatment of dairy wastewaters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51: 442-452.
- Lu, W., Wang, Z., Wang, X., and Yuan, Z. 2015. Cultivation of *Chlorella* sp. using raw dairy waste water for nutrient removal and biodiesel production: Characteristics comparison of indoor bench-scale and outdoor pilot-scale cultures. *Bioresource Technology*, 192: 382-388.

- Mohan, S.V., Mohanakrishna, G., Velvizhi, G., Babu, V.L., and Sarma, P. N. 2010. Biocatalyzed electrochemical treatment of real field dairy wastewater with simultaneous power generation. *Biochemical Engineering Journal*, 51: 32-39.
- Marangoni, C., Furigo, A., Jr., and de Aragão, G.M. 2002. Production of poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) by *Ralstonia eutropha* in whey and inverted sugar with propionic acid feeding. *Process Biochemistry*, 38: 137-141.
- Meng, Y., Li, S., Yuan, H., Zou, D., Liu, Y., Zhu, B., and Li, X. 2015. Effect of lipase addition on hydrolysis and biomethane production of Chinese food waste. *Bioresource Technology*, 179: 452-459.
- Meng, Y., Luan, F., Yuan, H., Chen, X., and Li, X. 2017. Enhancing anaerobic digestion performance of crude lipid in food waste by enzymatic pretreatment. *Bioresource Technology*, 224: 48-55.
- Mesomo, M., Silva, M.F., Boni, G., Padilha, F.F., Mazutti, M., Mossi, A., de Oliveria, D., Cansian, R.L., Luccio, M.D., and Treichel, H. 2009. Xanthan gum produced by *Xanthomonas campestris* from cheese whey: Production optimisation and rheological characterisation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 2440-2445.
- Minakshi, D., and Shilpa, V. 2012. Comparative analysis of bioethanol production from whey by different strains of immobilized thermotolerant yeast. *International Journal Scientific Research Public*, 2: 1-5.
- Neves, L., Pereira, M.A., Mota, M., and Alves, M.M. 2009. Detection and quantification of long chain fatty acids in liquid and solid samples and its relevance to understand anaerobic digestion of lipids. *Bioresource Technology*, 100: 91-96.
- Ozcan, T., and Demiray-Teymuroglu, M. 2020. *Bioactive components* of milk fat globule membrane and technological applications. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 8: 10-28.
- Özdemir, T, and Özcan, T. 2019. Süt ürünlerinin mikro yapısının oluşumunda süt proteinlerinin önemi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33: 355-374.
- Ozmihci, S., and Kargi, F. 2007. Kinetics of batch ethanol fermentation of cheese-whey powder (CWP) solution as function of substrate and yeast concentrations. *Bioresource Technology*, 98: 2978-2984.
- Pakalapati, H., Chang, C., Show, P.L., Arumugasamy, S.K., and Lan, Chi-Wei 2018. Development of polyhydroxyalkanoates production from waste feedstocks and applications. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 126: 282-292.
- Pandian, S.R., Deepak, V., Kalishwaralal, K., Rameshkumar, N., Jeyaraj, M., and Gurunathan, S. 2010. Optimization and fed-batch production of PHB utilizing dairy waste and sea water as nutrient sources by *Bacillus megaterium* SRKP-3. *Bioresource Technology*, 101: 705-711.
- Panesar, P.S., Kumari, S., and Panesar, R. 2013. Biotechnological approaches for the production of prebiotics and their potential applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 33: 345-364.

- Parrondo, J., Garcia, L.A., and Diaz, M. 2000. Production of an alcoholic beverage by fermentation of whey permeate with *Kluyveromyces fragilis* I: Primary metabolism. *Journal of the Institute of Brewing*, 106: 367-375.
- Passero, M.L., Cragin, B., Hall, A.R., Staley, N., Coats, E.R., McDonald, A.G., et al. 2014. Ultraviolet radiation pre-treatment modifies dairy wastewater, improving its utility as a medium for algal cultivation. *Algal Research*, 6: 98-110.
- Porwal, H.J., Mane, A.V., and Velhal, S.G. 2015. Biodegradation of dairy effluent by using microbial isolates obtained from activated sludge. *Water Resources and Industry*, 9: 1-15.
- Prazeres, A.R., Carvalho, F., and Rivas, J. 2012. Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110: 48-68.
- Priyanka, B.S., and Rastogi, N.K. 2018. Downstream processing of lactoperoxidase from milk whey by involving liquid emulsion membrane. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 48: 270-278.
- Ricciardi, A., Parente, E., Crudele, M.A., Zanetti, F., Scolari, G., and Mannazzu, I. 2002. Exopolysaccharide production by *Streptococcus thermophilus* SY: Production and preliminary characterization of the polymer. *Journal of Applied Microbiology*, 92: 297-306.
- Rosa, D.R., Duarte, I.C.S., Saavedra, N.K., Varesche, M.B., Zaiat, M., Cammarota, M.C., and Freire, D.M. 2009. Performance and molecular evaluation of an anaerobic system with suspended biomass for treating wastewater with high fat content after enzymatic hydrolysis. *Bioresource Technology*, 100: 6170-6176.
- Rugele, K., Mezule, L., Dalecka, B., Larsson, S., Vangs, J., and Rubulis, J. 2013. Application of fluorescent in situ hybridisation for monitoring methanogenic archaea in acidwhey anaerobic digestion. *Agronomy Research*, 11, 373-380.
- Santos, M., Rodrigues, A., and Teixeira, J.A. 2005. Production of dextran and fructose from carob pod extract and cheese whey by *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512 (f). *Biochemical Engineering Journal*, 25: 1-6.
- Sarkar, B., Chakrabarti, P.P., Vijaykumar, A., and Kale, V. 2006. Wastewater treatment in dairy industries-possibility of reuse. *Desalination*, 195, 141-152.
- Shete, B.S., and Shinkar, N.P. 2013. Dairy industry wastewater sources, characteristics and its effects on environment. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3: 1611-1615.
- Singh, A.K., Singh, G., Gautam, D., and Bedi, M.K. 2013. Optimization of dairy sludge for growth of *Rhizobium* cells. *BioMed research international*, 845264.
- Slavov, K.A. 2017. General characteristics and treatment possibilities of dairy wastewater-A review. *Food Technology and Biotechnology*, 55: 14-28.
- Spalvins, K., Zihare, L., and Blumberga, D. 2018. Single cell protein production from waste biomass: Comparison of various industrial by-products. *Energy Procedia*, 147: 409-418.
- Stefanakis, A., Akrotas, C.S., and Tsihrintzis, V.A. 2014. *Vertical flow constructed wetlands: Eco-engineering systems for wastewater and sludge treatment*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 392 pp.

- Verma, A., and Singh, A. 2017. Physico-chemical analysis of dairy industrial effluent. *International Journal of Current Microbiological and Applied Sciences*, 6: 1769-1775.
- Vidal, G., Carvalho, A., Méndez, R., and Lema, J.M. 2000. Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters. *Bioresource Technology*, 74: 231-239.
- Vlyssides, A.G., Tsimas, E.S., Barampouti, E.M.P., and Mai, S.T. 2012. Anaerobic digestion of cheese dairy wastewater following chemical oxidation. *Biosystems Engineering*, 113: 253-258.
- Wan, C., Li, Y., Shahbazi, A., and Xiu, S. 2008. Succinic acid production from cheese whey using *Actinobacillus succinogenes* 130 Z. *Applied Biochemical and Biotechnology*, 145: 111-119.
- Wong, Y.M., Show, P.L., Wu, T.Y., Leong, H.Y., Ibrahim, S., and Juan, J.C. 2018. Production of bio-hydrogen from dairy wastewater using pretreated landfill leachate sludge as an inoculum. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 127: 1-10.



Türkiye’de Geleneksel Gıdaların Üretim ve İhracat Potansiyelinin Değerlendirilmesi^A

Sinan DURU^{1*}, Seyit HAYRAN², Aykut GÜL²

Öz: Geleneksel gıdalar belli bir coğrafi bölgenin yerel ve kültürel mirasını yansıtan, geleneksel yöntemlerle üretilen gıdalardır. Türkiye’nin kültürel yapısı, coğrafi konumu, ekolojik ve iklimsel çeşitliliği sayesinde geleneksel gıda potansiyeli oldukça yüksektir. Geleneksel gıdaların korunması ve devamlılığını sağlamak amacıyla politikalar belirlenmekte ve mevzuat düzenlemeleri yapılmaktadır. Bu düzenlemelerin en önemlisi Coğrafi İşaret (CI) olup, geleneksel gıdalara ürün ve marka garantisi sağlamaktadır. Geleneksel gıdaların endüstriye aktarımı üretim hacmini artırmasının yanı sıra ambalaj, etiketleme ve gıda güvenliği gibi unsurların garanti altına alınmasına katkı sağlayacaktır. Bu unsurlar, geleneksel gıdaların uluslararası pazarlama şansını artırarak kırsal kalkınmaya sürdürülebilirlik katacaktır. Bu çalışmada, geleneksel gıdaların ihracat potansiyeli üzerinde durulmuş olup, geleneksel gıdaların rekabet gücünü artıracak ihracat potansiyelinin daha etkin kullanımı için çözüm yolları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi işaret, inovasyon, kırsal kalkınma, pazarlama.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Sinan DURU, Ticaret Bakanlığı, Tarım Ekonomisi, Ankara, Türkiye, s.duru85@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1126-5752](https://orcid.org/0000-0003-1126-5752)

² Seyit HAYRAN, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bursa, Türkiye, shayran@cu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-0223-8034](https://orcid.org/0000-0002-0223-8034)

² Aykut GÜL, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bursa, Türkiye, aykutgul@gmail.com, [OrcID 0000-0002-8708-8433](https://orcid.org/0000-0002-8708-8433)

Evaluation of Production and Export Potential of Traditional Foods in Turkey

Abstract: Traditional foods are the foods produced by traditional methods that reflect the local and cultural heritage of a particular geographical region. Thanks to the cultural structure of Turkey, geographical location, ecological and climatically diversity traditional foods potential is quite high. Policies are determined and legislative arrangements are made in order to protect and aim to ensure on to continuity traditional foods. The most important of these regulations is the Geographical Indication (GI), and it ensures to product and brand guarantee to traditional foods. Besides to increasing the production volume on the industry transfer of traditional foods will contribute to guaranteeing elements such as packaging, labeling and food safety. These elements will add sustainability to rural development by increasing the chance of international marketing of traditional foods. This study emphasized on the export potential of traditional foods, solutions are provided for more effective use of the export potential that will increase the competitiveness of traditional foods.

Keywords: Geographic indication, innovation, rural development, marketing.

Giriş

Geleneksel, Türk Dil Kurumu Sözlüğünde “geleneğe dayanan, gelenekle ilgili olan, ananevi, tradisyonel” anlamında geçmektedir (Anonim, 2018a). Geleneksel gıdalar, geleneğe dayalı olarak ve geleneksel yöntemlerle üretilen gıdalar olup yöresel ürünler olarak da adlandırılır. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği’nde geleneksel ürün “Geleneksel hammaddeler kullanılarak üretilen veya geleneksel bir bileşim ya da geleneksel bir üretim biçimi ile tanımlanan veya doğrudan geleneksel bir üretim biçimine dayanmamakla birlikte, böyle bir üretim tarzını yansıtan işlemlerden geçirilmiş olması nedeniyle aynı kategorideki benzer ürünlerden açıkça ayrılabilen ürün” olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2011). Uluslararası literatürde ise geleneksel gıdalar yerel üretim, ürünün otantikliği, 50 yıl ticari varlığı ve gastronomi mirasla ilişki gibi dört farklı boyutla tanımlanmaktadır (Molnar ve Gellynck, 2006).

Geleneksel gıdalar, ulusal ve bölgesel kimlikleri temsil etmesi ve bunların sürdürülebilirliği açısından toplumların beslenme kültürünün nesilden nesile aktarılmasında önemli yer tutmaktadır (Narın ve İnanöz, 2016). Geleneksel gıdaların nesilden nesile aktarılmasına en iyi örnek olarak atalarımızın Orta Asya’dan göç ederken pastırma, kavurma, tarhana, bulgur gibi geleneksel ürünleri de taşıması verilebilir (Alçay ve ark., 2015). Bu şekilde nesilden nesile aktarıma uğrayan gıdaların üretimi ise gastronomi mirasına göre yapılmalı ve çok az işleme ayırt edilerek duyuşal özellikleri belli bir alan, ülke veya bölge ile ilişkili olmalıdır (Anonim, 2010).

Geleneksel gıdalarla ilgili Türkiye’de ve uluslararası literatürde çalışmalar geleneksel gıdaların tüketici tercih ve tutumları (Duru ve Seçer, 2019), üretim ve pazarlama (Özdemir ve ark., 2017; Topçu ve Baran, 2017; Hoşcan, 2018), üretim potansiyelinin değerlendirilmesi (Kantaroglu ve Demirbaş, 2018), endüstriye aktarımı

(Grujic ve ark., 2011) ve inovasyonu (Fito ve Toldra, 2006; Guerrero ve ark., 2009; Gellynck ve ark., 2011; Kuşat, 2012), mevzuatsal düzenlemeler (Gallagher ve McKeivitt, 2019; Narayana ve Johnson, 2020) ile gıda güvenliği (Demirbaş ve ark., 2006; Mehmetoğlu, 2018) üzerine gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye’de geleneksel gıdalarla ilgili mevzuat düzenlemeleri, hedeflenen politikalar ve pazarlama açısından ihracat potansiyeli üzerine durulmuştur. Bu kapsamda, geleneksel gıdaların mevzuat düzenlemeleri kapsamında olan coğrafi işaretlemenin ve endüstriye aktarımının ihracat açısından sağlayacağı avantajlardan bahsedilerek, pazar payının artması için çözüm önerileri ortaya konmuştur.

Geleneksel Gıdalarda Mevzuat Düzenlemeleri ve Coğrafi İşaretin Önemi

Geleneksel gıdanın kendine özgünlüğü ve belli bir karakteristik özelliği karşılama gereksinimi geleneksel gıda ve diğer geleneksel ürünlerle ilgili mevzuat düzenlemelerini zorunlu hale getirmiştir. Bu amaç doğrultusunda geleneksel gıdalara ilişkin genel kapsamda ilk mevzuat düzenlemesi 1995 yılında “Coğrafi İşaretlerin Korunması Hakkında 555 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname” ile gerçekleştirilmiştir. Zamanla teknolojik, ekonomik ve sosyal gelişmelerin mevzuat düzenlemelerini gerektirmesi ve ürün adlarının korunmasını sağlamak amacıyla 2017 yılında 6979 sayılı “Sınai Mülkiyet Kanunu” yürürlüğe girmiştir (Anonim, 2017a).

Coğrafi işaret, geleneksel üretim metodunu simgeleyen bir unsur hale gelmiş olup, menşe adı, mahreç işareti veya geleneksel ürün adı şeklinde tescillenmektedir. Menşe işaretli ürünlerde bütün işlemlerin ait olduğu bölgede yapılması gerekirken, mahreç işaretinde en az bir işlemin ait olduğu bölgede yapılması yeterli olmaktadır. Geleneksel gıdalar ise herhangi bir coğrafi alan ile bağlantılı olmayan, 30 yıl süre ile kullanıldığı kanıtlanan ve işleme yöntemi, geleneksel bileşim, hammadde ya da malzemenin kullanılma şartını sağlayan gıdalar olarak tanımlanır (Anonim, 2017a). Avrupa Birliği (AB) ise geleneksel gıdaları nesilden nesile aktarımı için bu süreyi en az 25 yıl olarak belirtmiş ve topluluk pazarında kanıtlama şartını yerine getirmesi olarak tanımlamıştır (Anonim, 2006).

Coğrafi işaret, geleneksel bilgi ve kültürlerin korunmasını amaçlayarak üretici ve tüketicileri haksız rekabete karşı korumasına, tüketiciyi yönlendirmesine, katma değer ve istihdam yaratmasına, kırsal kalkınma ve turizme katkı sağlamasına yardımcı olmaktadır (Tekelioğlu, 2019). Coğrafi işaret uygulamasına 1995 yılında 555 sayılı Kanun Hükmünde Kararname (KHK) ile başlanmış ve ilk coğrafi işaret Hereke İpek Halısına verilirken, gıda ürünlerinde coğrafi işaret ilk olarak 1997 yılında Türk Rakısına verilmiştir. 2019 yılında tescil edilen geleneksel gıda ürün sayısı 71 olarak gerçekleşirken, tescil alan en çok ürün 125 adet ile işlenmiş ve işlenmemiş meyve ve sebzeler ile mantarlar olmuştur. Türkiye’de 81 il en az bir ürün için coğrafi işaret almış olup, en çok coğrafi işaret alan il 30 ürün ile Şanlıurfa olurken, bütün işlemlerin ait olduğu bölgede yapılmasını gerektirdiğini belirten menşe adını en çok alan il ise 11 ürün ile Gaziantep olmuştur (Anonim, 2019a). Ancak yöresel ürün yelpazesi AB ülkeleriyle karşılaştırıldığında çok geniş olmasına karşın çok az kısmının tescillenmesi nedeniyle ekonomik olarak değerlendirilememektedir (Hoşcan, 2018).

Geleneksel gıdalarda, işlenmiş ürünler içerisindeki katkı maddelerinin az ya da hiç olmaması ve tuz, sirke ve baharat gibi doğal koruyucular dışında yapay koruyucu içermemesi gerekmektedir. Türk Gıda Kodeksi'ne dayanak olarak 2013 yılında yürürlüğe giren "Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği" başta işlenmiş et ürünleri, bazı meze çeşitleri, pekmez, pide ve bazlama gibi bazı geleneksel ürünlerde bazı katkı maddelerinin kullanımını yasaklamıştır. Bu durum geleneksel gıdaların, belli bir reçeteye göre üretiminin yapılmasını ve koruyucu madde kullanılmamasıyla raf ömrünün diğer gıdalara göre daha kısa süreli olmasına neden olabilmektedir. Avrupa'da mevzuat düzenlemelerinde ise İskandinav ülkeleri, Almanya, Fransa, Avusturya, İtalya ve İspanya gibi Avrupa ülkeleri bazı geleneksel ürünlerde bazı katkı maddelerinin kullanımını doğrudan yasaklama yoluna gitmiştir (Anonim, 2013; Kocatepe ve Tirtıl, 2015).

Geleneksel gıdaların korunmasına yönelik mevzuat düzenlemelerinin yanı sıra, geleneksel gıdalarla ilgili amaç ve hedefler Kalkınma Planlarında yer almaktadır. 2019-2023 dönemi için yayınlanan 11. Kalkınma Planında geleneksel gıdaların pazarlama ve markalaşmaya yönelik iyileştirmelerle, marka değeri ile, coğrafi işaretlerle ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünün artırılması hedeflenmiş olup, geleneksel gıdalar coğrafi işaret kapsamında ön plana çıkarılmıştır (Anonim, 2019b). 11.Kalkınma Planına dayanak olarak hazırlanan Tarım ve Gıdada Rekabetçi Üretim Özel İhtisas Komisyon Raporunda ise Coğrafi işaretlerin teşvik edilmesinin yanı sıra kullanım ve denetimi için de etkin bir mekanizmanın kurulmasının şart olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2018b).

Türk Gıda Kodeksi yönetmeliği kapsamında geleneksel gıdaların coğrafi işaret hükümleri altına alınarak ülkesel ve yöresel ürün adlarıyla üretilebilmesi, gıda sanayine aktarımını sağlayarak geleneksel gıda üretim hacmini artırma olasılığını doğurmuştur (Anonim, 2020a). Bu üretim hacmi artışı, üretim sürecindeki yeni teknolojik gelişmeler ve Ar-Ge faaliyetlerinin gelişmesiyle sağlanacaktır (Kuşat, 2012). Üretim hacmi artışı sağlayacak Ar-Ge teşviklerinin şartların ağır olması ve bürokratik işlemlerin fazlalığı teşviklerden faydalanma oranını düşük tutmaktadır (Anonim, 2017b).

Geleneksel gıdaların uluslararası ticarete belli bir değere ulaşması nedeniyle Dünya Ticaret Örgütü (WTO) bazı düzenlemeler yapmıştır. Bu düzenlemelerin temelini WTO'nun müzakere aşamasında 15 Nisan 1994 tarihinde imzalanan "Fikri Mülkiyet Halklarının Ticarete İlgili Yönleri Anlaşması (TRIPS)" oluşturmaktadır. TRIPS anlaşmalarının 22., 23. ve 24. Maddeleri, coğrafi işaretlemelere atıf yaparak geleneksel gıdaların hukuki altyapısını oluşturmuş ve uluslararası hüküm altına almıştır (Boza ve Munoz, 2016).

Dünya'da geleneksel gıdaların ekonomik değer oluşturmasına en fazla katkı sağlayan Avrupa Birliği'nde ilk yasal düzenleme 14 Temmuz 1992 yılında Avrupa Birliği Komisyonunca yayınlanan 2081-2082/92 sayılı düzenlemelerle olmuştur. Bu mevzuat düzenlemelerinde tarım ve gıda ürünleri için coğrafi işaretleme, menşei işaretlerinin belirlenmesi ve bunların sertifikalandırması yer almıştır. Bu düzenlemeler "Koruma Altına Alınmış Menşei Adı (PDO)", "Koruma Altına Alınmış Coğrafi İşaret (Mahreç İşareti) (PGI)" ve "Geleneksel Özellik Garantisi (TSG)" şeklinde tescil edilmektedir (Anonim, 2018c).

Geleneksel Gıdaların Pazarlanma ve İhracat Olanakları

Geleneksel gıdalarda son yıllarda tüketici talebinin artması pazarlanma yönünü ön plana çıkarmıştır. Geleneksel gıdalarda bilinçli pazarlama (müşteri ile bire bir görüşme yöntemi) yöntemi, fiyatın değerlendirilen son unsur olmasını sağlamakta ve normal pazarlama karmasından temel farklılığını ortaya koymaktadır. (Demirbaş ve ark., 2006). Tüketicilerin geleneksel gıdaları tercih ve satın alma motivasyonu, toplam faydayı maksimum hale getirecek şekilde pazarlama stratejisini belirlenebilmektedir (Topçu ve Baran, 2017). Geleneksel gıdaların pazarlanmasında tüketici sadakatini korumanın yanı sıra tüketici trendini etkilemek için pazar yönelimi geliştirmeleri hedef olmalıdır (Tarcza ve Popa, 2020).

Pazar yapısındaki gelişimin yanı sıra ürün gruplarının çeşitlendirilmesi ve üretim standartlarının belirlenmeye çalışılması geleneksel gıdaların rekabet gücünü artırmaktadır (Anonim, 2014b). Ancak geleneksel gıdaların bileşiminin yerel iklim ve tarımsal koşullara bağlı olması geleneksel gıdalarla ilgili standartların belirlenerek uygulanmasını zorlaştırmıştır. Bunun yerine üretim standartlarını belirleyerek HACCP gibi gıda güvenliği ve iyi üretim uygulamaları geliştirilmeli ve etkin ambalajlanma ile rekabet gücüne katkı sağlanmalıdır (Narayana ve Johnson, 2020).

Dünyada küreselleşme sonucu gıdaların homojenize ve standart hale gelmesiyle yeme içme kültürünün tek tipe dönüşmesine bir tepki olarak 20.yüzyıl sonlarında geleneksel gıdalara olan ilgi artmıştır (Gallagher and McKeivitt, 2019) Küreselleşmeyle birlikte gerçekleşen bu “gelenekselleşme” sayesinde dünya pazarında tanınmayan ancak üretim yeri, metodu ve kalitesini garanti eden, yerel kimlik ve kültür aktaran coğrafi işaretli ürünlerin pazarlaması 200 milyar doları aşmıştır (Alyakut, 2016). Geleneksel gıdaların pazarlama amacına ulaşabilmesi için gelenekselcilik, verimlilik, duyarlılık, kalite ve zincir dengesi olmak üzere çok boyutlu zincir performansı önemlidir (Molnar ve Gellynck, 2006). Ancak reklam, yasal koruma, kalite güvencesi ve ürün inovasyonu gibi faktörlerde geleneksel gıda pazarlamasının modern zorlukları olarak karşılanmaktadır (Jordana, 2000).

Geleneksel gıdaların karakteristik özellikleri gıdaya katma değer sağlarken, hazırlanma yöntemi güvenli, besin değerinin yüksek olması ise sağlıklı algısı oluşturmaktadır. Geleneksel gıdaların bu özelliklerinin ön plana çıkarılması pazar payını koruması ve daha da genişlemesi için bir anahtardır (Guerrero ve ark., 2009). Bu amaçla geleneksel kökenli olan ve fermante yolla elde edilen et, süt, tahıl, sebze kökenli geleneksel yiyecek ve içeceklerin sağlıklı olan ilişkisi nedeniyle dünya genelinde ilgi artmaktadır (Karaçıl ve Tek, 2013).

Dünyada birçok ülke, kültürel mirasını yansıtan geleneksel gıdaların üretim reçetelerini korumak için yatırım yaparak daha fazla tüketilmesine yönelik çaba sarf etmektedir (Grujic ve ark., 2011). Bu reçeteler, kültürel gıda alışkanlıklarının nesilden nesile aktarımını sağlamasına karşın, etki alanı dışındaki pazarlarda duygusal bağlılığın az olması, pazarlamada sorunlar yaşanmasına neden olmaktadır. Bu sorunlar üretim aşamasında etkin bir etiketleme ile aşılabilmekte ve rekabet gücünü artırmaktadır (Öktem ve Purina, 2016; Galli, 2018).

Küçük ölçekli aile işletmeleri geleneksel gıdaların korunmasına ve sürdürülebilir olmasına yardımcı olmaktadır (Anonim, 2017c). El emeği ile üretilen geleneksel gıdalar, yerel kalkınmaya katkı sağlamakta olup, üretim aşamasında kadınların kendine ait bir gelir sağlaması, gıda güvenliği hakkında bilgi sahibi olması ve örgütlü biçimde aktif çalışma isteği geleneksel gıdaların pazarlanma isteğini artırmaktadır (Özdemir ve ark.,

2017). Ancak geleneksel gıda üreten işletmelerin geleneksel yöntemlerle üretimini sürdürmesi, o işletmelerin rekabet gücünü düşük ve üretimini sınırlı tutmaktadır (Fito ve Toldra, 2006). Ayrıca bu durum yerel pazarlarda paketlenmeden satışa sunulması da mikrobiyolojik bozulmanın önünü açmakta ve geleneksel gıdaların tüketimini tehlikeye sokabilmektedir (Mehmetoğlu, 2018).

Tarım ve gıda ürünlerinde ekonomik ve sosyal gelişmeyle birlikte üretim teknolojisinin gelişmesi geleneksel gıdalara olan ilgiyi artırmıştır. Gelişmiş ülkeler tarafından geleneksel gıdaların endüstriyel üretimini sağlamak için bilimsel yöntemlerle belirlenen yasal kuralların Türkiye’de oluşturulması geleneksel ürünlerin tanıtımı için çok önemlidir (Mehmetoğlu, 2018). Geleneksel gıdaların endüstriye aktarılması geleneksel gıdalarla ilgili gıda güvenliğini artıracak ve ulusal-uluslararası rekabet gücüne katkı sağlayacaktır. Endüstriye aktarılan geleneksel gıdaların inovasyonu düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 seviyede olup, inovasyonun gerçekleşme düzeyi sosyal memnuniyet, güven, çatışma, zorlayıcı güç ve entegrasyon ile ilişkilidir. Ancak inovasyonun işletmenin bulunduğu ülkenin kültürel koşulları ve altyapı ile geleneksel gıdaların lezzet ve tat gibi temel yapısal özelliklerinin değişmemesi ile de ilişkili olduğu göz ardı edilmemelidir (Guerrero ve ark., 2009; Gellynck ve ark., 2011).

Geleneksel gıdaların Güçlü Zayıf, Fırsat ve Tehdit (SWOT) unsurlarının tespit edilmesi atılacak adımlar için belirleyici olacaktır (Çizelge 1). Geleneksel gıdaların pazarlama ve rekabet gücünün yüksek olmasına karşın, hammaddenin yeteri kadar olmaması ve buna bağlı olarak üretimin sınırlı ve yetersiz olması potansiyelini engellemektedir. Geleneksel gıdaların kırsal ekonomiye sağlayacağı katkı eğitim ile fırsata çevrilebilmesine karşın, gıda güvenliği konusunda düzenlemeler tehditlerin ortadan kaldırılmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 1. Geleneksel gıdalara ilişkin SWOT analizi

SWOT Bileşenleri	Maddeler
Güçlü	<ul style="list-style-type: none">- Kültürel mirası sağlaması- Katma değerinin yüksek olması- Sağlık ve lezzet algısının güçlülüğü- Pazarlama yönünün ön planda olması- Tüketici tercihinin ön planda olması ve ödeme istekliliği- Rekabet gücünün yüksek olması
Zayıf	<ul style="list-style-type: none">- Hammadde yetersizliği- Üretimde teknik bilgi yetersizliği ve inovasyon sağlanamaması- Üretimin sınırlı ve yetersiz olması- Ürün standardının yakalanmasının zor olması- Raf ömrünün kısıtlı olması- Ekonomik olarak az değerlendirilmesi
Fırsat	<ul style="list-style-type: none">- Ürün çeşitliliği potansiyeli- Yerel kalkınmanın sürdürülebilirliğini sağlama- Gastro turizme itici güç olması- Kırsalda özellikle kadın işgücünün aktif hale gelmesi- Eğitim ve gelir seviyesinin yükselmesiyle talebin artması- Az yatırımla küçük ve orta boy işletmelerin oluşturulması
Tehdit	<ul style="list-style-type: none">- Hazır gıdaların yaygınlaşması- İşletmelerin finansman ve organizasyon eksikliği- İzlenebilirlik ve gıda güvenliği konusunda yetersizlik- Köyden kente göçün kırsalda genç işgücünü sınırlaması

Türkiye’de geleneksel gıdaların potansiyelini ortaya koymak amacıyla kamu tarafından çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. İlk olarak 2004 yılının Eylül ayında Tarım ve Orman Bakanlığı Bursa Gıda Kontrol ve Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından “Türkiye’nin Geleneksel Gıda Ürünleri Projesi” sonucunda 64 ilden 459 geleneksel gıda tespit edilmiştir (Anonim, 2017b). Daha sonrasında kurumsal yapı sağlama, piyasa potansiyelini ortaya çıkarma ve piyasa denetiminin etkin sağlanması amacıyla 2015-2018 dönemi için “Ulusal Coğrafi İşaret Strateji Belgesi ve Eylem Planı” ile ihracat potansiyeli yüksek olan ürünlerde ekonomik ve sosyal analiz yapılması hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerle pazarlama stratejilerinin oluşturulması planlanmıştır (Anonim, 2014a).

Geleneksel gıdaların pazarlanmasında jeopolitik konum, tüketici bilinci ve gelir durumu nedeniyle en büyük pazar potansiyeli Avrupa Birliği ülkeleridir. Avrupa Birliği’nde 2017 yılı sonu itibariyle coğrafi işaretli gıda ve içecek ürünlerinin satış değeri 75 milyar Euro’ya ulaşmış olup, yarısından fazlasını şarap ürünleri kapsamaktadır (Anonim, 2019c). Avrupa Birliği, geleneksel gıdalar için fırsatlar içermesine karşın, gıda güvenliği konusunda oldukça sıkı önlemler almaktadır. Son olarak 1 Ocak 2018 tarihinde yürürlüğe giren EU 2015/283 Sayılı Avrupa Birliği düzenlemesiyle Avrupa Birliği dışından gelen geleneksel gıdalar geldiği ülkedeki güvenli gıda olduğunu veya EFSA tarafından konan güvenlik şartlarını yerine getirmeden pazarlama şansı verilmeyeceğini karara bağlamıştır (Anonim, 2015).

Avrupa Birliği’nde 3332 adet koruma altına alınmış tarım ve gıda ürünü bulunurken, coğrafi işaret alan ürün sayısı 247 adettir. Türkiye, 2019 yılsonu itibariyle Avrupa Birliği’ne toplam 18 ürün için coğrafi işaret başvurusunda bulunmuş olup, sadece Aydın İnciri (PDO), Malatya Kayısı (PDO) ve Antep Baklavası (PGI) olmak üzere 3 ürün için coğrafi işaret alabilmiştir (Anonim, 2020b). Avrupa Komisyonu, coğrafi işaretlerin tüketicilerin ürünlere güvenmesini ve ayırt etmesini sağlayarak üreticilerin daha iyi pazarlamasına katkı sağladığını belirtmiştir (Anonim, 2015).

Coğrafi işaretli tarım ve gıda ürünleri tüketicide geleneksel ürün çağrışımı yapmasının yanı sıra gıda güvenliği kapsamında kalitesi yüksek gıda algısı oluşturmaktadır (Kantaroğlu ve Demirbaş, 2018). Coğrafi işaretleme, sağladığı bu garantiyle yöresel ürünlerin kalitesini koruma ve sürdürülebilirlik sağlayarak bu pazarlarda yer bulabilmesinin yanı sıra, tüketicileri ürünün bulunduğu coğrafyaya çekebilecek ve turizme de dolaylı katkı sağlayacaktır (Çekal ve Aslan, 2017). Bu ve buna benzer örnekler zamanla tüketicilerin geleneksel gıdalarla ilgili tutum ve davranışlarını daha da geliştirerek çeşitli boyutlar getirmesine olanak sağlayacaktır (Bonadonna ve ark., 2017).

Sonuç

Türkiye’nin kültürel mirası, coğrafi konumu ve iklim yapısı nedeniyle geleneksel gıda çeşitliliği yüksektir. Ancak geleneksel birçok ürünün geleneksel yöntemlerle üretilmesinden dolayı ekonomik olarak değerlendirilmesi sınırlıdır. Geleneksel üretim yöntemlerinde inovasyon sağlanarak endüstriye aktarımı gıda

güvenliğini sağlayarak, rekabet gücünü artıracak ve katma değeri yüksek ürünlerin ihracatına katkıda bulunacaktır.

Coğrafi işaret, geleneksel üretim metodunu dünya genelinde simgelemesiyle yeksanlık sağlanmıştır. Coğrafi işaretleme ile geleneksel gıdalar mevzuat hükmüne alınmış olup, markalaşma ve rekabet gücünün artmasına olanak sağlamıştır. Coğrafi işaretlerle geleneksel gıdaların yurt dışı pazarlara daha iyi açılabilmesi üretimin ilk aşamasından tüketimin son aşamasına kadar geçen sürede sorumluluğu alacak şekilde stratejiler belirlenerek avantaj sağlanmalıdır.

Tüketicilerin geleneksel gıdaların sağlıklı olma algısı ile bilinç ve gelir düzeyi artışı pazarlama yönünü ön plana çıkarmıştır. İç piyasanın yanı sıra ihracatta bu yönün ön plana çıkması etkin etiketleme ile sağlanabilmektedir. Etiketlemenin yanı sıra pazarlama stratejileriyle ürün çeşitlendirilmesi yapılarak tanıtım gruplarıyla beraber hareket edilmeli, başta Ar-Ge ve marka tescili gibi ihracat teşviklerinden daha etkin yararlanabilmesi için mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır. Bu teşvikler, geleneksel gıdaların uluslararası alanda pazarlanmasında avantaj sağlayarak, ihracatına katkı sağlayacaktır.

Geleneksel gıdaların diğer endüstriyel gıdalara göre katma değeri yüksek olmasına karşın raf ömrünün kısıtlı olması ihracat hedeflemesinde lojistik açıdan sıkıntı oluşturmaktadır. Bu nedenle konum olarak yakın ve gelir durumu iyi olan Avrupa gibi pazarlar hedef seçilmelidir. İklimsel ve coğrafi konum açısından üretime uygun, katma değeri ve rekabet gücü yüksek olabilecek bal, peynir ve zeytinyağı başta olma üzere Avrupa Komisyonu'ndan coğrafi işaret alınması teşvik edilerek coğrafi işaretli ürün sayısı artırılmalı ve Avrupa Birliği'nin güncel mevzuat düzenlemelerine daha hızlı uyum sağlanmalıdır.

Geleneksel ürünlerin pazarlaması gastronomi turizmi olanaklarını da artırmaktadır. Gastro turizmin yanı sıra yurt dışına mağaza ve restoranlar aracılığıyla perakende satış yapan geleneksel gıda üreticilerine, rekabet gücünü artırmak için özel teşviklerin sağlanması yararlı olacaktır. Yurt içinde tanıtım amacıyla düzenlenen geleneksel ürün fuarları, başta Türk nüfusun yoğun yaşadığı ülkelerde gerçekleştirilmesi, geleneksel ürünlerin uluslararası alanda yeni pazarlar bulmasına olanak sağlayacaktır.

Teşekkür Bilgi notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Alçay, A.Ü., Yalçın, S., Bostan, K. ve Dinçel, E. 2015. Orta Asya'dan Anadolu'ya kurutulmuş gıdalar. *ABMO Dergisi*, 40(2015): 83-93.
- Alyakut, Ö., 2016. Kültürel ürünlerde coğrafi işaretleme konusunun medyaya yansımaları. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(45): 675-686.

- Anonim, 2006. Council regulation (EC) no 509/2006 of 20 March 2006 on agricultural products and foodstuffs as traditional specialties guaranteed. Official Journal of the European Union L 93/1, 1–11.
- Anonim, 2010. Traditional United Europe Food (TRUEFOOD) Publishable Final Activity Report. Project Number: Contract N° FOOD-CT-2006-016264.
- Anonim, 2011. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. 29 Aralık 2011 Tarih ve 28157 Sayılı Resmi Gazete. Necatibey Cad. No: 108 Kat: 4, Bakanlıklar, Ankara.
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. 30 Haziran 2013 Tarih ve 28693 Sayılı Resmi Gazete. Necatibey Cad. No: 108 Kat: 4, Bakanlıklar, Ankara.
- Anonim, 2014a. Ulusal Coğrafi İşaret Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2015-2018. Türk Patent Enstitüsü Yayın Kurulu. Ankara.
- Anonim, 2014b. Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018). T.C. Kalkınma Bakanlığı. Ankara.
- Anonim, 2015a. <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/quality-schemes-explained> (Erişim Tarihi:17.08.2020).
- Anonim, 2015b. Regulation EU 2015/2283 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union.
- Anonim, 2017a. 6769 Sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu. 10 Ocak 2017 Tarih ve 29994 Sayılı Resmi Gazete. Necatibey Cad. No: 108 Kat: 4, Bakanlıklar, Ankara.
- Anonim, 2017b. Esnaf ve Sanatkarlar Özelinde Sektör Analizleri Projesi Gıda Sektörü. Ticaret Bakanlığı Esnaf ve Sanatkarlar Genel Müdürlüğü. ISBN: 978-605-5254-24
- Anonim, 2017c. Türkiye’de Tarımsal Gıda Sektörünün Değer Zinciri Analizi ile Değerlendirilmesi. İstanbul Sanayi Odası. Yayın No: 2017/4. Ankara.
- Anonim, 2018a. Güncel Türkçe Sözlük. Türk Dil Kurumu, Ankara.
- Anonim, 2018b. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Tarım ve Gıdada Rekabetçi Üretim Özel İhtisas Komisyon Raporu. Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı. Ankara.
- Anonim, 2018c. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31992R2>
- Anonim, 2019a. <https://www.ci.gov.tr/anasayfa>. Ankara (Erişim Tarihi: 14.12.2019).
- Anonim, 2019b. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. Ankara.
- Anonim, 2019c. Study on Economic Value of EU Quality Schemes, Geographical Indications (GIs) and Traditional Specialities Guaranteed (TSGs) Final Report. European Commission (Erişim Tarihi:01.09.2020).
- Anonim, 2020a. Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. 19 Şubat 2020 Tarih ve 31044 Sayılı Resmi Gazete. Ankara.
- Anonim, 2020b. <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/geographical-indications-register>(ErişimTarihi:15.09.2020).

- Bonadonna, A., Macar, L., Peira, G. and Giachino, C. 2017. The dark side of the European quality schemes: The ambiguous life of the traditional specialities guaranteed, *Calitatea: Acces la Success*; Bucharest, Vol. 18, Issues. 156, pp. 102-108.
- Boza, S. and Munoz, J. 2016. Traditional food products and trade: exploring the linkages. SECO/WTI Academic Cooperation Project Working Paper Series, 17.
- Çekal, N. ve Aslan, B. 2017. Gastronomik bir değer olarak tarhana ve coğrafi işaretlemeye tarhananın yeri ve önemi. *Güncel Turizm Araştırmalar Dergisi*, 1(2): 124-135.
- Demirbaş, N., Oktay, D. ve Tosun, D. 2006. AB sürecindeki Türkiye’de gıda güvenliği açısından geleneksel gıdaların üretim ve pazarlanması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt No (10): 47-55.
- Duru, S. ve Seçer, A. 2019. Geleneksel gıda ürünlerini satın alma davranışları ve tutumları: Mersin ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1):1-10.
- Fito, P. and Toldra, F. 2006. Innovations in traditional foods. EFFOST 2005 Conference. *Trends in Food Science and Technology*, 17(9): 470.
- Gallagher, J. and McKeivitt, A. 2019. Laws and regulations of traditional foods: past, present and future. In: Al-Khusaibi M., Al-Habsi N., Shafiur Rahman M. (eds) *Traditional Foods*. Food Engineering Series, California, USA.
- Galli, F. 2018. Traditional food: definitions and nuances. In *Case Studies in the Traditional Food Sector*, pp. 3–24 [Cavicci, A and Santini, C, editors]. Duxford: Woodhead Publishing/Elsevier. Cambridge, United Kingdom.
- Gellynck, X., Kühne, B. and Weaver, R.D. 2011. Relationship quality and innovation capacity of chains: The case of the traditional food sector in the EU. *International Journal of Food System Dynamics*, 2(1): 1-22.
- Grujic, R., Antonic, B., Vujadinovic, D. and Macanovic, M. 2011. Traditional sour milk products as a basis for the development of new products in industrial conditions. *Quality of Life*, 2(3-4): 66-74.
- Guerrero, L., Guardia, M. D., Xicola, J., Verbeke, W., Vanhonacker, F., Zakowska, S., Sajdakowska, M., Sulmont, C., Issanchou, S., Contel, M., Scalvedi M.L., Granli, B. and Hersleth, M. 2009. Consumer-driven definition of traditional food products and innovation in traditional foods. A qualitative cross-cultural study. *Appetite*, 52, 345–354.
- Hoşcan, N. 2018. Küreselleşme sürecinde yöresel gastronomik ürünlerin üretiminde ve pazarlanmasında kooperatifçilik üzerine bir model önerisi. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(1): 390-413.
- Jordana, J. 2000. Traditional foods: challenges facing the European food industry. *Food Research International*, 33(2000): 147-152.
- Kantaroglu, M. ve Demirbaş, N. 2018. Türkiye’de coğrafi işaretli gıda ürünleri üretim potansiyelinin değerlendirilmesi. VIII. Ibaness Kongreler Serisi, 21-22 Nisan 2018, Plovdiv, Bulgaristan, p:514-520.
- Karaçıl, M.S. ve Tek, N.A. 2013. Dünyada üretilen fermante ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2(2): 163-173.

- Kocatepe, D. ve Tırıl, A., 2015. Sağlıklı beslenme ve geleneksel gıdalar. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 3(1):55-63.
- Kuşat, N. 2012. Bölgesel kalkınmada geleneksel gıda ürünlerinin rolü ve geleneksel gıdalarda inovasyon belirleyicileri üzerine bir çalışma: Afyon Örneği. *Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 19(2): 3-5.
- Mehmetoğlu, A.Ç. 2018. Food safety challenges associated with traditional foods of Turkey. *Food Science and Technology*, 38(1): ISSN 1678-457X.
- Molnar, A. and Gellynck, X. 2006. Performance imbalances in the chain: EU traditional food sector. ABSTRACT: *Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 4(1033-2016-83927), 7.
- Narayana, D. A., and Johnson, S. T. 2020. Regulations for manufacturing traditional foods — global and regional challenges. In *Nutritional and Health Aspects of Food in South Asian Countries* (pp. 297-307). Academic Press.
- Narın, M. and İnanöz, N. 2016. Yöresel gıda ürünlerinin kırsal kalkınmaya etkisi: Savaştepe/Sarıbeyler üzerinde bir pilot çalışma. *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, 6(2): 81-88.
- Öktem, Ş. and Purina, B. 2016. Standard recipes of traditional Turkish and Latvian meals: similarities and differences. *Journal of Tourism and Hospitality Management*, 4(2):87-101.
- Özdemir, G., Yılmaz, E., Unakıtan, G., Yılmaz, İ. ve Keskin, G., 2017. Kırsalda kadının geleneksel gıda üretimi ve pazarlama istekliliği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3): 66-72.
- Tarcza, T.M. and Popa, A.L. 2020. Using new marketing technologies for promoting traditional food products. *Information Journal of Information Systems and Social Change*, 11(1): 1-10.
- Tekelioğlu, Y. 2019. Coğrafi işaretler ve Türkiye uygulamaları. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15): 47-75.
- Topçu, Y. ve Baran, D. 2017. Menşe işaretli karvanas dut pekmezi'nin tüketici tercihlerine dayalı pazarlama stratejileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi (TURJAF)*, 5(7): 822-831.



Süt Sığırlarında Topallık: Verimlilik ve Çiftlik Ekonomisine Etkileri^A

Celal İZCİ^{1*}, Fatma ÇUHADAR ERDAL²

Öz: Modern yöntemlerin uygulandığı süt sığırcılığı işletmelerinde, yıllar içinde topallıkların yaygınlığının artması dikkat çekicidir. Bu durum genellikle süt veriminin artmasıyla ilişkilendirilmektedir. Bu bağlamda ortalama verim arttıkça, topallığın gelecekte daha da büyük bir sorun haline geleceği öngörülebilir. Süt sığırlarında topallığa neden olan ayak hastalıkları enfeksiyöz ve nonenfeksiyöz olmak üzere iki kategoride incelenebilir. Bu hastalıklar, sığırları etkileyen en önemli ağırlı hastalıklar grubundandır. Bu nedenle topallık süt sığırlarında önemli bir refah problemi olarak tanımlanır. Topallık ile süt verimi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Topallığa bağlı süt verimi kaybı hastalığın şiddetine, süresine, laktasyon sayısı ve dönemine ve yapılan tedaviye göre değişiklik göstermektedir. Son yıllarda dünyanın birçok ülkesinde süt sığırcılığında üreme performansının düştüğüne dair raporlar yayınlanmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden birisinin de artan topallıklar olduğu söylenebilir. Topallığın üreme performansı üzerindeki etkilerinin nedenleri konusunda bir belirsizlik olmakla birlikte; topallığın hayvanın kızgınlık davranışı ve belirtilerini olumsuz etkilediği gösterilmiştir. Topallık hayvanın değerini düşürerek zorunlu ayıklama oranını artırır. Topal hayvanların kesime gönderilme olasılığının daha yüksek olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Bu derlemenin amacı; süt sığırlarında topallıkların, verimlilik ve çiftlik ekonomisi üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamak ve böylece süt endüstrisinin yetiştirici, çiftlik çalışanları vb. tüm paydaşlarında topallıklar konusunda bir farkındalık oluşturmaktır.

Anahtar Kelimeler: İnek, topallık, ayıklama, ekonomi, süt verimi, üreme.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Celal İZCİ, Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, cizci@selcuk.edu.tr, [OrcID 0000-0003-0207-4575](https://orcid.org/0000-0003-0207-4575)

² Fatma ÇUHADAR ERDAL, Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, cuhadar@selcuk.edu.tr, [OrcID 0000-0001-5827-8046](https://orcid.org/0000-0001-5827-8046)

Effects of Lameness on Productivity and Farm Economy in Dairy Cattle

Abstract: It is noteworthy that the prevalence of lameness in modern dairy farms has increased over the years. This situation is generally associated with increased milk yield. As the average yield increases, lameness can be predicted to become an even greater problem in the future. Foot diseases that cause lameness are commonly categorized according to their etiology into infectious and noninfectious lesions. Foot diseases are among the most important painful diseases affecting cattle. Therefore, lameness is an important animal welfare problem in dairy cattle. The relationship between lameness and milk yield has been evaluated in numerous studies. Loss of milk yield due to lameness varies according to the severity, duration of the disease, the number and period of lactation and the treatment performed. In recent years, reports of reduced reproductive performance in dairy cattle have been published in many countries. It can be said that one of the important reasons for this is increasing lameness. Although there is an uncertainty in the effects of lameness on reproductive performance; it has been shown to negatively affect the sexual behavior and symptoms of the animal. Lameness reduces fertility, leading to early slaughter. Most studies of the relationship between lameness and early slaughter have shown that lame animals are more likely to be slaughtered. The purpose of this review is to emphasize the negative effects of lameness in dairy cattle on productivity and farm economy and to raise awareness on this issue among all stakeholders of the dairy industry, such as breeders, farm workers, etc.

Keywords: Cow, lameness, culling, economy, milk yield, reproduction.

Giriş

Topallık, tüm dünyadaki süt sığırcılığı çiftliklerindeki en önemli sağlık, verimlilik ve refah sorunlarından biridir. Topallık bir hastalık olmayıp hayvanın ayak veya bacak yapısında ağrıya neden olan herhangi bir hastalık sonucu ortaya çıkan bir yürüme fonksiyon bozukluğudur. Topallığa neden olan hastalıklar, sığırları etkileyen en önemli ağrılı hastalıklar grubundandır. Bu nedenle topallık süt sığırlarında önemli bir hayvan refahı problemi olarak tanımlanmaktadır (Von Keyserlingk ve ark., 2012; Bruijnis ve ark., 2013; Huxley, 2013; Westin ve ark., 2016). Ayrıca topallık süt verimini azaltmakta (Green ve ark., 2002; Hernandez ve ark., 2005; Archer ve ark., 2010; Huxley, 2013), hayvanın sürü ömrünü kısaltmakta (Randall ve ark., 2016) ve üreme performansını azaltmaktadır (Garbarino ve ark., 2004; Bruijnis ve ark., 2010; Peake ve ark., 2011; Hudson ve ark., 2014). Sonuçları itibarıyla topallık süt sığırcılığında önemli bir ekonomik etkiye sahiptir (Green ve ark., 2002; Cha ve ark., 2010; Huxley, 2013). Bu haliyle topallık tüm dünyada süt sığırlarında üretimi olumsuz etkileyen en önemli sağlık sorunlarından biridir.

Son yıllarda yüksek verim elde etmeye yönelik çabalar ve buna eşlik eden serbest duraklı açık ahırlara sahip modern ve entansif hayvancılık uygulamaları, süt veriminde önemli bir artışa yol açarken topallık insidans ve prevalansının artmasına ve süt ineklerinin sürü ömrünün azalmasına neden olmuştur (Bell ve ark., 2009).

Dünyada modern süt sığırcılığı işletmelerinde topallık prevalansının %20-36 aralığında olduğu ve bunun ülkeler, bölgeler, çiftlikler ve farklı barınak sistemleri arasında önemli ölçüde değişiklik gösterdiği söylenebilir (Barker ve ark., 2010-İngiltere%36.8, Chapinal ve ark., 2014-Çin%31, Solano ve ark., 2015, 2016-Kanada %20.8, %36, Cartwright ve ark., 2017-Kanada %20-35, Sadiq ve ark., 2017-Malezya%19.1, Griffiths ve ark., 2018-İngiltere %31.6, Bran ve ark., 2018-Brezilya %35, Randall ve ark., 2019-İngiltere %30.1, Sjöström ve ark., 2018-Fransa%25, Almanya%20, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) %24.6, Sharma ve Phillips, 2019-Hindistan %8.1-30.5, Ranjbar ve ark., 2016-Avustralya%18.9). Bu farklılık ayak hastalıkları ve tırnak bozukluklarının çok faktörlü doğasından kaynaklanmaktadır (Ward, 2009; Bruijnjs ve ark., 2011). Sığırlarda topallık prevalansı hayvanın ırkı, genetik geçmişi, çiftlik yönetimi, barınak şartları ve bilinmeyen çok sayıda faktörden etkilenmektedir (Van Der Linde ve ark., 2010; Potterton ve ark., 2012; Bicalho ve Oikonomou, 2013; Van Der Spek ve ark., 2015; Foditsch ve ark., 2016; Daros ve ark., 2019).

Ortalama verim arttıkça topallığın gelecekte daha da büyük bir sorun haline geleceği öngörülebilir. Süt sığırcılığı endüstrisinin bu zorlukla baş edebilmesi çiftlik sahibi, yönetici ve çalışanlarının bu bilince ulaşması ile mümkün olabilecektir. Çiftliklerde hem yeni topallık vakalarının nasıl önlenebileceği hem de topallayan hayvanların tedavisi için en uygun yöntemlerin ne olduğu konusundaki anlayış gözden geçirilmeli ve geliştirilmelidir. Bu derlemenin amacı; süt sığırlarında yaygın olarak görülen ve topallığa neden olan hastalıkları kısaca betimleyerek, verimlilik ve çiftlik ekonomisine etkilerini vurgulamak ve böylece çiftlik yöneticileri, çalışanları ve tüm paydaşlarında topallıklar ve bunlara yol açan ayak hastalıkları konusunda bir duyarlılık oluşturmaktır.

Sığırlarda Ayak Hastalıkları ve Tırnak Bozukluklarının Sınıflandırılması

Süt sığırlarında topallıkların %90'ından fazlası ayak hastalıkları ve tırnak bozukluklarına ilişkin şekillenmektedir (Clarkson ve ark., 1996; Thomsen ve ark., 2012; Shearer ve Van Amstel, 2013; Becker ve ark., 2014; Solano ve ark., 2016). Ayak hastalıkları ve tırnak bozukluklarının çoğu arka ayaklarda ve dış tırnaklarda oluşmaktadır (Greenough, 2007; Archer ve ark., 2010; Blowey ve Weaver, 2011; İzci, 2018). Bu bağlamda; süt sığırlarında topallığa neden olan ayak hastalıkları ve tırnak bozukluklarını nedenleri ve oluşumuna göre iki temel kategoride incelemek mümkündür. Bunlar; (a) enfeksiyöz nitelikli ayak derisi hastalıkları, (b) non-enfeksiyöz nitelikli boynuz tırnak ve canlı tırnak lezyonlarıdır (BCTL) (Potterton ve ark., 2012; Egger-Danner ve ark., 2015; Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017; Ristevski ve ark., 2017; Griffiths ve ark., 2018; İzci, 2018). Enfeksiyöz nitelikli hastalıklar ile sonradan enfekte olmuş lezyonlar karıştırılmamalıdır. Enfeksiyöz ayak hastalıklarının oluşumu daha çok hijyenle ilgili iken; BCTL daha çok multifaktöriyel bir etiyolojiye sahiptir. Nonenfeksiyöz nitelikli birçok BCTL çoğunlukla sonradan enfekte olarak karmaşık lezyonlar haline gelebilir.

Enfeksiyöz ayak hastalığı olarak digital dermatitis (DD), interdigital dermatitis (ID), ökçe erozyonu (ÖE) ve interdigital flegmon-nekrobazillozis (footrot) (İF) sayılabilir. Bunlar arasında dünyada en yaygın görüleni sırasıyla DD ve İF'dir (Şekil 1). Bu hastalıklar genellikle ayak derisini kapsamaktadır. Oluşumunda ıslak ve

hijyenik olmayan barınak şartları, ayak banyosunun olmaması veya yanlış uygulanması gibi tüm sürüyü etkileyen faktörler etkili olmaktadır (Bell ve ark., 2009; Cramer ve ark., 2009). Bu hastalıklara bakteriyel mikroorganizmalar neden olmaktadır. DD, ID ve ÖE'nin oluşumunda *Treponema* türleri ve *D. Nodosus* etkin bakterilerdir (Knappe-Poindecker ve ark., 2013; İzci, 2018). İnterdijital flegmonda ise ayak bölgesindeki yaralardan tırnağın daha derin dokularına giren ve enfekte eden *F. Necrophorum* etkindir (Kofler, 2017; İzci, 2018).

BCTL; tırnak bozuklukları (deformasyonları) travmatik ve laminitisle ilişkili olan hastalıklar olarak tanımlanabilir. Tırnak bozuklukları olarak; tirbuşon tırnak, makasvari tırnak, asimetrik tırnak sayılabilir. Travmatik ve laminitisle ilişkili olan hastalıklar olarak; beyaz çizgi hastalığı, taban hemorajisi, taban ülseri, taban ucu lezyonları (ülser, apse, nekroz vb.), ökçe ülseri, tırnak çatlakları, interdigital hiperplazi, çift taban ve ince taban sayılabilir (Pinedo ve ark., 2017; Ristevski ve ark., 2017; Griffiths ve ark., 2018; Sepuveda ve ark., 2018). Son yıllarda süt sığırlarında tedaviye rağmen 'iyileşmeyen tırnak lezyonları' tanımlanmaktadır. Bu lezyonlar DD'nin yaygın olduğu sürülerde yaygın olarak görülür. Bu tür iyileşmeyen tırnak ucu nekrozu, beyaz çizgi hastalığı ve taban ülseri olgularından *treponema* türleri izole edilmiştir (Kofler, 2017). Dünyada en yaygın görüleni taban ülseri ve beyaz çizgi hastalığıdır (Shearer ve Van Amstel, 2017; İzci, 2018) (Şekil 1). Taban ülseri ve beyaz çizgi hastalığının oluşumunda, tırnağın asıcı bağ sistemini (suspensory apparatus) zayıflatan ve doğum sürecinde meydana gelen metabolik ve hormonal değişiklikler (metalloproteinazların aktivasyonu; ve doğum sürecindeki hormonal değişiklikler, özellikle relaksin, östrojen, hoofase) ve bunlara eşlik eden subakut ruminal asidozis (SARA) gibi metabolik bozukluklar ve laminitis etkili olmaktadır (Ossent ve Lischer, 1998; Lischer ve ark., 2002; Mulling ve Lischer, 2002; Tarlton ve ark., 2002; Bicalho ve ark., 2009; Green ve ark., 2014). Bunların dışında özellikle doğum sonrası negatif enerji dengesizliği (NED) gelişen yüksek verimli ineklerde vücut kondüsyon skorunun (VKS) düşmesi (Green ve ark., 2014; Solano ve ark., 2016; Kumar ve Singh, 2020) ve ökçe yastığının kalınlığının azalması (Bicalho ve ark., 2009; İzci ve ark., 2011; Bicalho ve Oikonomou, 2013; İzci ve ark., 2014; Foditsch ve ark., 2016), sert zeminler (Solano ve ark., 2016; Akköse ve İzci, 2017), tırnağın uzama ve aşınma dengesizlikleri sonucu her bir tırnağın kendi içinde ve tırnaklar arasındaki yük dağılım dengesinin bozulması ve bunun sonucu taban ve ökçe koryumunun yıkımlanmasına neden olan mekanik faktörler (Ossent ve Lischer, 1998) BCTL oluşumunda etkili olmaktadır. Taban ülseri, beyaz çizgi hastalığı, DD ve İF tüm dünyada süt sığırcılığı işletmelerinde en yaygın görülen ayak hastalıklarıdır (Cramer ve ark., 2009; Potterton ve ark., 2012) (Şekil 1). Bu hastalıklar anlaşılımadan süt sığırlarında topallıkları önlemek mümkün değildir.



Şekil 1. Süt sığırlarında topallığa neden olan ve en yaygın görülen ayak hastalıkları..

Topallıkların Hayvanın Verim Özelliklerine Etkisi

Topallık ve Süt Verimi

Topallık ile süt verimi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan tanımlar, metodolojiler, verilerin sunulma şeklindeki farklılıklar nedeniyle zorluklar bulunmaktadır. Birçok makalede topallığa bağlı kayıplar günlük süt verimindeki azalma ile belirlenirken (Randall ve ark., 2016; Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017) birçok makalede de bir laktasyon dönemindeki toplam süt verimindeki azalma ile belirlenmiştir (Archer ve ark., 2010; Green ve ark., 2002). Yine birçok makalede topallık teşhis edildikten sonra meydana gelen süt kayıpları belirlenirken (Green ve ark., 2002; Amory ve ark., 2008) birçok makalede de topallığın teşhis ve tedavisinden önceki dönemden başlayarak oluşan verim kayıpları bildirilmektedir (Green ve ark., 2002; Amory ve ark., 2008; Reader ve ark., 2011). Bazı topallık olgularında topallığın tespit edilmesinden aylar öncesinden verim kaybı oluşabilmektedir.

Topallık ile süt verimi arasındaki ilişki; süt verimi ile topallık oluşumu ve topallığın neden olduğu süt verim kaybı olarak iki kategoride incelenebilir. Dünyada süt sığırlarında topallık insidansı ve prevalansının yüksek olmasının önemli nedenlerinden birisi de süt veriminin artmasıyla ilişkili olmasıdır (Barkema ve ark., 1994; Green ve ark., 2002; Archer ve ark., 2010; Potterton ve ark., 2012; Bicalho ve Oikonomou, 2013; Foditsch ve ark., 2016). Süt verimi yüksek ineklerin total olma olasılığı daha yüksektir. Yüksek süt veriminin özellikle taban ülseri ve beyaz çizgi hastalığı gibi ayak hastalıklarının oluşumunda etkili olduğu görülmektedir (Barkema ve ark., 1994; Hultgren ve ark., 2004; Amory ve ark., 2008). Süt verimi ile topallık oluşumu arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada, önceki laktasyona göre üretilen her 100 kg fazla süt için total olma olasılığının 1.06 kat arttığı gösterilmiştir (Barkema ve ark., 1994). Başka bir çalışmada, laktasyon döneminde topallık görülen ineklerin günlük süt verimlerinin total olmayan ineklere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Green ve ark., 2002). Bu bağlamda laktasyonun pik döneminin yüksek verimli süt inekleri için çok hassas bir dönem olduğu söylenebilir. Bu dönemde ayak hastalıkları oluşma riskinin arttığı doğrulanmıştır (Holzhauer ve ark., 2006; Baird ve ark., 2008). Nitekim süt veriminin pik yaptığı doğumdan sonraki 3. aya kadarki dönem, hem ilk hem de sonraki laktasyonlardaki hayvanlarda taban ülseri ve beyaz çizgi hastalığının (Green ve ark., 2002; Barker ve ark., 2009) oluşma riskinin en yüksek olduğu dönemdir.

Topallık süt verimini azaltmaktadır (Green ve ark., 2002; Hernandez ve ark., 2005; Archer ve ark., 2010; Huxley, 2013). Topallığa bağlı süt verimi kaybı hastalığın şiddetine, süresine, laktasyon sayısı ve dönemine ve yapılan tedaviye göre değişiklik göstermektedir. Yapılan bir çalışmada süt kaybının klinik topallık oluşmadan yaklaşık 4 ay öncesinden başladığı, teşhis ve tedaviden altı hafta sonra süt veriminde artma olduğu ancak 5 ay boyunca süt veriminin düşük olduğu ve bir laktasyon döneminde ortalama 360 kg (160-550 kg arasında) süt kaybının olduğu bildirilmiştir (Green ve ark., 2002). Topallığa neden olan spesifik hastalıklar değişik düzeylerde süt kaybına neden olmaktadır. BCTL diğer lezyonlara göre daha büyük kayıplara yol açmaktadır. Bunlar içinde taban ülseri en fazla kayba neden olan ayak hastalığıdır (Huxley ve ark., 2012). Taban ülseri teşhisi konan

ineklerde laktasyon başına ortalama tahmini süt kaybı 574 kg (307-841 kg arasında), beyaz çizgi hastalığı teşhisi konan ineklerde laktasyon başına ortalama tahmini süt kaybı 369 kg (137-600 kg arasında) olarak bildirilmiştir (Amory ve ark., 2008). Taban ülserli ineklerde hastalık ortaya çıkmadan 3-4 ay öncesinden başlayarak tedaviden bir ay sonrasına kadar süt veriminin azaldığı, DD'li ineklerde tedaviden bir ay öncesinde süt veriminde düşme olduğu belirtilmiştir (Green ve ark., 2002, 2014). DD, taban ülseri, beyaz çizgi hastalığı gibi topallığa neden olan ayak hastalıklarının sonraki laktasyonlarda daha fazla süt kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017). İnterdijital flegmonlu ineklerin süt veriminin sağlıklı ineklere göre önemli oranda düşük olduğu, bunun da ortalama süt veriminde yaklaşık %10'luk bir düşüşe eşdeğer olduğu bildirilmiştir (Hernandez ve ark., 2005). Topallığa bağlı süt kaybının lezyonun şiddetinden, topallığın teşhis ve tedavi edilme hızından ve uygulanan tedavi protokolünden etkileneyeceği bilinmelidir. Bu nedenle ayak hastalıklarının erken teşhis ve etkili tedavisi verim kayıplarının azaltılması bakımından önemlidir. Yüksek verimli ineklerde klinik olarak topallık görülmeden önceki dönemde kuruda kalma süresi, ilk buzağılama yaşı, servis periyodu gibi çevresel faktörlerin (Duru ve Tuncel, 2004) yanısıra ketozis vb. gibi hastalıklara bağlı olarak da süt veriminde azalmanın olabileceği ve topallığın süt verimindeki azalmayla birlikte süt protein ve yağ oranında da azalmaya neden olduğu dikkate alınmalıdır (İzci, 2018).

Topallığın Döl Verimine Etkisi

Son yıllarda dünyanın birçok ülkesinde süt sığırcılığında üreme performansının-döl veriminin düştüğüne dair raporlar yayınlanmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden birisinin de artan topallıklar olduğu söylenebilir. Topallığın üreme performansı üzerindeki etkilerinin nedenleri konusunda bir belirsizlik olmakla birlikte; topallık ve üreme yeteneği arasındaki ilişkiye yönelik yapılan araştırmalarda topallığın (Huxley, 2013; Burgstaller ve ark., 2017) özellikle de taban ülseri, beyaz çizgi hastalığı gibi ayak hastalıklarının (Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017) ineğin üreme özellikleri üzerindeki olumsuz etkisi ortaya konmuştur. Topallığa neden olan ayak hastalıkları ineğin döl verimini azaltmaktadır (Bruijnis ve ark., 2010; Peake ve ark., 2011; Hudson ve ark., 2014). Topal ineklerde anöstrus (Hultgren ve ark., 2004) veya kistik yumurtalık (ovaryum kisti) gelişimi (Melendez ve ark., 2003) nedeniyle siklus faaliyetleri azalmaktadır (Garbarino ve ark., 2004; Omontese ve ark., 2020). Topal ineklerin doğum sonrası ilk servis periyodu uzamakta (Barkema ve ark., 1994; Huxley, 2013; Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017; Omontese ve ark., 2020), doğumdan sonra gebe kalma aralığı (Hernandez ve ark., 2005; Huxley, 2013; Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017) ve buna bağlı olarak buzağılama aralığı uzamaktadır (Enting ve ark., 1997; Hultgren ve ark., 2004; Huxley, 2013).

Melendez ve ark. (2003), doğum sonrası ilk 30 gün içinde topallayan ineklerin topal olmayanlara göre gebe kalma oranlarının (%42.6'ya karşı %17.5) ve genel gebelik oranlarının daha düşük (%92.6'ya karşı %85.0), kistik ovaryum olasılığının daha yüksek (%11.1'e karşı %25.0) olduğunu bildirmektedir. Bu araştırmacılar ayrıca düve döneminde topal ve topal olmayan inekler için erken sürüden ve elden çıkarma (kesim) oranlarının sırasıyla %30.8 ve %5.4 olduğunu bildirmişlerdir. Garbarino ve ark. (2004), doğum sonrası ilk 60 günde topallığın

ovaryum (yumurtalık) aktivitesi üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu ve siklus faaliyetlerini 3.5 kat geciktirdiğini bildirmiştir. Üreme özelliklerindeki bu güçlü değişikliklere neden olan fizyolojik mekanizmalar belirsizliğini korumakla birlikte; çeşitli hipotezler ileri sürülmektedir. Bu değişikliklere, total ineklerde görülen üreme ile ilgili hormonal denge ve foliküler aktivite bozukluklarının neden olabileceği bildirilmektedir (Walker ve ark., 2008; Morris ve ark., 2011). Ayak hastalıklarına bağlı oluşan ağrı, ineklerde stresi artırmakta ve hormonal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda ineklerde; laktasyon süresinde kısalma, kızgınlık göstermeme, döl tutmama gibi bozukluklar görülmektedir. Ayak hastalıklarına bağlı gelişen ağrı ve stres ACTH, kortizol, haptoglobulin, adrenalin, noradrenalin, beta-endorfin salınımına yol açmaktadır. Bu durum GnRH ve LH salgılanmasını azaltarak östrus faaliyetlerinin baskılanmasına neden olmaktadır (Dobson ve ark., 2003; Smith ve ark., 2003; Greenough, 2007; İzci, 2018). Kronik stresin östrus için gerekli olan progesteron konsantrasyonunu önemli oranda azalttığı, bunun da hayvanın cinsel davranış etkinliğinin azalmasına yol açtığı ortaya konmuştur (Walker ve ark., 2010). Stres, doğum sonrasında uterusun involusyonunu geciktirmektedir (Greenough, 2007). Bu fizyolojik değişiklikler kızgınlık süresinin kısalmasına, kızgınlık davranışlarında değişikliklere, asenkronizasyon ve ovulasyonda anormalliklere, doğum sonrası ilk tohumlama arası sürenin uzamasına, ilk tohumlamada gebe kalma oranının ve genel gebelik oranının düşmesine neden olmaktadır.

İneğin döl verimi özelliklerindeki değişiklikler topallığın neden olduğu beslenme davranışındaki değişiklikler ve azalan yem alımıyla da ilişkilendirilebilir. Topal hayvanların kuru madde alımındaki azalma, folikülogenezis ve ovulasyonu bozarak kısırılığa neden olabilir (Huxley, 2013). Ayrıca geçiş döneminde özellikle de doğum sonrası dönemde oluşan topallık, NED gelişimi ve VKS'nin düşmesinde etkili olmaktadır. NED, fertilité bozukluklarının patogeneziinde önemli bir rol oynamaktadır (İzci, 2018; Kumar ve Singh, 2020). NED, total ineklerde sağlıklı ineklere göre daha şiddetli oluşmaktadır. Bunun sonucu oluşan kilo kaybının ovaryumun folikül büyümesini ve gelişimini engellediği ortaya konmuştur (De Vries ve Veerkamp, 2000). NED'in döngüsel yumurtalık aktivitesini (cyclic ovarian activity) başlatmak ve sürdürmek için gerekli olan GnRH ve LH'nin salgılanmasında azalmaya neden olduğu gösterilmiştir. NED gelişen ineklerde luteal faz sırasında progesteron salgısı da büyük ölçüde azalmaktadır. Şiddetli ve uzun süreli stres altındaki ineklerde yumurtalıklarda atrofi olasılığı yüksektir (Greenough, 2007). Bu nedenle NED hızlıca tedavi edilmelidir. Bağışıklık hücrelerinin yumurtalık fonksiyonunda rol oynadığı giderek artan bir şekilde kabul görmektedir (Shirasuna ve ark., 2013). Topallığa neden olan enfeksiyöz veya nonenfeksiyöz ayak hastalıkları sırasında gelişen yangısal süreçler, ineğin üreme özelliklerini doğrudan etkileyebilir (Huxley, 2013). Bu bağlamda ayak hastalıklarının laktasyonun erken döneminde ovaryum aktivitesini olumsuz etkilediği, östrus faaliyetlerini geciktirdiği ve bu nedenle uzun süreli bir anöstrusa yol açtığı bildirilmiştir (Garbarino ve ark., 2004).

Topallığa Bağlı Zorunlu Ayıklama

Topallık hayvanın değerini düşürerek zorunlu ayıklama oranını artırır. Topallık ve erken ayıklama arasındaki ilişki üzerine yayınlanan çalışmaların çoğu, topallıktan muzdarip hayvanların kesime gönderilme olasılığının

daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun yanısıra bazı çalışmalarda topallık ile erken ayıklama arasında anlamlı bir ilişki olmadığı ileri sürülmüştür (Hultgren ve ark., 2004). Ancak bu durumun topallayan hayvanların yüksek verimli olmasından ve dolayısıyla sahibinin onları kesime göndermeye istekli olmamasından kaynaklanabileceği öngörülmüştür (Barkema ve ark., 1994; Huxley, 2013). Süt sığırcılığı işletmelerinde erken ayıklama kararı, sadece ayak hastalıkları değil; üreme performansı, süt verimi, hayvanın genel sağlık durumu, doğum sayısı vb. gibi birçok faktörün birlikte değerlendirilmesiyle alınmaktadır (Barkema ve ark., 1994; Cramer ve ark., 2009).

Amerika'da süt sığırcılığında doğrudan topallıklara bağlı zorunlu ayıklama oranının %15 olduğu ve bu hayvanların karkas değerinin azaldığı, topallıkların süt verimi ve üreme üzerindeki olumsuz etkilerine bağlı zorunlu ayıklama oranının ise %49 olduğu bildirilmiştir (Van Amstel ve Shearer, 2006). Taban ülseri ve beyaz çizgi hastalığının hayvanın verimlilik ömrünü azaltarak erken ayıklamaya neden olduğu belirtilmiştir (Charfeddine ve Perez-Cabal, 2017). Enfeksiyöz ayak hastalıklarında erken ayıklama oranlarının laminitise bağlı gelişen ayak hastalıklarından daha düşük olduğu (Cramer ve ark., 2009), BCTL bulunan ineklerde ayıklama oranının ise 1.7 kez fazla olduğu bildirilmiştir (Machado ve ark., 2010). Ayıklama risk oranının ilk laktasyonda topallık görülen hayvanlarda 4.2 kez (Sogstad ve ark., 2007) fazla olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle özellikle şiddetli ayak hastalığı bulunan ineklerde, hastalığın hayvanın verim özellikleri üzerindeki etkisi iyi değerlendirilmelidir. Şiddetli ayak lezyonlarının hafif lezyonlara göre 3 kat fazla ekonomik kayba yol açtığı ortaya konmuştur (Charfeddine ve Perez-cabal, 2017). Yapılacak tedavi, ağrıyı kontrol altına alıp ineği bir an önce normal verim özelliklerine kavuşturmayacaksa, hayvan karkas değeri azalmadan kesime gönderilmelidir. Çünkü topallık nedeniyle hayvanın uzun süre yatması ve daha az yemesi hızla kilo kaybına neden olmaktadır. Topallık nedeniyle kesime gönderilen sığırların, başka nedenlerle kesime gönderilen hayvanların yarısı kadar karkasa sahip olduğu bildirilmiştir (Van Amstel ve Shearer, 2006). Topallık ve erken ayıklama arasındaki ilişki üzerine yayımlanan çalışmaların çoğu total hayvanların kesime gönderilme olasılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Topallığın Çiftlik Ekonomisine Etkisi

Süt sığırcılığında topallıkların neden olduğu ekonomik kayıplara ilişkin farklı metodolojiler kullanılarak çeşitli hesaplamalar ve tahminler yapılmıştır (Willshire ve Bell, 2009; Cha ve ark., 2010). Birçok çalışmada topallıkların hayvan başına ve sürü bazında neden olduğu ekonomik kayıplar incelenmiştir (Kossaibati ve Esslemont, 1997; Cha ve ark., 2010). Ekonomik kayıpları doğrudan topallığa bağlı ekonomik kayıplar ve topallığın neden olduğu dolaylı ekonomik kayıplar olarak iki kategoride incelemek mümkündür. Doğrudan topallığa bağlı maliyetler tedavi giderleri (veteriner hekim, ilaçlar vb.) tırnak kesimi ve tırnak kesim ekipmanının amortismanı, tedavi altındaki ineklerden atılan süt, ekstra işçilik ve personel giderleri ve zaman kaybını içerir. Bunların ölçülmesi kolaydır. Dolaylı maliyetler olarak süt verimindeki azalma, kızgınlık göstermeme ve döl tutmama, zorunlu ayıklama, ağrı ve konfor kaybı, ağırlık kaybı (karkas değerinin düşmesi) sayılabilir (Willshire

ve Bell, 2009). Dolaylı maliyetlerin tahmin edilmesi daha zordur. Topallığa bağlı ekonomik kayıpların büyük kısmı topallığın neden olduğu kısırlık, zorunlu ayıklamave süt verimindeki azalmadan kaynaklanmaktadır. Zaman önemli bir fırsat maliyeti oluşturur. Örneğin total bir inekle uğraşmak için harcanan zaman, total olmayan ineklerin fonksiyonel (rutin-önleyici) tırnak kesimi için daha az zaman ayırmaya neden olabilmektedir. Birçok hastalıkta olduğu gibi özellikle topallığa neden olan ayak hastalıklarının tedavisi sırasında ekstra işçiliğe gereksinim duyulur. Bu da doğal olarak ekstra işçilik ve personel maliyeti oluşturur (Kossaibati ve Esslemont, 1997). Bu maliyet hayvanların tedavisi ile ilgilenen çiftlik personeli için gereken ekstra süre ve total ineklerin yavaş hareket etmesi nedeniyle mera veya ahırdan sağımhaneye gidiş geliş süresinin yani sağım süresinin artması ve bu sürede hayvanla ilgilenecek personel ihtiyacından oluşur. Ekonomik kayıpların büyüklüğü, ülke ve çiftlik şartlarına göre farklılıklar gösterir (Willshire ve Bell, 2009; Huxley ve ark., 2012; Charfeddine ve Perez-Cabal,2017). Topallığa bağlı ekonomik kayıpların İngiltere’de bir süt sığırcılığı işletmesindeki toplam hayvan sağlığı maliyetinin %27.2'sini (Kossaibati ve Esslemont, 1997), Hollanda’da bir süt sığırcılığı işletmesinin toplam gelirinin %4-5'ini oluşturduğu bildirilmiştir (Enting ve ark., 1997). İngiltere’de, topallığa bağlı inek başına ortalama yıllık ekonomik kaybın 34.61£ olduğu, bunun 15.47£’nin süt verimindeki azalma, 5.20£’nin erken sürüden çıkarma (kesim) ve 13.95£’nin de tedavi giderlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Süte ilişkin ekonomik kayıplar iki bileşenden oluşur. Topallığa bağlı süt veriminin azalması ve antibiyotik tedavisi nedeniyle sütün atılması. En büyük kayıp süt verimindeki azalmaya bağlı oluşur. Antibiyotik tedavisi nedeniyle atılan ortalama süt miktarının laktasyonda üretilen sütün %2.6’sı kadar olduğu bildirilmiştir (Ozsvari, 2017). Tüm bu bileşenleriyle birlikte; süt sığırlarında yaygın olarak görülen diğer klinik hastalıklarla karşılaştırıldığında topallıkların hayvan başına ve sürü bazında en maliyetli hastalık grubunu oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1.Sürü bazında hastalık başına düşen maliyet. (Shearer ve Van Amstel 2013).

Hastalık	Maliyet/İnek	Sürü Maliyeti/Yıl (100 İnek)
Mastitis	262 \$	10.490 \$
Abomasum deplasmanı	489 \$	2.447 \$
Retensiyon/Metritis	325 \$	4.874 \$
Topallık	478 \$	14.330 \$

İngiltere’de yapılan bir çalışmada bir topallık vakasının ortalama maliyetinin 323£, lezyon maliyetinin; taban ülseri için 518.73£, beyaz çizgi hastalığı için 300.05£, DD için 75.57£, interdigital topallık için 154.31£ olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada maliyetlerin %82'sinin döl veriminin ve süt veriminin azalmasından kaynaklandığı, veteriner hekimlik maliyetlerinin katkısının sadece %1 olduğu vurgulanmıştır. Aynı çalışmada ortalama bir İngiltere sürüsü için topallığın yıllık maliyeti 7.499.30£ ve ülke bazında süt endüstrine yıllık maliyeti 127.822.885£ olarak hesaplanmıştır (Willshire ve Bell, 2009). Klinik gözlem ve topallık kayıtlarına dayalı olarak yapılan bir çalışmada; 100 başlık bir işletmede ortalama %30 topallık insidansı, %2 ölüm oranı, vakaların

%20'sinin mecburi elden çıkarılması (kesim), servis periyodunda ortalama 28 gün uzama, vaka başına 23 \$ veteriner hekim ücretleri, ilaç ve işçilik dahil toplam topallık maliyetinin yıllık yaklaşık 9000 \$ olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmalarda klinik vaka (topal inek) başına maliyet 300\$ veya sürüdeki inek başına maliyet 90\$ olarak hesaplanmıştır (Guard, 1994; Guard, 1995). Bu veriler süt sığırlarında topallığın hem hayvan başına hem de sürü bazında ciddi bir ekonomik kayba neden olduğu ve bu kayıpların yüksek verimli hayvanlar ve sürülerde daha da arttığını ortaya koymaktadır.

Sonuç

Bu derlemede, topallığa neden olan ayak hastalıklarının oluşumu ve sebep olduğu ekonomik kayıplar ve çiftlik ekonomisi üzerindeki olumsuz etkileri hakkındaki literatür bilgileri değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Süt sığırlarında topallıkların neden olduğu ekonomik kayıplarla ilgili son bulgular, topallıkların çiftlik ekonomisini önemli oranda etkilediğini göstermektedir. Topallıktan kaynaklanan kaybın büyüklüğü farklı ülkelerde birbirine benzer olmakla birlikte; topallığın nedenleri ve ekonomik etkileri farklı çiftliklerde çok farklı olabilmektedir. Süt sığırcılığı işletmelerinde topallığa neden olan ayak hastalıklarının yaygınlığı ve sebep olduğu ekonomik maliyetler hakkındaki bu veriler, yetiştiriciler ve diğer paydaşlarda topallıkla ilgili farkındalık oluşumuna, çiftliklerindeki topallık sorunlarına çiftlik temelli ve uygun maliyetle çözüm üretebilecek kararlar almasına ve destek araçları geliştirmelerine yardımcı olacaktır. Topallıkların çiftlik ekonomisi üzerindeki etkisini kavramak, topallığa neden olan ayak hastalıklarının yaygınlığını (prevalans ve insidans) azaltmak için çok önemlidir. Süt sığırlarında ayak hastalıklarının genetik kalıtsal yatkınlık olasılığının düşük olduğu (%15-20) dikkate alınır, iyi bir ayak sağlığı büyük oranda uygun bakım, barınak, beslenme, hijyen vb. gibi koruyucu önlemlerle sağlanabilir. Bu bağlamda; önleyici tedbirleri içeren iyi bir tırnak kesim programı, bilinçli ayak banyosu uygulamaları hastalıkların önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Erken teşhis ve tedavi hastalık maliyetlerini düşüreceği gibi verim kayıplarını da önemli oranda düşürecektir. Bu amaçla süt sığırcılığı işletmelerinde yaygın olarak görülen ayak hastalıklarının türüne göre (enfeksiyöz veya nonenfeksiyöz) önleyici proaktif topallık kontrol programları oluşturulmalıdır. Çiftlikte topallığa neden olan hastalıkların belirlenmesi ve sınıflandırılması, tanımlanan hastalıklar için çiftlikteki risklerin belirlenmesi, riskleri azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılması gereken değişikliklerin belirlenmesi ve uygulanmasını kapsayan bir kontrol programı, süt sığırcılığı işletmelerinde ayak sağlığının iyileştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır.

Teşekkür Bilgi notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Akköse, M. ve İzci, C. 2017. Süt ineklerinde yatma süresinin topallıklara etkisi ve yatma süresini etkileyen faktörler. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 57(1): 44-51.
- Amory, J.R., Barker, Z.E., Wright, J.L., Mason, S.A., Blowey, R.W. and Green, L.E. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and Wales from February 2003-November 2004. *Preventive Veterinary Medicine*, 83: 381-91.
- Archer, S.C., Green, M.J. and Huxley, J.N. 2010. Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93: 4045-4053.
- Baird, L.G., O'Connell, N.E., McCoy, M.A., Keady, T.W.J. and Kilpatrick, D.J. 2008. Effects of breed and production system on lameness parameters in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92: 2174-2182.
- Barkema, H.W., Westrik, J.D., Van Keulen, K.A.S., Schukken, Y.H. and Brand, A. 1994. The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in Dutch dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 20: 249-259.
- Barker, Z.E., Amory, J.R., Wright, J.L., Mason, S.A., Blowey, R.W. and Green, L.E. 2009. Risk factors for increased rates of sole ulcers, white line disease and digital dermatitis in dairy cattle from twenty-seven farms in England and Wales. *Journal of Dairy Science*, 92: 1971-1978.
- Barker, Z.E., Leach, K.A. and Whay, H.R. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *Journal of Dairy Science*, 93: 932-941.
- Becker, J., Steiner, A., Kohler, S., Koller-Bahler, A., Wuthrich, M. and Reist, M. 2014. Lameness and foot lesions in Swiss dairy cows: I. Prevalence. *Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde*, 156: 71-78
- Bell, N.J., Bell, M.J., Knowles, T.G., Whay, H.R., Main, D.C.J. and Webster, A.J.F. 2009. The development, implementation and testing of a lameness control programme based on HACCP principles and designed for heifers on dairy farms. *The Veterinary Journal*, 180: 178-188.
- Bicalho, R.C. and Oikonomou, G. 2013. Control and prevention of lameness associated with claw lesions in dairy cows. *Livestock Science*, 156: 96-105.
- Bicalho, R.C., Machado, V.S. and Caixeta, L.S. 2009. Lameness in dairy cattle: a debilitating disease or a disease of debilitated cattle a cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *Journal of Dairy Science*, 92(7): 3175-3184.
- Blowey, R. and D. Weaver. 2011. *Color Atlas of Diseases and Disorders of Cattle* (No. Ed. 3). Mosby Elsevier Ltd., London. 280p.
- Bran, J.A., Daros, R.R., Von Keyserlingk, M.A.G., Leblanc, S.J. and Hötzel, M.J. 2018. Cow and herd-level factors associated with lameness in small-scale grazing dairy herds in Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, 151: 79-86.

- Bruijnis, M.R.N., Beerda, B., Hogeveen, H. and Stassen, E.N. 2011. Assessing the welfare impact of foot disorders in dairy cattle by a modeling approach. *Animal*, 6: 962-970
- Bruijnis, M.R.N., Hogeveen, H. and Stassen, E. N. 2013. Measures to improve dairy cow foot health: consequences for farmer income and dairy cow welfare. *Animal*, 7: 167-175.
- Bruijnis, M.R.N., Hogeveen, H. and Stassen, E.N. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *Journal of Dairy Science*, 93: 2419-32.
- Burgstaller, J., Egger-Danner, C., Guggenbichler, S., Fürst-Waltl, B., Steininger, F. and Kofler, J. 2017. The influence of lameness and claw disorders on fertility parameters in Austrian dairy cows. In: Proceedings of the Nineteenth International Symposium and Eleventh International Conference on Lameness in Ruminants, 06-09 September 2017, Munich, p: 347-348.
- Cartwright, S.L., Malchiodi, F., Thompson-Crispi, K., Miglior, F. and Mallard, B.A. 2017. Short communication: Prevalence of digital dermatitis in Canadian dairy cattle classified as high, average, or low antibody and cell-mediated immune responders. *Journal of Dairy Science*. 100: 8409-8413.
- Cha, E., Hertl, J.A. and Bar, D. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Preventive Veterinary Medicine*, 97: 1-8.
- Chapinal, N., Liang, Y., Weary, D.M., Wang, Y. and Von Keyserlingk, M.A.G. 2014. Risk factors for lameness and hock injuries in Holstein herds in China. *Journal of Dairy Science*, 97: 4309-4316.
- Charfeddine, N. and Pérez-Cabal, M.A. 2017. Effect of claw disorders on milk production, fertility and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100: 653-665.
- Clarkson, M.J., Downham, D.Y., Faull, W.B., Hughes, J.W., Manson, F.J. and Merritt, J.B. 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Veterinary Record*, 138: 563-567.
- Cramer, G., Lissemore, K.D., Guard, C.L., Leslie, K.E. and Kelton, D.F. 2009. The association between foot lesions and culling risk in Ontario Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 92: 2572-2579.
- Daros, R.R., Eriksson, H.K., Weary, D.M. and Von Keyserlingk, M.A.G. 2019. Lameness during the dry period: Epidemiology and associated factors. *Journal of Dairy Science*, 102: 11414-11427.
- De Vries, M. and Veerkamp, R. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *Journal of Dairy Science*, 83: 62-69.
- Dobson, H., Ghuman, S., Prabhakar, S. and Smith, R. 2003. A conceptual model of the influence of stress on female reproduction. *Reproduction*, 125: 151-163.
- Duru, S. ve Tuncel, E. 2004. Siyah Alaca Sığırlarda Kuruda Kalma Süresi, Servis Periyodu ve İlkine Buzağılama Yaşı ile Bazı Süt Verim Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 18(1): 69-79.
- Egger-Danner, C., Nielsen, P., Fiedler, A., Müller, A., Fjeldaas, T., Döpfer, D., Daniel, V., Bergsten, C., Cramer, G., Christen, A.M., Stock, K.F., Thomas, G., Holzhauser, M., Steiner, A., Clarke, J., Capiion, N., Charfeddine, N., Pryce, J.E., Oakes, E., Burgstaller, J., Heringstad, B., Ødegård, C., Kofler, J., Egger, F. and Cole, J.B. 2015. *ICAR claw health atlas*. In: *Proceedings of the International Committee for Animal Recording*. Ed.:

- ICAR WGFT, ICAR Technical Seriee, Rome, Italy, 44p.
- Enting, H., Kooij, D., Kijkhuizen, A.A., Huirne, R.B.M. and NoordhuizenStrassen, E.N. 1997. Economic losses due to clinical lameness in dairy cattle. *Livestock Production Science*, 49: 259-267
- Foditsch, C., Oikonomou, G., Machado, V.S., Bicalho, M.L., Ganda, E.K., Lima, S.F., Rossi, R., Ribeiro, B.L., Kussler, A. and Bicalho, R.C.2016. Lameness prevalence and risk factors in large dairy farms in upstate New York. Model development for the prediction of claw horn disruption lesions. *PLoS ONE*, 11: e0146718.
- Garbarino, E.J., Hernandez, J.A., Shearer, J.K., Risco, C.A. and Thatcher, W.W. 2004. Effect of lameness on ovarian activity in postpartum Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 87: 4123-4131.
- Green, L.E., Hedges, V.J., Schukken, Y.H., Blowey, R.W. and Packington, A.J. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85: 2250-2256.
- Green, L.E., Huxley, J.N. and Banks, C. 2014. Temporal associations between low body condition, lameness and milk yield in a UK dairy herd. *Preventive Veterinary Medicine*, 113: 63-71.
- Greenough, P. 2007. *Bovine Laminitis And Lameness: A Hands On Approach* (No. Ed. 1). Saunders Ltd., Philadelphia, Saunders. 328p.
- Griffiths, B.E., White, D.G. and Oikonomou, G. 2018. Cross-sectional study into the prevalence of dairy cattle lameness and associated herd-level risk factors in England and Wales. *Frontiers in Veterinary Science*, 5: 65.
- Guard, C. 1994. Recognizing and managing infectious causes of lameness in cattle. *The Proceedings of The American Association of Bovine Practitioners*, January, Vol:27. p: 80-82.
- Guard, C. 1995. Laminitis in dairy cattle: recognition of the disorder and management of the causative factors. *Proceedings of The American Association of Bovine Practitioners*, January, Vol:28. P: 71-74.
- Hernandez, J.A., Garbarino, E.J. and Shearer, J.K. 2005. Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 227: 1292-1296.
- Holzhauser, M., Hardenberg, C., Bartels, C.J.M. and Frankena, K. 2006. Herd and cow level prevalence of digital dermatitis in the Netherlands and associated risk factors. *Journal of Dairy Science*, 89: 580-588.
- Hudson, C.D., Huxley, J.N. and Green, M.J. 2014. Using simulation to interpret a discrete time survival model in a complex biological system: fertility and lameness in dairy cows. *PLoS One*, 9: 103426.
- Hultgren, J., Manske, T. and Bergsten, C. 2004. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield and culling Swedish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, 62: 233-251.
- Huxley J, Archer S, Bell N, Burnell M, Green I, Potterton S, Reader J 2012. Control of Lameness. In *Dairy Herd Health* Edited by Martin Green. CPI Group (UK) Ltd, pp 169-204.
- Huxley, J.N. 2013. Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science*, 156: 64-70.
- İzci, C. 2018. *Siğirilerde Ayak Hastalıkları ve Topallık Kontrolü*. S.Ü. Basımevi, Konya, 407p.

- İzci, C., Erol, M. ve Çelik, İ. 2014. Boynuz Tırnak Lezyonu Bulunan Düve ve Süt İneklerinde Ökçe Yastığının Yapısal Özelliklerindeki Dönemsel Değişikliklerin Belirlenmesi. Tamamlanmış TÜBİTAK Projesi (1001), Proje No: 112O332.
- İzci, C., Erol, M. ve Göksahin, E. 2011. A Study About Determining the Changes in the Structural Characteristics of the Digital Cushion in Heifer and Multipar Dairy Cows: A Preliminary Report. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(1): 159-162.
- Knapp-Poindecker, M., Gilhuus, M., Jensen, T.K., Klitgaard, K., Larssen, R.B. and Fjeldaas, T. 2013. Interdigital dermatitis, heel horn erosion and digital dermatitis in 14 Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 96: 7617-7629.
- Kofler, J. 2017. Pathogenesis and treatment of toe lesions in cattle including “nonhealing” toe lesions. *Veterinary Clinics of North America: Foot Animal Practice*, 3: 301-328.
- Kossaibati, M.A. and Esslemont, R.J. 1997. The costs of production diseases in dairy herds in England. *The Veterinary Journal*, 154(1): 41-51.
- Kumar, A. and Singh, G. 2020. Feeding of Dam During Postpartum Period to Augment Fertility in Bovines: A Scientific Approach. <https://en.engormix.com/dairy-cattle/articles>. (Erişim tarihi: Aralık, 2020)
- Lischer, C.J., Ossent, P. and Raber, M. 2002. The suspensory structures and supporting tissues of the bovine 3rd phalanx and their relevance in the development of sole ulcers at the typical site. *Veterinary Record*, 51(23): 694-698.
- Machado, V.S., Caixeta, L.S., McArt, J.A.A. and Bicalho, R.C. 2010. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 93:4071-4078.
- Melendez, P., Bartolome, J., Archbald, L.F. and Donovan, B. 2003. The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cattle. *Theriogenology*, 59: 927-937.
- Morris, M.J., Kaneko, K., Walker, S.L., Jones, D.N., Routly, J.E., Smith, R.F. and Dobson, H. 2011. Influence of lameness on follicular growth, ovulation, reproductive hormone concentrations and estrus behavior in dairy cows. *Theriogenology*, 76: 658-668.
- Mulling, C.K.W. and Lischer, C.J. 2002. New aspects on etiology and pathogenesis of laminitis in cattle. Proc of the XXII World Buiatrics Congress (keynote lectures) Hanover, Germany, p: 236-247.
- Omontese, B.O., Bellet-Elias, R. and Molinero, A. 2020. Association between hoof lesions and fertility in lactating Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 103(4): 3401-3413.
- Ossent, P. and Lischer, C.J. 1998. Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. *In Practice*, 20: 415-427.
- Ozsvari, L. 2017. Economic cost of lameness in dairy cattle herds. *Journal of Dairy Veterinary & Animal Research*, 6(2): 283-289.
- Peake, K.A., Biggs, A.M. and Argo, C.M. 2011. Effects of lameness, subclinical mastitis and loss of body condition on the reproductive performance of dairy cows. *Veterinary Record*, 168: 301.
- Pinedo, P., Velez, J., Manriquez, D. and Bothe, H. 2017. Treatment Options for Lameness Disorders in Organic

- Dairies. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 33: 377-387
- Potterton, S.L., Bell, N.J., Whay, H.R., Berry, E.A., Atkinson, O.C.D., Dean, R.S., Main, D.C.J. and Huxley, J.N. 2012. A descriptive review of the peer and non-peer reviewed literature on the treatment and prevention of foot lameness in cattle published between 2000 and 2011. *The Veterinary Journal*, 193: 612-616.
- Randall, L.V., Green, M.J., Chagunda, M.G.G., Mason, C., Green, L.E. and Huxley, J.N. 2016. Lameness in dairy heifers; impacts of hoof lesions present around first calving on future lameness, milk yield and culling risk. *Journal of Dairy Science*, 133: 56-63.
- Randall, L.V., Thomas, H.J., Remnant, J.G., Bollard, N.J. and Huxley, N.J. 2019. Lameness prevalence in a random sample of UK dairy herds. Short Communication. *The Veterinary Record*, 16: 184, 11: 350.
- Ranjbar, S., Rabiee, A.R., Gunn, A. and House, J.K. 2016. Identifying risk factors associated with lameness in pasture-based dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 99: 7495-7505.
- Reader, J.D., Green, M.J., Kaler, J., Mason, S.A. and Green, L.E. 2011. Effect of mobility score on milk yield and activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94: 5045-5052.
- Remnant, J.G., Thomas, H., Bell, N.J., Gibbons, J. and Huxley, J.N. 2017. Nationwide Improvement In Prevalence Of Lameness In Dairy Cattle In Great Britain. Proceedings of the 19th International Symposium And 11th Conference Lameness in Ruminants, Munich, Germany, p:335-336.
- Ristevski, M., Toholj, B., Cincovic, M., Trojancanec, P., Staric, J. and Smolec, O. 2017. Milk production, body condition score and metabolic parameters at the peak of lactation as risk factors for chronic lameness in dairy cows. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23: 721-727.
- Sadiq, M.B., Ramanoon, S.Z., Mansor, R., Syed-Hussain, S.S. and Shaik Mossadeq, W.M. 2017. Prevalence of lameness, claw lesions, and associated risk factors in dairy farms in Selangor, Malaysia. *Tropical Animal Health and Production*, 49: 1741-1748.
- Sepuveda-Varas, P., Lomb, J., Von Keyserlingk, M.A.G., Held, R., Bustamante, H. and Tadich, N. 2018. Claw horn lesions in mid-lactation primiparous dairy cows under pasture-based systems: Association with behavioral and metabolic changes around calving. *Journal of Dairy Science*, 101: 9439-9450
- Sharma, A. and Phillips, C.J.C. 2019. Lameness in Sheltered Cows and Its Association with Cow and Shelter Attributes. *Animals*, 9: 360.
- Shearer, J.K. and Van Amstel, S.R. 2013. *Manual of foot care in cattle* (No. Ed. 2). W.D. Hoard and Sons Company, USA, 132p.
- Shearer, J.K. and Van Amstel S.R. 2017. Pathogenesis and Treatment of Sole Ulcers and White Line Disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 33(2), 283-300.
- Shirasuna, K., Shimizu, T., Matsui, M. and Miyamoto, A. 2013. Emerging roles of immune cells in luteal angiogenesis. *Reproduction, Fertility and Development*, 25:351-361.
- Sjöström, K., Fall, N., Blanco-Penedo, I. Duval, J.E., Krieger, M. and Emanuelson, U. 2018. Lameness prevalence and risk factors in organic dairy herds in four European countries. *Livestock Science*, 208: 44-50.

- Smith, R.F., Ghuman, S.P., Evans, N.P., Karsch, F.J. and Dobson, H. 2003. Stress and the control of LH secretion in the ewe. *Journal of Reproduction and Fertility/Supplement*, 61: 267-282.
- Sogstad, A.M., Osteras, O., Fjeldaas, T. and Nafstad, O. 2007. Bovine claw and limb disorders related to culling and carcass characteristics. *Livestock Science*, 106: 87-95.
- Solano, L., Barkema, H.W. and Pajor, E.A. 2015. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. *Journal of Dairy Science*, 98: 6978-6991.
- Solano, L., Barkema, H.W., Mason, S., Pajor, E.A., LeBlanc, S.J. and Orsel, K. 2016. Prevalence and distribution of foot lesions in dairy cattle in Alberta, Canada. *Journal of Dairy Science*, 99: 6828-6841
- Tarlton, J.F., Holah, D.E. and Evans, K.M. 2002. Biomechanical and histopathological changes in the support structures of bovine hooves around the time of first calving. *The Veterinary Journal*, 163: 196-204.
- Thomsen, P.T. and Sorensen, J.T. 2012. Locomotion scores and lying behaviour are indicators of hoof lesions in dairy cows. *The Veterinary Journal*, 193: 644-647.
- Van Amstel, S. and Shearer, J. 2006. *Manual For Treatment and Control of Lameness in Cattle* (No. Ed. 1). Blackwell Publishing, Ames, USA, 212p.
- Van der Linde, C., De Jong, G., Koenen, E.P.C. and Eding, H. 2010. Claw health index for Dutch dairy cattle based on claw trimming and conformation data. *Journal of Dairy Science*, 93: 4883-4891.
- Van der Spek, D., Van Arendonk, J.A.M. and Bovenhuis, H. 2015. Genetic relationships between claw health traits of dairy cows in different parities, lactation stages, and herds with different claw disorder frequencies. *Journal of Dairy Science*, 98: 6564-6571.
- Von Keyserlingk, M., Barrientos, A. and Ito, K. 2012. Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: Lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95: 7399-7408.
- Walker, S.L., Smith, R.F., Jones, D.N., Routly, J.E. and Dobson, H. 2008. Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior*, 53: 493-501.
- Walker, S.L., Smith, R.F., Jones, D.N., Routly, J.E., Morris, M.J. and Dobson, H. 2010. The effect of a chronic stressor, lameness, on detailed sexual behaviour and hormonal profiles in milk and plasma of dairy cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 45: 109-117.
- Ward, W.R. 2009. Why is lameness in dairy cows so intractable. *The Veterinary Journal*, 180: 139-140.
- Westin, R., Vaughan, De Passillé, A.M., DeVries, T.J., Pajor, E.A., Pellerin, D., Siegford, J.M., Witaifi, A., Vasseur, E. and Rushen, J. 2016. Cow and farm-level risk factors for lameness on dairy farms with automated milking systems. *Journal of Dairy Science*, 99: 3732-3743.
- Willshire, J.A. and Bell, N.J. 2009. An Economic Review of Cattle Lameness. *Cattle Practice*, 17(2): 136-141.



Sürdürülebilir Diyet Modellerinin Değerlendirilmesi^A

Aynur YÜKSEL^{1*}, Ecenur ÖZKUL²

Öz: Son yıllarda çevresel sorunlar nedeniyle sürdürülebilir yaşamın gerekliliğine olan farkındalık, artmaktadır. Sürdürülebilir yaşam modelinin göstergelerinden biri olarak da sürdürülebilir beslenme ve sürdürülebilir besin sistemleri önem kazanmaktadır. Sürdürülebilir beslenme ve besin sistemleri; tüketicilerin besin tercihlerinin yanında besin güvenliğini, besinin transferini ve bulunabilirliğini kapsayan bir kavramdır. Bu kapsamda sürdürülebilir besin sistemi; ekosistem koruyucu, kültürel açıdan kabul edilebilir, erişilebilir, uygun fiyatlı, beslenme açısından yeterli, güvenli ve sağlıklı olmalıdır. Bu yönleriyle sürdürülebilir besin sistemlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelerde özellikle bitkisel besinlere karşı hayvansal besinlerin ucuzluğu dikkat çekmektedir. Ekonomik olarak daha erişilebilir olan bu ürünlerin tüketiminin artması, çevresel zarar olarak sonuçlanan bir zincir oluşturmaktadır. Sosyal bir hedef olarak, geleneksel beslenme alışkanlıklarına uygun besinlerin toplum tarafından kabul görmesi önemlidir. Besin üretim sisteminin üretimden tüketime tüm aşamalarında, çevreci yaklaşım en büyük çevresel hedeftir. Tüm aşamalarda biyoçeşitlilik, su ve karbon ayak izi, çevre ve insan sağlığı göz önünde bulundurulmalıdır. Beslenme modelleri tüm bu hedefler açısından değerlendirildiğinde, bitkisel temelli diyetlerin öne çıktığı görülmektedir. Bu sürdürülebilir diyetler; Akdeniz Diyeti, Nordik Diyeti, Geleneksel Japon Diyeti ve Vegetaryen Diyet olarak sıralanmaktadır. Bu derlemenin amacı, sürdürülebilir sağlıklı diyet modelleri olarak kabul edilen diyetlerin sürdürülebilir yaşam ve sağlık etkilerini değerlendirmektir.

Anahtar Kelimeler: Akdeniz diyeti, çevre, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir diyet, vegetaryen diyet.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Aynur YÜKSEL, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye, aysun.yuksel@sbu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-6580-0207](https://orcid.org/0000-0002-6580-0207)

² Ecenur ÖZKUL, Bahçeşehir Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye, ecenur.ozkul@hes.bau.edu.tr, [OrcID 0000-0002-2651-0135](https://orcid.org/0000-0002-2651-0135)

Evaluation of Sustainable Diet Models

Abstract: Awareness of the necessity of sustainability has been increasing in recent years due to environmental problems. Studies have reported that the sustainable life model indicates sustainable nutrition. Sustainable nutrition includes food safety, transport, and availability of food, as well as the food preferences of consumers. Sustainable food system: It should be ecosystem protective, culturally acceptable, accessible, affordable, nutritionally adequate, safe, and healthy. In this respect, sustainable food systems have economic, social, and environmental sustainability goals. The low cost of animal foods attracts attention in developed countries, particularly in the face of herbal foods. Increased use of these more affordable goods starts a chain reaction that damages the environment. Foods suitable for conventional lifestyles must be embraced by society, which is a social objective. In all stages of the food production system, from production to consumption, the environmentalist approach is the most significant environmental goal. At all points, biodiversity, water and carbon footprint, climate, and human health should be considered. When nutritional models are evaluated in all these respects; plant-based diets come to the fore. Sustainable diets that have positive effects on human and environmental health are listed as Mediterranean Diet, Nordic Diet, Traditional Japanese Diet, and Vegetarian Diet. The aim of the review is to evaluate the sustainable life and health effects of diets that are accepted as sustainable healthy diet models.

Keywords: Environment, mediterranean diet, sustainability, sustainable diets, vegetarian diet.

Giriş

Geçmişten günümüze sanayileşmenin hızla ilerlemesi, modern şehirleşme ve hızlı nüfus artışı gibi etkenler, çevresel kirliliğe ve bununla birlikte biyoçeşitlilikte azalmaya neden olmuştur. Özellikle artan nüfusa kıyasla doğal kaynakların giderek azalması, her alanda sürdürülebilir yaşam kavramının önemini artırmaktadır. Küresel çapta sürdürülebilirliğin devamlılığı için Birleşmiş Milletler tarafından 17 adet sürdürülebilir kalkınma hedefi yayınlanmıştır. Bu hedeflerin amacı; dünyanın geleceği, insan refahı ve eşitlik için çözümleri teşvik etmektir (Guillaumie ve ark., 2020). Sürdürülebilir gelişmelerin bir parçası olarak sürdürülebilir diyetlerin etkin bir çözüm yolu olacağı bildirilmiştir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Uluslararası Biyoçeşitlilik Komisyonu tarafından düzenlenen 2010 konferansında sürdürülebilir diyetler, “besin ve beslenme güvenliğine ve günümüz ve gelecek nesiller için sağlıklı yaşama katkıda bulunan, düşük çevresel etkileri olan diyet” olarak tanımlanmıştır (FAO, 2010).

Sürdürülebilir diyetlerin sağlıklı olmasının yanı sıra çevresel, ekonomik ve sosyal sistemler için de sürdürülebilir olması önemlidir. Bu nedenle sürdürülebilir diyetler, besinin üretimden başlayarak her aşamasında sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmelidir. Bir besin sistemi değerlendirilirken hızlı nüfus artışı, kentleşme, artan ekonomik güç, değişen beslenme alışkanlıkları ve küreselleşmenin yanı sıra iklim değişikliği ve doğal

kaynakların sürdürülebilirliği de düşünülmelidir. Sürdürülebilir bir besin sisteminin; biyolojik çeşitliliği ve ekosistemleri koruyucu ve saygılı, kültürel açıdan kabul edilebilir, erişilebilir, ekonomik açıdan adil ve uygun fiyatlı, doğal ve insan kaynaklarını optimize ederken beslenme açısından yeterli, güvenli ve sağlıklı olması gerektiği bildirilmektedir (Gustafson, 2019). Bu doğrultuda sürdürülebilir besin sistemleri ile ilgili öncelikli dikkat edilmesi gereken faktör sağlığı koruyucu ve iyileştirici olması ve çevre zararının az olmasıdır. Bunların yanında ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sınıflandırılacak üç temel hedefinin olduğu bildirilmektedir (FAO, 2010).

Ekonomik hedeflerin amacı; sürdürülebilir olan besinlerin ekonomik açıdan daha iyi alternatifler olmasını sağlamaktır. Bitki temelli besinlere karşın hayvansal besinlerin ucuzluğu bu açıdan dikkat çekmektedir. Ekonomik olarak daha erişilebilir olan ürünlerin tüketiminin artması fazla çevresel zarar olarak sonuçlanan bir zincir oluşturmaktadır (Brokema ve Roline, 2020). Bununla birlikte ekonomik hedefler sadece tüketiciyi değil üretici için de en çevre dostu ve en ekonomik yolu bulmayı gerektirmektedir. Daha uygun fiyatlı ve doğal enerji kullanımını sağlayacak sistemlerin kurulması üreticinin maliyetlerini azaltırken tüketiciye de daha uygun fiyatlı ve çevresel zararı minimize edilmiş besin tüketim şansı sunacaktır. Ekonomik boyutta, besin sisteminin üretim aşamalarında uygun ekonomik maliyet sürdürülebilir olarak kabul edilmektedir (Gustafson, 2019).

Sosyal hedeflerin amacı; geleneksel alışkanlıklara uygun besinlere toplumun tüm gruplarının erişebilir olmasının sağlanabilmesidir. Örneğin; Akdeniz tipi beslenme modelinde yerel, organik tüketim ön plana çıkarken, bu besinler aynı zamanda toplumun tüm kesimleri için ulaşılabilir olmalıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde; besin sisteminin içeriğinin sağlık, gelenekler, alışkanlıklar ve çalışma koşulları gibi önemli sosyo-kültürel değişkenlere uyum sağlayabilmesi önemlidir (The Lancet, 2019).

Çevresel hedeflerin amacı; besin sisteminin üretimden tüketime tüm aşamalarında doğaya olan biyolojik etkileri düşünülmesidir. Besinin üretiminden başlayan süreç; işlenmesi, taşınması, tüketim aşamasına geldiğinde biyoçeşitlilik, su ve karbon ayak izi, çevre ve insan sağlığını göz önünde bulundurarak ilerlemelidir. Tüm bu açılardan beslenme modelleri değerlendirildiğinde; hayvansal besinlerin çevreye verdiği zararların bitki temelli besinlerden fazla olması (Koyuncu ve Akgün, 2018), bitkisel temelli diyetleri ön plana çıkarmaktadır. Bütünüyle bir değerlendirme yapıldığında sürdürülebilir beslenme kavramının aslında tüm besin sisteminin denetimini içeren geniş kapsamlı ve multidisipliner bir kavram olduğu görülmektedir (Brokema ve Roline, 2020). Besin sisteminde doğru yönlendirme ile atılacak adımların, iklim değişikliğini, beslenmeye bağlı hastalıkları ve besin güvencesizliğini gidereceği ön görülmektedir (The Lancet, 2019). Ancak besin sistemini tüm hedefler çerçevesinde kurmakla birlikte devamlılığı sağlamak bir diğer önemli konudur. Bu bağlamda yapılan Küresel ve Çevresel Değişim ve Besin Sistemleri projesine göre, üretimden başlayarak her aşamada; besin güvenliği, besinin taşınmasını ve besinlerin ulaşılabilirliği/bulunabilirliğinin sağlanması devamlılık için gereklidir (Berry, 2019).

Besin sistemlerinde sürekliliği sağlayan faktöre tüketici tercihleri denilebilir. Temelde tüm hedefler daha bilinçli tercihleri oluşturmayı amaçlamaktadır. Beslenmenin düzenli biçimde tekrar edilen ve bireysel tercihlerin temel oluşturduğu davranışları içermesi nedeniyle sürdürülebilir diyetlerin, bireylerin beslenme alışkanlıklarına

uygun olması devamlılığı sağlamak için önemlidir. Alışkanlık boyutunda hayata entegrasyon için, bilinçlendirme çalışmaları, eğitimler ve projeler küresel çapta devam etmektedir (Rose ve ark., 2019). Bu derlemenin amacı, sağlıklı ve sürdürülebilir olarak değerlendirilen Nordik, Akdeniz, Geleneksel Japon ve vejetaryen besin sistemlerini sağlık ve sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında incelenmektedir.

Akdeniz Diyeti

Akdeniz Diyeti (AD), sürdürülebilir diyet modelleri arasında örnek ve önde gelen diyet olarak nitelendirilmektedir. Sağlıklı bir beslenme modeli olduğu algısı, sürdürülebilir yaşam farkındalığının artmasıyla diyetin sosyokültürel, ekonomik ve çevresel faydaları da düşünülerek, sürdürülebilir bir diyet modelini tasvir edecek şekilde genişlemiştir. Geleneksel bir diyet modeli olarak AD; tahıllar, baklagiller, kabuklu yemişler, meyveler ve sebzeler gibi bitkisel besinler bakımından zengindir. Buna karşılık kırmızı ve işlenmiş et bakımından fakirdir. Orta düzeyde balık, deniz ürünleri, yumurta, beyaz et ve süt ürünleri alımını, ılımlı bir alkol alımını ve ilave yağın ana kaynağı olarak zeytinyağını içermektedir (Trajkovska-Broach, 2020). Akdeniz Diyeti ile ilişkili olumlu sağlık sonuçları, 1960'ların başında Akdeniz havzasında ikamet edenlerde koroner kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkilerinin keşfedilmesiyle başlamış ve sonrasında yapılan araştırmalar yararlı etkilerini desteklemiştir (Lim ve ark., 2019). Çalışmalar kronik hastalıklara ve kansere bağlı mortalite oranlarında önemli bir azalma ve obezite gibi görülme sıklığı fazla olan birçok hastalık için riski düşürdüğünü göstermiştir (Mentella ve ark., 2019).

Son yıllarda, ekonomik büyüme, kentsel veya teknoloji odaklı kültür, besinin küreselleşmesi ve hayvansal kaynaklı ucuz besinlerin yaygın tüketimi sonucunda, üretim ve tüketim arasındaki dengesizlik gittikçe artırmıştır. Maliyet ve etkinlik çerçevesinde AD, düşük maliyetli olarak sınıflandırılmasına karşın, ekonomik nedenlerle AD ilkelerine sıkı sıkıya bağlı olan bireylerin dahi alışkanlıklarının değiştiği gözlemlenmiştir (Serra-Majen ve ark., 2020). Geleneksel olarak AD'ye uyumlu beslenen Akdeniz ülkelerinde de gelir düştükçe AD'ye bağlılığın azaldığı ve uygun fiyatlı hayvansal besin alımının arttığı belirlenmiştir (D'Innocenzo ve ark., 2019). Bununla birlikte AD'ye uyumlu İtalyan popülasyonun besin alımlarını inceleyen bir çalışmada; tutarı aynı olan haftalık harcamalarda dahi hayvansal besinlerin AD'ye daha fazla alındığı ve genel olarak porsiyonların AD'ye göre daha büyük olduğu belirlenmiştir (Germani ve ark., 2014). Aynı zamanda, modern çağda yemek için harcanan zamanın eskiye göre azaldığı, en önemli etkenin de daha kolay hazırlanan yiyeceklere yönelimin artması gösterilmiştir. Hayvansal çoğu uygun fiyatlı besinin, yemeye hazır oluşu da tüketimin artmasında etkili olmaktadır (D'Innocenzo ve ark., 2019). Bu değerlendirmeler sonucunda bireylere hazırlaması çok fazla zaman gerektirmeyen, daha düşük maliyetli besin veya yemek tercihlerinin öğretilmesi ile tüketicilerin beslenmelerini değiştirebileceği düşünülmelidir. Ekonomik açıdan ise ülkelerin sürdürülebilir besinleri herkes için ekonomik ve kolay erişilebilir hale getirecek politikaları benimsemesi gereklidir. Çevresel etkiler açısından değerlendirildiğinde; AD sera gazı emisyonu, su, arazi ve enerji kullanımı açısından örnek bir besin sistemidir (Tilman ve Clark, 2014). Daha düşük çevresel ayak izinin en önemli nedeninin Akdeniz havzasının

biyoçeşitliliği olduğu bildirilmektedir. Endemik türlerin çeşitliliği ve geleneksel AD'de yoğun olarak tüketiminin bu açıdan önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir. Ancak günümüzde endemik türlerin tüketimi hakkında bilginin azalmasıyla ithal besine olan ilgi artmış durumdadır (Dernini ve ark., 2017). Besin transferi yerine yerel tüketimin desteklemesinin daha iyi bir ekolojik ayak izine sahip olacağı bilindiğinden (Berry, 2019; Annunziata ve ark., 2019), yerel ve mevsimlik bitkisel besinlerin daha fazla hayvansal besinlerin daha az tüketilmesinin, besinin güvenliğini, ulaşımın kolaylığını, bulunabilirliğini sağlarken, çevresel yükün önemli oranda azalacağı öngörülmektedir (Berry, 2019). İthal ve paketli yiyeceklerin azaltılması bu aşamada en önemli adım olarak görülmektedir. Örneğin 100 g berry ailesinden bir meyvenin tüketimi kadar çevreye verilen zararın eğer ürün transfer edilerek ulaşırsa yaklaşık 10 kat daha fazla olacağı hesaplanmıştır (Serra-Majen ve ark., 2020). Bu doğrultuda, Mısır ve Slovenya gibi ithal besine düşük bağımlılıkta olan ülkeler düşük karbon ayak izine sahiptir. Portekiz ve Malta gibi, balık ve et ürünleri açısından zengin ve ithal sebze daha çok ihtiyaç duyan ülkelerin yüksek karbon ayak izine sahip oldukları bildirilmiştir (Poore ve Nemecek, 2018).

Diyet modeli olarak örnek bir beslenme modeli olan AD'nin uygulama aşamasında daha net sınırlar ile belirlenmesi güncel bir konudur. Hem tüketim hem de üretim göz önünde bulundurularak bütüncül bir bakış açısıyla yol alınması gereklidir. Tüketicilerin besin seçimlerinde farkındalık yaratmak için yapılacak eğitimler ve çalışmalarla beslenme kaynaklı ayak izinin en aza indirilmesi önemli bir adımdır. Konuyla ilgili yapılacak düzenleme ve çalışmaların, AD'ye yüksek uyum gösteren ülkelerde de olumsuz etkiyi azaltmak için kullanılabilirliği bildirilmiştir (Brocadello ve ark., 2020). Bu amaçla özellikle Avrupa ülkelerinde sürdürülebilir politikalar; tüketicilerin bilgi ve eğitim yoluyla bilinçli besin seçimini etkileyenler ve fiyat ve bulunabilirlik konularına yoğunlaşmaktadır (Wilson ve ark., 2013). Bunun için ilk olarak ithal besine olan arz ve talebin dengeli bir şekilde azalması sağlanmaya çalışılmaktadır, ayrıca bu yolun ekonomik olarak doğrudan yarar sağlayacağı belirtilmektedir. Akdeniz Diyeti için ithal sebze, meyve, şarap vb. ürünler yerine yerel olanlarının tüketilmesi çevresel ayak izi daha da azalmasıyla ideal bir sürdürülebilir diyet modelidir.

Nordik Diyet

İskandinav Ülkeleri, 1980'den itibaren popülasyonlarının enerji, makro ve mikro besin gereksinimlerini karşılayan, farklı yaş grupları için beslenme referans değerlerine odaklanan, diyetin tüm bileşenlerini değerlendirerek bütüncül bir yaklaşıma sahip Nordik Diyeti (ND) geliştirmişlerdir. Oluşturulduğu günden itibaren 5 kez yenilenen bu diyet modeli son olarak 2012 yılında güncellenmiştir. Yapılan son güncellenmenin, topluma özgü sağlıklı beslenme önerileriyle birlikte çevreye zarar vermeyen sürdürülebilir bir İskandinav bölgesi yaratmak amacıyla gerçekleştirildiği bildirilmiştir (NCM, 2014).

Son güncellemeler öncesinde geleneksel olarak kullanılan ND önerilerinin büyük ölçüde yerel üretim dikkate alınmadan, genel olarak tüketimi hedefleyen tavsiyelerine odaklanmaktadır (NCM, 2015). Artan çevresel farkındalık ve yerel tedarik zincirlerindeki gelişmeleri destekleyen projeler yerel yiyeceklere yönelik bir ilgi oluşturmuştur. Yeni ND önerilerinde yerel ürünlerin tüketimine odaklanıldığı görülmektedir (Mithril ve ark., 2012).

Özellikle “Nordik Yiyecek” gibi yerel üretim ve tüketimi destekleyen projeler ile sürdürülebilir yaşam hakkındaki bilinçlendirme çalışmaları eğitim, seminer, sosyal medya, uygulama alanları oluşturma gibi her yaşa uygun iletişim kanalları kullanılarak temel bir yol gösterici olunmuş ve diyet modeline adaptasyonda önemli bir araç olarak kullanılmıştır (Renzella ve ark., 2018).

Bilindiği üzere, İskandinav iklimi mahsul çeşitliliğini büyük ölçüde kısıtlamaktadır. Nordik Diyet ise özellikle yerel üretimi içeren bitki temelli bir beslenme modeli olarak nitelendirilmektedir. Kuzey ülkelerinde ürün çeşitliliği açısından serada yetiştirilen besinler büyük bir potansiyele sahiptir ancak yeni tesisler ile daha çok jeotermal ısı veya "yeşil" elektrikle çalıştırılan ısı pompaları veya biyogaz ile sağlanan ısı ile yenilenebilir enerji kullanılmaktadır. Sera üretiminde yeşil enerji kullanılması; İskandinav ikliminde her mevsim taze meyve sebze bulunabilirliğini ve aynı zamanda enerji maliyetini de azaltarak uygun fiyatlarla erişilebilir olmasını sağlamaktadır. Böylelikle dondurulmuş besin tüketiminin azaltılıp çevresel zararın en alt seviyeye indirilmesi ön görülmektedir (Halloran, 2018). Genel olarak doğal üretimde ise elma, armut, kök sebzeler, lahanalar, karnabahar, soğan ve mantar gibi bitkisel besinler ile arpa, buğday, kavuzlu buğday, yulaf, karabuğday ve çavdar gibi tahıllar yetiştirilmektedir. Yaz aylarında yerel sera domates, biber ve salatalık gibi ürünler besin yelpazesini genişletmektedir (Poulsen, 2014). Balık hem göllerden ve kıyı şeridinden hem de çiftliklerde üretilerek yaygın olarak bulunmaktadır (Poulsen ve ark., 2014). Süt çoğunlukla ineklerden olmak üzere koyun ve keçiden elde edilmektedir. Et ise hem yabani hem de evcil hayvanlardan ve kuşlardan sağlanmaktadır. Doğada bulunan yiyecekler, ör. yabani meyveler, mantarlar, kekik ve kekik gibi otlar ve yosun gibi deniz ürünleri, İskandinav nüfusu arasında önemli bir tüketim miktarına sahiptir. Geleneksel olarak, kuzey ülkelerinde bezelye ve bazı fasulye çeşitleri gibi baklagiller yetiştirilmektedir. Tüm bu yetişen ürünler geleneksel olarak İskandinav damak tadını temsil ederken aynı zamanda yeni ND'nin temelini oluşturmaktadır (Salomo ve ark., 2016).

Nordik Diyet; özellikle meyveler, lahanalar, kök sebzeler ve baklagiller, doğada toplanan bitkiler ve mantarlar, taze otlar, patatesler, kabuklu yemişler, kepekli tahıllar, kolza yağı, yağlı balıklar açısından yüksektir. Bununla birlikte kabuklu deniz ürünleri, deniz yosunu, beyaz et, av eti, süt ürünleri, paketli yiyecek ve şekerle tatlandırılmış ürünlerden kaçınılmasını vurgulamaktadır (Mithril ve ark. 2013). Ayrıca DASH ve Akdeniz diyetinden farklı olarak, ND yerel, organik ve yabani besinlere odaklanmaktadır. Nitekim, diğer beslenme modelleriyle karşılaştırıldığında ND'nin temel farkı, kolza tohumu yağı, kök sebzelerin ve çeşitli orman meyvelerini yüksek oranda içermesidir (Salomo ve ark., 2016). Bitkisel besinlerin yetişmesi açısından kısıtlı olan İskandinav bölgesinde, erişilebilir ve yerel olan yiyecek tüketiminin yüksek oluşu, besin transferinin veya işlenmesinin mümkün olduğunca az olduğunu göstermektedir.

Bu beslenme modelinin sağlık etkileri çok merkezli kapsamlı çalışmalar ile araştırılmaktadır (Ramezani-Jolfaie, 2019). Kardiyovasküler risk faktörleri olan kan lipid profili, insülin duyarlılığı, kan basıncı ve düşük dereceli inflamasyon gibi belirteçleri kullanan müdahale çalışmalarında, ND'nin olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir (Kanerya ve ark., 2018; Lankinen ve ark. 2019). Ayrıca ND, kardiyovasküler sağlığın önemli belirteçlerinden olan kan basıncı ile ilgili DASH gibi farklı diyetler ile karşılaştırılmıştır. Nordik Diyet'in yapısı gereği özellikle taze sebze ve meyve tüketiminin fazla olmasıyla flavanoid alımının artırdığı ve bunun da kan basıncının azalmasında etkin olduğu bildirilmiştir (Ndanuko ve ark., 2016). Gözlemsel kohort çalışmalarında ise,

İskandinav diyetine yüksek bağlılığın daha düşük mortalite, inflamasyon belirteçlerinin azalması, daha düşük kolorektal kanser riski, daha az vücut yağı dolayısıyla daha az obezite ve çocuklarda daha sağlıklı ağırlık kazanımı ile doğru orantılı olduğu gösterilmiştir (Lankinen ve ark. 2019). Ayrıca gebelik sırasında optimal kilo alımı ve gelişmiş fetal büyüme, daha düşük preeklampsi riski ve erken doğum gibi belirteçler üzerine yürütülen çalışmalar da ND'ye daha yüksek uyum sağlayan gebelerin, olumlu gebelik sonuçlarıyla ilişkili olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte Dünya Sağlık Örgütü, ND'yi sağlığı geliştirici ve destekleyici özellikler açısından Akdeniz diyetine benzer kabul etmiştir (Ndanuko ve ark., 2016; Lankinen ve ark., 2019).

Nordik Diyet'in mevsimsel ve yerel tüketimi desteklemesi, dondurulmuş ürünlerden kaynaklanan sera gazı etkisini azaltırken aynı zamanda sebze, meyve, balık ve sağlıklı yağ alımı için yağlı tohum tüketimini arttırmayı (Skreden ve ark., 2018); rafine/paketli yiyecek, işlenmiş et ürünü, ilave şekerli içecekler, tuz, doymuş yağ içeriği yüksek ürünlerin tüketimini azaltmayı hedeflemesi (Brink , 2019) hem sağlıkla ilişkilendirilebilecek olumlu sonuçlar elde etmek hem de daha az çevresel zarar ile sürdürülebilir hedefler için uygundur.

Japon Diyeti

UNESCO, geleneksel Japon diyetini 2013 yılında Somut Olmayan Kültürel Miras listesine eklemiştir (Nesheim ve ark., 2015). Bu diyet Washoku, soya fasulyesi ve ürünleri, balık, deniz yosunu, sebze, meyve ve yeşil çay gibi yiyecek-içeceklerin fazla; kırmızı et, işlenmiş et ürünleri ve paketli yiyeceklerin az tüketilmesiyle karakterizedir. Washoku, özellikle taze balık ve mevsim sebzeleri kullanılarak, malzemeye uygun pişirme yöntemi ve kullanılacak pişirme kabının materyali ile uyumlu olarak pişirilen genellikle çorba, pirinç ve üç yan yemekle servis edilen menülerdir (Kumakura, 2015). Son 50 yılda Japon beslenme alışkanlıkları değişmiş olsa da genel tüketimin büyük oranda geleneksel beslenme tarzıyla devam ettirildiği belirtilmektedir (Nesheim ve ark., 2015). Geleneksel beslenmenin en önemli belirleyicilerinden birisinin, mevsiminde balık, taze meyve sebze tüketiminin olmasıdır. Mevsimsel yerel ürün tüketimine ek olarak Japon kültüründe yabancı bitkilerin tüketimi de önemlidir. Taze bitkilerin yenilebilecek kısımlarının değerlendirilmesi Japon kültüründe önemli bir yer tutmaktadır (Kurotani ve ark., 2016).

Japonya hem erkekler hem de kadınlar için en yüksek ortalama yaşam süresine sahip ülkeler arasındadır (Calder, 2018). Ortalama yaşam süresinin uzunluğu geleneksel Japon diyetinin potansiyel yararlarına dayandırılmaktadır. Geleneksel diyet kültürü, yüksek miktarda balık ve soya fasulyesi ürünleri ve düşük yağ alımı ile geniş ölçüde korunmuştur. Çoğu Japon için neredeyse ideal bir protein, yağ ve karbonhidrat dengesine ulaşan geleneksel günlük diyetin, kardiyovasküler hastalık ve diyabet riskinin azalttığı ve yaşam beklentisini artırdığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2015). Washoku yemek yeme tarzı bol sebze, çorba tüketimi, yüksek oranda su içeren ana yemekler, sağlıklı pişirme yöntemleri ile karakterize edilmektedir. Özellikle fazla çeşitte taze veya buharda pişirilmiş sebze tüketiminin hem biyoaktif bileşen içeriği hem de tokluğu arttırarak aşırı besin tüketimini azaltması Japon yemek kültürünün önemli sağlık etkilerindedir (Brunstrom ve ark., 2016). Pek çok çalışma Japon nüfusun diğer uluslara göre daha düşük beden kütle indeksine sahip olmasını nispeten küçük

porsiyonlar ile daha fazla taze sebze tüketimi ile tutarlı olarak daha az kalori tüketimine bağlamıştır. Ayrıca diyetle balığın önemli bir yer tutmasının sağlık üzerine etkisinin büyük olduğu bilinmektedir. Washoku'da balık temelli pek çok garnitür tüketiminin yaygın olması, omega-3, eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) alımını arttırmaktadır Yüksek oranda soya tüketimini de içeren beslenme tarzının kardiyovasküler hastalıklara ve fitoöstrojen içeriği ile bazı kanser türlerine karşı koruyucu olduğu bildirilmiştir (Wei ve ark., 2020). Ayrıca Japon mutfağında yüksek oranda tüketilen fermente besinlerin kolesterolü düşürdüğü, kardiyovasküler hastalıklar ve kansere karşı koruyuculuğu olduğu da bilinmektedir.

Günümüzde, Japon diyetinin tüketilen tuz miktarı açısından olumsuz bir tarafı olduğu bilinmektedir, 1950'lere göre tuz miktarının çok azaldığı bildirilse de hala yüksektir. Günlük olarak erkekler için 11 mg, kadınlar için 9 mg ortalama tuz tüketimi bildirilmiştir. Aynı çalışmada, Japon diyetindeki en yaygın diyet sodyum kaynaklarının miso çorbası ve tuzlu sebzelerin yanı sıra soya sosu ve ticari olarak işlenmiş balık veya deniz ürünleri olduğu belirtilmiştir. Ancak Japonya'da düşük kardiyovasküler hastalık insidansının olması yüksek sodyum alımına karşın, bol sebze tüketimi ile daha yüksek potasyum alımı sağlanması ile mümkün olabiliyor denilebilir (FAO, 2019).

Sürdürülebilir diyetlerin sadece sağlık etkilerini veya çevresel zararlarını bilmek toplumun sürdürülebilir alışkanlıklar edinebilmesi için yeterli değildir. Sürdürülebilir beslenme modellerinin doğal kaynakları en verimli şekilde kullanırken aynı zamanda uygun fiyatlı, erişilebilir ve kültürel açıdan da kabul edilebilir olmalıdır (Reyes ve ark., 2020). Bu açıdan geleneksel Japon beslenme modeli hayvansal kaynakların en aza indirmesi, mevsiminde, taze olarak ve yüksek oranda sebze, meyve, tahıl tüketimi ile karakterize olması toplumda sürdürülebilir yaşam için oluşturulmak istenen çoğu alışkanlığı içerisinde barındırmaktadır. Yani büyük oranda geleneksel tarzda beslenen Japon toplumu için sürdürülebilirlik kavramı, çevresel endişelerin ortaya çıkmasından uzun zaman önce yerleşmiş bir alışkanlık olarak değerlendirilmektedir. Ancak endüstrileşmenin etkisi ile son 50 yılda daha fazla et içeren bir diyetle geçildiği, genç nesillerin daha fazla et ve daha az sebze içeren diyetleri tercih ettiği çalışmalarla gösterilmektedir. Artan tüketim, et tüketiminin yarattığı sera gazı etkisinin de yanında ithal besin oranını da arttırmaktadır (Kuriyama ve ark., 2016). Bu açıdan genç Japon toplumu için kültürel beslenme biçiminin daha yoğun olarak tüketimi adına çalışmalar yapılması gereklidir.

Vejetaryen Diyetler

Vejetaryen diyetler esas olarak bitki temelli olan diyetler olarak tanımlanmaktadır. Ancak tek bir vejetaryen beslenme düzeni olmadığından, hayvansal ürünlerden kaçınma derecesine göre farklı isimlendirilmektedir. Vejetaryen diyetler, vegan diyetlerinde olduğu gibi tamamen bitkisel olabilir veya sınırlı türlerde hayvansal besinleri içerebilir. Süt, süt ürünleri ve yumurta içeren lakto-ovo vejetaryenlik en yaygın uygulanan biçimdir. Bununla birlikte sadece balık tüketen pesketaryen ve bazen küçük miktarlarda et içerebilen flexitaryen türleri de vardır (Paslakis ve ark., 2020). Güncellenen yeni türleri ile hayvansal kaynaklardan yoksun bir diyetin vejetaryen bir diyet olduğu düşünülmektedir.

Vejetaryen diyetler bilindiği üzere hayvansal kaynakları en aza indirdiği ve bitkisel beslenmeyi temel aldığı için sağlık etkilerinin olumlu olduğu öngörülmektedir. Ancak önemli olan nokta temel olarak hayvansal kaynakların tüketimi yerine hangi besinlerin tercih edildiğidir. Vegan bireylerin daha çok paketli, yüksek kalorili yiyeceklere yöneldiği bildirilmiştir (Brytek-Matera, 2020). Özellikle şekerli içeceklerin tüketiminin vejetaryen arasında daha yüksek olduğu, pesketaryen beslenen bireylerin et tüketen bireylere göre daha az balık tükettiği, lakto-ovo vejetaryenlerin ise et tüketen bireylere göre hemen hemen aynı sayılabilecek düzeyde süt ve ürünlerini tükettiği belirlenmiştir. Farklı vejetaryenlik modellerinin beslenme ve sağlık üzerindeki etkileri hakkındaki söylemler genellikle diyetteki bitkisel besinlerin miktarına dayanmaktadır (Vergeer ve ark., 2020). Bu açıdan et yerine koyulan besinin, bitkisel ve sağlıklı olması önemlidir.

Sağlıklı olan vejetaryen diyet türlerinin ortak özellikleri daha yüksek miktarda meyve, sebze, baklagiller, tam tahıllar, kabuklu yemişler ve çeşitli soya ürünlerinin tüketimidir. Bu tüketimin neticesinde, daha düşük doymuş yağ ve kolesterol alımı, daha fazla C, E vitaminleri, diyet lifi ve fitokimyasallar gibi antioksidan mikro besin ögesi alımı sağlanmış olur. Yapılan araştırmalar, vejetaryen beslenmenin obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar veya kanser gibi birçok kronik hastalığa karşı koruyucu olabileceğini göstermektedir (Appleby ve Key, 2016; Djekic ve ark., 2020). Genel olarak vejetaryen diyetlerin, hayvansal besinlerin neden olduğu inflamasyonu bitkisel besinlerin yüksek miktardaki antioksidan içerik ile engellemesi yoluyla kronik hastalıklara karşı koruyuculuk sağlamaktadır. Bununla birlikte, vejetaryen bireylerin daha az kalori alarak obeziteye karşı korunması ve eşlik edeceği kronik hastalıkların daha az görülmesi sağlanır (Magkos ve ark., 2020).

Küresel çapta yapılan çalışmalarda, mevcut diyetler ile vejetaryen diyetlerle yer değiştirirse, hem ekosisteme daha az zarar verileceği, hem de sağlığa daha yararlı sonuçlar alınacağı gösterilmektedir. Aynı zamanda vejetaryen diyetlerin kendi içerisindeki kıyaslamasında, en fazla hayvansal ürün tüketimine sahip olan lakto-ovo vejetaryen diyetiyle, hiç hayvansal ürün tüketmeyen vegan diyeti kıyaslandığında, vegan diyetinin daha fazla sağlık ve çevresel faydalarının olduğu gösterilmiştir (Forber ve ark., 2020). Ancak bitkisel besinlere bağlı beslenme modeliyle ilgili çevresel kaygılarda mevcuttur. Artan nüfusa karşılık tarım alanlarının azalması talep edilen yiyecek ihtiyacının karşılanmasının giderek zorlaşacağı bildirilmiştir. Bu bağlamda bitkisel üretimde verimliliği yüksek bir sürdürülebilir tarım politikası izlemek önemlidir. Aynı zamanda son yıllarda bitkisel besin üretiminde pestisit kullanımı tartışılmaktadır (Tiryaki, 2016). Gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde ürün fiyatları düşünüldüğünde, sürdürülebilirlik sağlanmaya çalışılırken öncelik besin üretimini arttırmak hedeflenmektedir. Bu nedenle verimliliği arttırırken besin güvenliğinin de sağlanması için sürdürülebilir, insan ve çevre sağlığı açısından zararlı etkileri en aza indirmeyi hedefleyen tarım politikaları geliştirilmelidir (Akbaş, 2019).

Genel olarak, hayvansal besinleri özellikle et ve et ürünlerini diyetten dışlamanın sera gazı emisyonunun %64-80 oranında değiştirebildiği tespit edilmiştir (Forber ve ark., 2020). Sürdürülebilirlik çerçevesinde çevreye verilen zarar azaltmak bilinçli tercihlerde tutarlı bir devamlılığı gerektirmektedir. Bu devamlılığın başlangıcı bireylerin omnivor beslenme tarzı yerine tercih edilebilecekleri vejetaryen bir diyet tipi olabilir. Beslenme tarzındaki değişikliklerin sürdürülebilirlik hareketine önemli bir destek olacağı görülmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki, vejetaryen diyetleri benimsemenin sağlamlığı ve çevresel sürdürülebilirliği, yiyecek kombinasyonlarına bağlı

olarak değişmektedir. Önerilen kombinasyonlar, fazla şekerli, tuzlu, yüksek ve boş kalorili atıştırmalıklar gibi ürünler yerine, taze meyve, sebze ve baklagil gibi bitkisel besinlerin ön plana çıkarıldığı diyet planlarıdır. Sağlıklı bir şekilde sürdürülecek vejetaryen diyetler, daha düşük doymuş yağ, enerji ve daha yüksek lif ve fitokimyasal tüketimiyle ilişkilidir (Djekic ve ark., 2020). Ayrıca tüm olumlu sağlık etkilerin yanında özellikle demir başta olmak üzere beslenme yetersizliklerine neden olabileceği kaygıları da mevcuttur. Bu konuda yapılan bir metaanaliz çalışması; iyi planlanmış yeterli ve dengeli bir vejetaryen diyetin beslenme yetersizlikleri açısından güvenli olarak kabul edilebileceğini göstermektedir. Bu konudaki en büyük endişelerden birisi olan hamilelik döneminde dahi bitkisel kaynaklarla güçlendirilmiş bir vejetaryen diyetin hem bebek hem de anne sağlığı için beslenme yetersizliğine karşı koruyucu olduğu bildirilmiştir (Sebastiani ve ark., 2019). Hollanda'da 2834 gebe ile yürütülen prospektif bir kohort çalışmada organik yiyecekleri seçen ve hamilelik süresince makro ve mikro besin öğelerinin alımını hesaplayan vejetaryen gebelerin anne ve bebek için sağlıklı bir süreç geçirdikleri bildirilmiştir (Simoes-Wüst ve ark., 2017). Başka bir çalışma da doğumdan 4-5 yıl sonra vejetaryen annelerde emzirme sürecinin de ardından beslenme yetersizliği görülmediği ve obezite riskinin vejetaryen olmayan annelere göre daha az olduğu tespit edilmiştir (Simoes-Wüst ve ark., 2014). Yapılan bir diğer çalışmada; özel gruplardan birisi olan dayanıklılık sporcularında ihtiyaca göre iyi planlanmış vejetaryen diyetlerin performansı artırırken kardiyovasküler sağlık için de olumlu sonuçları olduğu belirlenmiştir (Barnard ve ark., 2019). Olumsuz düşüncelerin aksine yapılan geniş kapsamlı kohort çalışması hem sağlık hem de çevresel etkiler açısından vejetaryen diyetlerin olumlu sonuçları olduğunu göstermiştir (Smetana ve ark., 2020; Guillaumie ve ark., 2020).

Vejetaryen diyetlerin çeşitli yaş gruplarında ve özel durumlarda dikkat edilmesi gereken noktaları ile birlikte kullanımları sürdürülebilir diyet örnekleri arasında ideal beslenme modeli olarak kabul edilebilir. Ancak, vejetaryen tiplerin iyi tanımlanması ve özellikle büyüme-gelişme çağındaki çocuklarda ve tüm özel durumlarda miktarların belirlenmesi ve beslenmenin izlenmesine ihtiyaç vardır

Sonuç

Sürdürülebilir yaşamın en önemli gerekliliklerinden bir tanesi sürdürülebilir diyetlerin benimsenmesidir. Besinin üretiminden başlanarak, tedarik, taşıma süreçleri ve tüketimi sürdürülebilir beslenme kavramının içerisinde yer almaktadır. Sürdürülebilir olarak kabul edilen diyet modelleri genel olarak mevsiminde, taze tüketimi destekleyen bitkisel temelli diyetler olarak ön plana çıkmaktadır. Hem insan hem de çevre sağlığına yararlı bu diyet modellerinin, aynı zamanda kültürel olarak kabul edilebilir olması önemlidir. Kültürel olarak kabul edilebilirliği arttıran etkenlerin bireylerin tüketim alışkanlıkları, besinin bulunabilirliği ve erişilebilirliği ile ilgili olduğu unutulmamalıdır. Yiyeceklerin kolay erişilebilir ve ekonomik olması, temelde mevsiminde ve yerel üretim ile eş değer görülmektedir. Sürdürülebilir diyet modellerinin ekonomik, sosyal ve çevresel hedeflerin her birinin varlığı sağlanabilir olduğu takdirde tüketicilerin tercihlerinde alışkanlık haline gelebilir. Hem sağlık hem

de çevre için sağlıklı diyet modellerinin benimsenip, beslenme alışkanlığı haline getirilmesi için kapsamlı politika ve eğitim çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Teşekkür Bilgi notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Akbaş, B. 2019. Sürdürülebilir Tarımda Entegre Mücadele Çalışmalarının Ülkemiz Açısından Değerlendirilmesi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 4(1): 32-40.
- Annunziata, A., Agovino, M. and Mariani, A. 2019. Sustainability of Italian families' food practices: Mediterranean diet adherence combined with organic and local food consumption. *Journal of Cleaner Production*, 206: 86-96.
- Appleby, P. N. and Key, T. J. 2016. The long-term health of vegetarians and vegans. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3): 287-293.
- Barnard, N. D., Goldman, D. M., Loomis, J. F., Kahleova, H., Levin, S. M., Neabore, S. and Batts, T. C. 2019. Plant-based diets for cardiovascular safety and performance in endurance sports. *Nutrients*, 11(1), 130-142.
- Berry, E. M. (2019). Sustainable food systems and the Mediterranean diet. *Nutrients*, 11(9): 22-29.
- Brink, E., van Rossum, C., Postma-Smeets, A., Stafleu, A., Wolvers, D., van Dooren, C., Toxopeus, I. Buurma-Rethans, E., Geurts, M. and Ocké, M. 2019. Development of healthy and sustainable food-based dietary guidelines for the Netherlands. *Public health nutrition*, 22(13): 2419-2435.
- Brocadello, F., Buja, A., Giroto, G. and Baldo, V. 2020. Adherence to the Mediterranean Diet and socio-behavioral variables in the child." The Good Habits" project. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 30(3): 535-552.
- Broekema, R., Tyszler, M., van't Veer, P., Kok, F. J., Martin, A., Lluch, A. and Blonk, H. T. 2020. Future-proof and sustainable healthy diets based on current eating patterns in the Netherlands. *The American journal of clinical nutrition*, 112(5): 1338-1347.
- Brunstrom, J. M., Jarvstad, A., Griggs, R. L., Potter, C., Evans, N. R., Martin, A. A., Brooks, C.V. and Rogers, P. J. 2016. Large portions encourage the selection of palatable rather than filling foods. *The Journal of nutrition*, 146(10): 2117-2123.

- Brytek-Matera, A. 2020. Restrained eating and vegan, vegetarian, and omnivore dietary intakes. *Nutrients*, 12(7): 21-33.
- Calder, P. C. 2018. Very long-chain n-3 fatty acids and human health: fact, fiction, and the future. *Proceedings of the Nutrition Society*, 77(1): 52-72.
- Dernini, S., Berry, E. M., Serra-Majem, L., La Vecchia, C., Capone, R., Medina, F. X., Arenceta-Bartrina, J., Belahsen, R., Burlingame, B., Calabrese, G., Corella, D., Donini, L. M., Lairon, D., Meybeck, A., Pekcan, A. G., Piscobo, S., Yngve, A. and Trichopoulou, A. 2017. Med Diet 4.0: the Mediterranean diet with four sustainable benefits. *Public health nutrition*, 20(7): 1322-1330.
- D’Innocenzo, S., Biagi, C., & Lanari, M. 2019. Obesity and the mediterranean diet: a review of evidence of the role and sustainability of the mediterranean diet. *Nutrients*, 11(6): 1306-1315.
- Djekic, D., Shi, L., Brodin, H., Carlsson, F., Särnqvist, C., Savolainen, O., Cao, Y., Bäckhed, F., remaroli, V., Landberg, R. and Frøbert, O. 2020. Effects of a Vegetarian Diet on Cardiometabolic Risk Factors, Gut Microbiota, and Plasma Metabolome in Subjects with Ischemic Heart Disease: A Randomized, Crossover Study. *Journal of the American Heart Association*, 9(18): 165-718.
- FAO. 2019. *Sustainable healthy diets guiding principles*. FAO: Rome, Italy.
- FAO. 2010. *Report of the Technical Workshop on Biodiversity in Sustainable Diets*. FAO: Rome, Italy.
- Forber, K. J., Rothwell, S. A., Metson, G. S., Jarvie, H. P., and Withers, P. J. A. 2020. Plant-based diets add to the wastewater phosphorus burden. *Environmental Research Letters*, 15(9): 940-958.
- Germani, A., Vitiello, V., Giusti, A. M., Pinto, A., Donini, L. M., & del Balzo, V. 2014. Environmental and economic sustainability of the Mediterranean Diet. *International journal of food sciences and nutrition*, 65(8): 1008-1012.
- Guillaumie, L., Boiral, O., Baghdadli, A. and Mercille, G. 2020. Integrating sustainable nutrition into health-related institutions: a systematic review of the literature. *Canadian Journal of Public Health*, 111: 845-861.
- Gustafson, D. I., Edge, M. S., Griffin, T. S., Kendall, A. M. and Kass, S. D. 2019. Growing progress in the evolving science, business, and policy of sustainable nutrition. *Current developments in nutrition*, 3(6): 5-19.
- Halloran, A., Fischer-Møller, M. F., Persson, M., & Skylare, E. 2018. *Solutions Menu-A Nordic guide to sustainable food policy*. Nordic Council of Ministers. Copenhagen, Denmark.
- Kanerva, N., Harald, K., Männistö, S., Kaartinen, N. E., Maukonen, M., Haukkala, A., and Jousilahti, P. 2018. Adherence to the healthy Nordic diet is associated with weight change during 7 years of follow-up. *British Journal of Nutrition*, 120(1): 101-110.
- Koyuncu, M. ve Akgün, H. 2017. Çiftlik Hayvanları ve Küresel İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşim. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 32(1): 151-164.
- Kumakura, I. 2015. *What is Japanese Cuisine. In Introduction to Japanese Cuisine, Nature, History and Culture; Kiyota Junji, Shuhari Initiative*. Japanese Culinary Academy, Tokyo, Japan, p: 230-235.

- Kuriyama, N., Murakami, K., Livingstone, M. B. E., Okubo, H., Kobayashi, S., Suga, H. and Sasaki, S. 2016. Development of a food-based diet quality score for Japanese: associations of the score with nutrient intakes in young, middle-aged, and older Japanese women. *Journal of nutritional science*, 5: 41-52.
- Kurotani, K., Akter, S., Kashino, I., Goto, A., Mizoue, T., Noda, M., Sasazuki, S., Sawada, N., Tsugane, S. and Japan Public Health Center based Prospective Study Group. 2016. Quality of diet and mortality among Japanese men and women: Japan Public Health Center based prospective study. *The BMJ*, 3: 35-42.
- Lankinen, M., Uusitupa, M., and Schwab, U. 2019. Nordic diet and inflammation—A review of observational and intervention studies. *Nutrients*, 11(6): 1369.
- Lim, C. C., Hayes, R. B., Ahn, J., Shao, Y., Silverman, D. T., Jones, R. R. and Thurston, G. D. 2019. Mediterranean diet and the association between air pollution and cardiovascular disease mortality risk. *Circulation*, 139(15): 1766-1775.
- Magkos, F., Tetens, I., Bügel, S. G., Felby, C., Schacht, S. R., Hill, J. O., Ravussin, E. and Astrup, A. 2020. A perspective on the transition to plant-based diets: a diet change may attenuate climate change, but can it also attenuate obesity and chronic disease risk?. *Advances in Nutrition*, 11(1): 1-9.
- Mentella, M. C., Scalfaferrri, F., Ricci, C., Gasbarrini, A. and Miggiano, G. A. D. 2019. Cancer and Mediterranean diet: a review. *Nutrients*, 11(9): 20-39.
- Mithril, C., Dragsted, L. O., Meyer, C., Blauert, E., Holt, M. K. Astrup, A. 2012. Guidelines for the new Nordic diet. *Public health nutrition*, 15(10): 1941-1947.
- Mithril, C., Dragsted, L. O., Meyer, C., Tetens, I., Biltoft-Jensen, A. and Astrup, A. 2013. Dietary composition and nutrient content of the New Nordic Diet. *Public health nutrition*, 16(5): 777-785.
- Ndanuko, R. N., Tapsell, L. C., Charlton, K. E., Neale, E. P. and Batterham, M. J. 2016. Dietary patterns and blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Advances in Nutrition*, 7(1): 76-89.
- Nesheim, M., Stover, P. J. and Oria, M. 2015. Food systems: Healthy diet sustains the environment too. *Nature*, 522(56): 287-287.
- Nordic Council of Ministers. 2014. *Nordic Nutrition Recommendations 2012: Integrating Nutrition and Physical Activity*, 5th ed.; Nordic Council of Ministers: Copenhagen
- Nordic Council of Ministers. 2015. *The emergence of a New Nordic Food Culture. In Final Report from the Program New Nordic Food II, 2010–2014*; Nordic Council of Ministers: Copenhagen, Denmark.
- Paslakis, G., Richardson, C., Nöhre, M., Brähler, E., Holzapfel, C., Hilbert, A. and de Zwaan, M. 2020. Prevalence and psychopathology of vegetarians and vegans—Results from a representative survey in Germany. *Scientific reports*, 10(1): 1-10.
- Poore, J. and Nemecek, T. 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(63): 987-992.

- Poulsen, S. K., Due, A., Jordy, A. B., Kiens, B., Stark, K. D., Stender, S., Holst, C., Astrup, A. and Larsen, T. M. 2014. Health effect of the New Nordic Diet in adults with increased waist circumference: a 6-mo randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 99(1): 35-45.
- Ramezani-Jolfaie, N., Mohammadi, M. and Salehi-Abargouei, A. 2019. Effects of a healthy Nordic diet on weight loss in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 25: 1-10.
- Renzella, J., Townsend, N., Jewell, J., Breda, J., Roberts, N., Rayner, M. and Wickramasinghe, K. 2018. *What national and subnational interventions and policies based on Mediterranean and Nordic diets are recommended or implemented in the WHO European Region and is there evidence of effectiveness in reducing noncommunicable diseases*. World Health Organization. Regional Office for Europe, Denmark, p. 127-134.
- Reyes, S. R. C., Miyazaki, A., Yiu, E., and Saito, O. 2020. Enhancing Sustainability in Traditional Agriculture: Indicators for Monitoring the Conservation of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) in Japan. *Sustainability*, 12(14): 56-66.
- Rose, D., Heller, M. C. and Roberto, C. A. 2019. Position of the Society for Nutrition Education and Behavior: the importance of including environmental sustainability in dietary guidance. *Journal of nutrition education and behavior*, 51(1): 3-15.
- Salomo, L., Poulsen, S. K., Rix, M., Kamper, A. L., Larsen, T. M. And Astrup, A. 2016. The New Nordic Diet: phosphorus content and absorption. *European journal of nutrition*, 55(3): 991-996.
- Sebastiani, G., Herranz Barbero, A., Borrás-Novell, C., Alsina Casanova, M., Aldecoa-Bilbao, V., Andreu-Fernández, V., Tutusaus, M. P., Martinez, S., RoiG, M. D. and García-Algar, O. 2019. The effects of vegetarian and vegan diet during pregnancy on the health of mothers and offspring. *Nutrients*, 11(3): 55-67.
- Serra-Majem, L., Tomaino, L., Dernini, S., Berry, E. M., Lairon, D., Ngo de la Cruz, J., Bach-Faig, A., Donini, L. M., Medina, F., Belahsen, R., Piscopo, S., Capone, R., Aranceta-Bartrina, J., La Vecchia, C. and Trichopoulou, A. 2020. Updating the mediterranean diet pyramid towards sustainability: Focus on environmental concerns. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23): 58-87.
- Simões-Wüst, A. P., Kummeling, I., Mommers, M., Huber, M. A., Rist, L., van de Vijver, L. P., Dagnelie, P. C. and Thijs, C. 2014. Influence of alternative lifestyles on self-reported body weight and health characteristics in women. *The European Journal of Public Health*, 24(2): 321-327.
- Simões-Wüst, A. P., Moltó-Puigmartí, C., Van Dongen, M. C., Dagnelie, P. C. and Thijs, C. 2017. Organic food consumption during pregnancy is associated with different consumer profiles, food patterns and intake: the KOALA Birth Cohort Study. *Public health nutrition*, 20(12): 2134-2144.
- Skreden, M., Hillesund, E. R., Wills, A. K., Brantsæter, A. L., Bere, E. And Overby, N. C. 2018. Adherence to the New Nordic Diet during pregnancy and subsequent maternal weight development: A study conducted in the Norwegian Mother and Child Cohort Study (MoBa). *British Journal of Nutrition*, 119(11): 1286-1294.

- Smetana, S. M., Bornkessel, S., and Heinz, V. 2019. A path from sustainable nutrition to nutritional sustainability of complex food systems. *Frontiers in nutrition*, 6: 39-47.
- The Lancet Commission Report. 2019. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change. *Lancet*, 393: 791-846.
- Tilman, D. and Clark, M. 2014. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515: 518-522.
- Tiryaki, O. 2016. Türkiye’de yapılan pestisit kalıntı analiz ve çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 32(1): 72-80.
- Trajkovska-Broach, A. 2020. Mediterranean Diet: A Nutrient-Packed Diet and a Healthy Lifestyle for a Sustainable World. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 5: 1-21.
- Vergeer, L., Vanderlee, L., White, C. M., Rynard, V. L. and Hammond, D. 2020. Vegetarianism and other eating practices among youth and young adults in major Canadian cities. *Public health nutrition*, 23(4): 609-619.
- Wei, Y., Lv, J., Guo, Y., Bian, Z., Gao, M., Du, H., Yang, L., Chen, Y., Zhang, X., Wang, T., Chen, J., Chen, Z., Yu, C., Huo, D., and Li, L. 2020. Soy intake and breast cancer risk: a prospective study of 300,000 Chinese women and a dose-response meta-analysis. *European journal of epidemiology*, 35(6): 567-578.
- Wilson, N., Nghiem, N., Mhurchu, C. N., Eyles, H., Baker, M. G. and Blakely, T. 2013. Foods and dietary patterns that are healthy, low-cost, and environmentally sustainable: a case study of optimization modeling for New Zealand. *PloS one*, 8(3): 48-96.
- Zhang, R., Wang, Z., Fei, Y., Zhou, B., Zheng, S., Wang, L., Huang, L., Jiang, S., Liu, Z., Jiang, J., Liu, Z., Jiang, J. and Yu, Y. 2015. The difference in nutrient intakes between Chinese and Mediterranean, Japanese, and American diets. *Nutrients*, 7(6): 4661-4688.



Bitki Paraziti Nematodlarla Mücadelede Kullanılan Nematisitlerin Etki Mekanizmaları^A

İbrahim MISTANOĞLU¹, Gülsüm UYSAL², Zübeyir DEVRAN^{3*}

Öz: Bitki paraziti nematodlar, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde, birçok bitkide zararlara neden olan ve ekonomik kayba yol açan obligat parazitlerdir. Bu zararlıların neden olduğu kayıpları önlemek için kimyasal nematisitler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte artan çevre bilinci sonucu birçok nematisit yasaklanmış ya da kullanımı sınırlandırılmıştır. Tarımsal endüstride daha güvenli, daha az toksik ve daha seçici ürünlere yönelik talep artmakta ve son yıllarda yeni nesil nematisitlerin geliştirilmesi konusunda yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu derlemede kullanım miktarı ve tarımsal üretimdeki önemi gün geçtikçe artan kimyasal nematisitlerin etki mekanizmaları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. IRAC'ın yapmış olduğu sınıflandırma temel alınarak kimyasal nematisitler; Acetylcholinesterase (AChE) inhibitörleri, Glutamat reseptörü klor kanalı üzerinde etkili olanlar, Mitokondriyal kompleks II elektron taşıyıcı inhibitörleri, Acetyl CoA carboxylase inhibitörleri, etkinliği bilinmeyen bileşikler ve etkinliği bilinmeyen çoklu bölge inhibitörleri olmak üzere 6 başlıkta incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki paraziti nematodlar, etki mekanizması, IRAC, kimyasal mücadele, nematisit.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ³ Zübeyir DEVRAN, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya, Türkiye, zdevran@akdeniz.edu.tr, [OrcID 0000-0001-7150-284X](https://orcid.org/0000-0001-7150-284X)

¹ İbrahim MISTANOĞLU, Bolvadin İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye, i_mistanoglu@hotmail.com, [OrcID 0000-0002-8635-0321](https://orcid.org/0000-0002-8635-0321)

² Gülsüm UYSAL, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye, gulsumuysal.gu@gmail.com, [OrcID 0000-0003-1722-2518](https://orcid.org/0000-0003-1722-2518)

Mode of Action of Nematicides Used in the Management of Plant Parasitic Nematodes

Abstract: Plant parasitic nematodes are obligate parasitic pests that cause damage to many plants and cause economic loss, especially in tropical and subtropical regions. Chemical nematicides are widely used to prevent losses caused by these pests. However, as a result of increased environmental awareness, many nematicides have been banned or their use has been restricted. In recent years, there is a demand for safer, less toxic and more selective products in the agricultural industry and intensive research has been carried out on the development of new generation nematicides. In this review, it is aimed to give information about the mode of action of chemical nematicides, which increase the amount of use and importance in agricultural production day by day. Chemical nematicides based on the classification made by IRAC have been examined under 6 titles as Acetylcholinesterase (AChE) inhibitors, Glutamate-gated chloride channel (GluCl) allosteric modulators, Mitochondrial complex II electron transport inhibitors, Inhibitors of acetyl CoA carboxylase, Unknown and Presumed multi-site inhibitor.

Keywords: Plant parasitic nematodes, mode of action, IRAC, chemical management, nematicide.

Giriş

Bitki paraziti nematodlar; obligat parazit canlılar olup günümüze kadar yaklaşık 4100 türü tanımlanmıştır (Decraemer ve Hunt, 2013). Ülkemizde de farklı bitki gruplarında birçok bitki paraziti nematod türünün bulunduğu bildirilmiştir (Aydınlı ve ark., 2013; Mıstanoğlu ve ark., 2015; Aydınlı ve Mennan, 2016; Devran ve ark., 2017; Uysal ve ark., 2017; Yağcı ve Kaşkavalcı, 2018; Behmand ve ark., 2019; Özalp ve ark., 2020). Bitki paraziti nematodlar sebze, meyve, endüstri bitkileri ve süs bitkilerinde önemli verim ve kalite kaybına yol açmaktadır (Karssen ve ark., 2013; Mıstanoğlu ve Devran, 2015; Göze Özdemir, 2018). Bunların neden olduğu ürünlerdeki zarar oranı ve ekonomik kayıplar nematod türüne, konukçu bitkiye ve ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Tropik ve subtropik ülkelerde ürün kaybı %14.6 iken ılıman iklim kuşağına sahip gelişmiş ülkelerde bu oran %8.8 olarak tahmin edilmektedir (Nicol ve ark., 2011). Bitki paraziti nematodların ekonomik öneme sahip tarımsal ürünlerdeki zararı %3-90 oranında değişmektedir. Dünyadaki ortalama ürün kaybı ise %12.6 olarak rapor edilmiştir (Chitwood, 2003; Lopes-Caitar ve ark., 2019). Bitki paraziti nematodların dünya genelinde oluşturdukları yıllık ekonomik kayıp miktarının 173 milyar \$ olduğu belirtilmiştir (Elling, 2013). Bu kayıplar Hindistan'da yıllık yaklaşık 40,3 milyon \$, Avustralya'da 400 milyon \$, Güney Afrika'da 216 milyon \$, Amerika'da ise 13 milyar \$ olarak rapor edilmiştir (Singh ve ark., 2015; Elling, 2013; Hassan ve ark., 2013).

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kültürel yöntemler, karantina önlemleri, fiziksel uygulamalar, biyolojik mikroorganizmalar ve kimyasallar kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde en sık başvurulan

kimyasal mücadele, önerilere uygun yapıldığında kısa sürede etkinlik göstermesi ve uygulama kolaylığı gibi nedenlerden dolayı üreticiler tarafından tercih edilmektedir. Tarımsal üretimde genel olarak hastalık etmenleri ve zararlılarla yapılan mücadele kapsamında kullanılan ve diğer maddelerle formüle edilmiş bir ya da daha fazla aktif maddeden oluşan kimyasallara (preparat veya organizmaya) *pestisit* adı verilmektedir (Haydock ve ark., 2013). Nematodlarla mücadelede kullanılan kimyasallar ise *nematisit* olarak adlandırılmaktadır. Bu kimyasallardan bazıları nematodları direk öldürebildikleri gibi, bazıları da larvaları belli bir süre boyunca felce (paralize) uğratarak etkili olabilmektedir. Nematodları paralyze ederek etki eden kimyasallara ise *nematisitik* veya *nematisit* adı verilmektedir. Ancak nematisitlerin ölümcül olmayan bu etkilerinden dolayı ilerleyen dönemlerde nematodların zararlarına devam etmesi mümkün olabilmektedir (Haydock ve ark., 2013). Farklı özelliklere sahip olan bu nematisitler, genel olarak nematod popülasyonlarının yoğunluklarını düşürerek neden oldukları zararı azaltmak için kullanılmaktadır. Böylelikle uygulandığı alanlarda yetiştirilen bitkilerde verim kaybında azalma ve kalitede artışa neden olabilmektedirler (Haydock ve ark., 2013).

Bitki paraziti nematodlarla mücadelede kullanılan nematisitler öncelikle kimyasallar ve biyolojik kökenliler [biyonematisitler (bakteri, fungus ve bitkisel/hayvansal kökenliler)] olarak iki gruba ayrılmaktadır (Ebene ve ark., 2019, IRAC, 2019; Sparks ve ark., 2020). Bu derlemede kimyasal kökenli nematisitler ve bunların etki mekanizmaları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

1. Kimyasal Nematisitler

Nematodlarla mücadelede kullanılan ve 1881 yılında nematisidal etkileri tespit edilen ilk kimyasal Carbon disulphide'dir (Rich ve ark., 2004). Bunu 1960'lı yılların ortalarından 1990'lara kadar fumigant aktivitelerden yoksun, yeni nesil nematisitler olan carbamate'lar (aldicarb 1966'da tanımlandı), organophosphate'lar (fenamiphos 1967'de tanımlandı) ve fosthiazate'ın keşfi izlemiştir (Çizelge 1) (Chitwood, 2003; Jones, 2017).

Çizelge 1. Nematisitlerin gelişiminin kronolojik süreci (Rich ve ark., 2004; Desaeger ve ark., 2020).

Yaygın Adı	Kimyasal Ad(lar)ı	İlk Kullanım Yılı	Ürün Tipi/Kimyası
Carbon disulfide	Carbon disulfide; Carbon bisulfide	1881	Fumigant
Chloropicrin	Trichloronitromethane	1920	Fumigant
Formaldehyde	Formalin	1930	Fumigant
Methyl bromide	Bromomethane	1932	Fumigant
D-D mixture	1,2-dichloropropane; 1,3-dichloropropene	1943	Fumigant
DBCP	1,2-dibromo-3-chloropropane	1954	Fumigant
1,3-Dichloropropene	1,3-Dichloro-1-propene	1954	Fumigant
Metham	Sodium N-methyl dithiocarbamate	1954	MIT generator
V-C 13*	Dichlofenthion	1955	Organophosphate
Fensulfothion	0,0-diethyl 0-4-(methylsulfinyl) Phenylphosphorothioate	1957	Organophosphate
Ethoprop(hos)	0-ethyl S,S-dipropyl phosphorodithioate	1963	Organophosphate
Aldicarb	2-methyl-2-(methylthio) propionaldehyde 0-(methylcarbamoyl) oxime	1965	Carbamate
Dazomet	3,5-Dimethyl-1,3,5-thiadiazinane-2-thione	1967	MIT generator
Fenamiphos (Phenamiphos)	Ethyl 3-methyl4-(methylthio) phenyl (1-methyl) phosphoramidate	1968	Organophosphate
Carbofuran	2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate	1969	Carbamate
Oxamyl	S-methyl N'N'-dimethyl-N-[(methyl Carbamoyl)oxy]-1- thio-oxamimidate	1972	Carbamate
Enzone	Sodium tetrathiocarbamate	1978	Fumigant
Ivermectin / Abamectin	Avermectin B1	1981	Lakton
Cadusafos	S,S-di-sec-butyl 0-ethyl phosphorodithioate	1990	Organophosphate
Fosthiazate	S-(RS)-sec-butyl 0-ethyl (RS)-(2-oxothiazolidin-3yl) phosphothioate	1992	Organophosphate
Methyl iodide	Iodomethane	2007	Fumigant
Spirotetramat	(5s,8s)-3-(2,5-Dimethylphenyl)-8-methoxy-2-oxo-1-azaspiro[4.5]dec-3-en-4-yl ethyl carbonate	2008	Tetramik asit
Dimethyl disulfide	Methyl Dısulfide	2010	Fumigant
Imicyafos	(E)-[1-[ethoxy(propylsulfanyl)phosphoryl]-3-ethylimidazolidin-2-ylidene]cyanamide	2010	Organophosphate
Allyl isothiocyanate	3-isothiocyanatoprop-1-ene	2013	Fumigant
Fluopyram	N-[2-[3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridyl]ethyl]-2-(trifluoromethyl)benzamide	2013	Benzamide
Fluensulfone	5-chloro-2-[(3,4,4-trifluorobut-3-enyl)sulfonyl]thiazole	2014	Thiazol
Tioxazafen	3-phenyl-5-(2-thienyl)-1,2,4-oxadiazole	2017	Oxadiazol
Fluazaindolizine	8-chloro-N-[(2-chloro-5-methoxyphenyl)sulfonyl]-6-(trifluoromethyl)imidazo[1,2-a]pyridine-2-carboxamide	2020	Carboxamid
Cyclobutrifluram	rel-N-[(1R,2R)-2-(2,4-dichlorophenyl)cyclobutyl]-2-(trifluoromethyl)-3-pyridinecarboxamide	**	Benzamide

MIT: Metil izotiyosiyanat üreticisi (Methyl isothiocyanate generators), *Fumigant olmayan (non-fumigant) ilk nematisit; ** 2021 den sonra kullanılmaya başlanması beklenmekte.

Dünyada tarımsal üretimde kullanılan bitki koruma ürünlerinin oransal dağılımı %48 herbisitler, %30 insektisitler, %18 fungusitler ve nematisitlerin de içinde yer aldığı %7'lik diğer kimyasalları içermektedir (Kang ve ark., 2016). Türkiye'de tarımsal ilaç kullanım miktarları sırasıyla fungusitler (19.698 ton), herbisitler (12.644 ton), insektisitler (11.609 ton), nematisitler, bitki aktivatörleri, bitki gelişim düzenleyiciler, böcek cezbedicileri ve fumigantları içeren grup (4.958 ton), akarisitler (2.124 ton) ve rodentisit-mollusisitler (264 ton)'dur (TUIK,

2019). Nematositlerin kullanımı dünyada olduğu gibi Türkiye’de de sürekli artmaktadır. ABD’de nematisit kullanım miktarı 84.000 ton ve Batı Avrupa’da ise 48.000 ton’dur (Haydock ve ark., 2013). Global ilaç şirketleri yeni nematisitlerin keşfi üzerine önemli yatırımlar yapmakta ve her yıl yaklaşık 250.000 ton aktif madde nematisit pazarında kullanılmaktadır (Haydock ve ark., 2013). Dünyada tarımsal üretimde kullanılan kimyasal pazar değerleri; herbisitler 32.6 milyar \$, insektisitler 16.4 milyar \$ ve fungusitler 13.4 milyar \$ ile sıralanmaktadır (Mordor Intelligence, 2020; Oka, 2020). Nematositler ise yıllık 200 milyon \$ civarında bir geliştirme maliyetine sahip olmasına rağmen küresel pazardaki payı diğer gruplardan oldukça geride olup 1.3 milyar \$ civarındadır (Mordor Intelligence, 2020; Oka, 2020). ABD’deki nematisit pazarı yılda yaklaşık 300 milyon \$ (231 milyon €) değerindedir (Haydock ve ark., 2013; Oka, 2020). Nematositlerin tarımsal üretimdeki önemi ve pestisit pazarındaki payı her geçen gün artmaktadır. Ancak dünyada çevre ve insan sağlığı açısından sorunlara neden olan bazı nematisitlerin kullanımı sınırlandırılmış ya da yasaklanmıştır. Bazı nematisitlerin dünyadaki ve Türkiye’deki durumları Çizelge 2’de listelenmiştir.

Çizelge 2. Dünyada ve Türkiye’de nematodlarla mücadelede kullanılan kimyasalların durumlarının karşılaştırılması (CIRS, 2021; TOB, 2021; Acharya, 2020; PAN, 2021; EU pesticides databases, 2021).

Grup Adı	Kimyasal İsmi	Dünyadaki Kullanımı				Grup Adı	Kimyasal İsmi	Dünyadaki Kullanımı			
		1	2	3	4			1	2	3	4
N-1A: Carbamates	Aldicarb	+	-	-	-	N-UN: Çeşitli kimyasallar	Fluazaindolizine	+	*	*	*
	Benfuracarb	+	-	+	-		Fluensulfone	+	*	*	*
	Carbofuran	+	-	+	-		Furfural	c,d	-	+	-
	Carbosulfan	+	-	-	-		Iprodione	c	-	*	-
	Thiodicarb	+	-	+	-		Tioxazafen	+	-	*	-
	Oxamyl	+	+	+	-		Carbon Disulfide	*	-	*	-
N1B: Organophosphates	Ethoprophos	+	-	-	a	N-UNX: Çeşitli fumigantlar	DMDS (dimethyl disulfide)	+	a	*	+
	Fenamiphos	+	-	-	+		Sodium tetrathiocarbonate	*	-	*	*
	Fosthiazate		+		+		Methyl bromide	-	-	-	b
	Phorate	+	-	-	-		Methyl Iodide (Iodomethane)	*	*	*	+
	Imicyafos	*	-	*	-		DBCP	-	-	*	-
	Cadusafos	+	-	-	-		1,3- Dichloropropene	+	a	*	-
	Terbufos	+	-	-			Chloropicrin	c	a	+	-
N-2: Avermectins	Abamectin	d	+	*	+	Allyl isothiocyanate	+	*	*	+	
	Emamectin Benzoat	*	d	*	d	Dazomet	+	+	+	+	
N-3: Pyridylmethylbenzamides	Fluopyram	+	+	+	+	Metam Potassium	+	+	*	+	
N-4: Tetronic ve Tetramic acid Türevleri	Spirotetramat	+	d	+	d	Metam Sodium	+	a	+	+	

1: Amerika’daki kullanım; 2: Avrupa’daki Kullanım; 3: Çin’deki kullanım; 4: Ülkemizdeki kullanımı; a: Beklemede; b: Depolanmış ürünlerde fumigant; c: Fungusit ruhsatlı; d: İnsektisit ruhsatlı; (+: kullanımı mevcut, -:kullanımı yok, *: Herhangi bir bilgi bulunmamakta)

Tarımsal mücadelede kullanılan kimyasalların etki mekanizmalarının bilinmesi yapılacak mücadelenin etkin ve sürdürülebilir olmasını sağlayabilmektedir. Dolayısıyla kimyasal mücadelede kullanılacak nematisitlerin etki mekanizmalarının bilinmesi, başarı şansının ve mücadele masraflarının azaltılması açısından önemlidir. Nematisitler için etki mekanizmalarına göre yapılan en önemli ve kabul gören gruplandırma ise IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) tarafından gerçekleştirilmiştir (IRAC, 2019). Bu gruplandırmada nematisitler 10 farklı gruba ayrılmıştır (Çizelge 3). Bu derlemede kimyasal özelliklere sahip grupların özellikleri incelenmiştir.

Çizelge 3. Etki mekanizmaları ve kimyasal yapılarına göre nematisit grupları (IRAC, 2019)

Grup Adı	Etki Mekanizması	Kimyasal Grup	Etkili Madde	IRAC /FRAC Grupları
N-1A N-1B	Acetylcholinesterase (AChE) inhibitörleri	A: Carbamates B: Organophosphates	A: Aldicarb, Carbosulfan, Carbofuran, Oxamyl B: Cadusafos, Fenamiphos, Ethoprophos, Fosthiazate	IRAC: 1A; 1B
N-2	Glutamat reseptörü klor kanalı (GluCl _s) modülatörleri	Avermectins	Abamectin	IRAC: 6
N-3	Mitokondriyal kompleks II elektron taşıyıcı inhibitörleri	Pyridylmethyl-benzamides	Fluopyram	FRAC: C2
N-4	Acetyl CoA carboxylase inhibitörleri	Tetronic ve Tetramic acid türevleri	Spirotetramat	IRAC:23
N-UN	Etki mekanizması bilinmeyen bileşikler	Çeşitli kimyasallar	Furfural, Iprodione, Tioxafen, Fluosulfone, Fluoazaindolizine	
N-UNX	Etki mekanizması bilinmeyen ya da emin olunmayan bileşikler (Çoklu bölge inhibitörleri)	Çeşitli fumigantlar	Carbon Disulfide, DMDS, Methyl bromide, Methyl Iodide, 1,3-Dichloropropene, Chloropicrin, Dazomet, Metam sodyum, Metam Potasyum, Allyl isothiocyanate	IRAC: 8
N-UNB	Bakteriyel ajanlar veya ürünleri	Bakteri ve bakteri türevleri	<i>Bacillus</i> spp. <i>Pasteuria</i> spp.	
N-UNF	Fungal ajanlar veya ürünleri	Fungus ve fungus türevleri	<i>Arthrobotrys</i> spp. <i>Paecilomyces</i> spp.	
N-UNE	Bitkiler veya hayvanlardan elde edilen etkisi bilinmeyen ajanlar	Bitki ve hayvan türevleri	Azadirachtin <i>Quillaja saponaria</i>	

1.1. Acetylcholinesterase (AChE) inhibitörleri (IRAC:1A; 1B / N:1A; 1B)

Carbamate'lar (N:1A) ve Organophosphate'lar (N:1B), sinir sistemi üzerinde etkili olan kimyasal gruplardır (IRAC, 2019). Bu gruplardaki kimyasallar sinir sistemindeki sinaptik boşluklarda uyarıların iletiminden sorumlu asetilkolinin hidrolizini yapan asetilkolinesteraz (AChE) enzimine bağlanarak inhibe etmekte ve sinir sisteminin işleyişini bozmaktadır (Opperman ve Chang, 1990; Haydock ve ark., 2013). Carbamate'lar (Aldicarb, Carbosulfan, Oxamyl vb.) ve Organophosphate'lar (Fenamiphos, Ethoprophos, Imicyafos vb.) toprağa granüler veya sıvı formda uygulanabilmektedir. Bu kimyasallar düşük konsantrasyonlarda nematodların kimyasal

yönelim ve konukçuyu bulma yeteneğini, yüksek konsantrasyonlarda ise nematod yumurta açılımı ve hareketliliğini bozabilmektedir (Haydock ve ark., 2013). Ancak alkyl organofosfatlar haricinde bu gruptaki nematodların biyokimyasal etkileri geriye dönüşümlüdür (nematostat ya da nematostatik etki) (Sánchez-Bayo ve ark., 2013; Haydock ve ark., 2013). Dolayısıyla rizosferdeki kimyasalların etkinliğinin geçmesinden sonra nematodlar konukçuda zarara neden olabilmektedirler (Sikora ve Hartwig, 1991). Ancak bu kimyasalların uygun bir süre (4-8 hafta) nematodlarla temas halinde kalması nematod enfeksiyonunun önlenmesi ve erken dönemde iyi bir konukçu kök gelişiminin oluşmasını sağlayabilmektedir (Rich ve ark., 2004).

1.2. Glutamat reseptörü klor kanalı (GluCl) modülatörleri (IRAC: 6 / N:2)

Glutamat reseptörü klor kanalı (GluCl) modülatörleri [Glutamate-gated chloride channel (GluCl) allosteric modulators] omurgasız organizmalarda hareketi kontrol ederek ve beslenmeyi düzenleyerek omurgasız sinir sistemlerinde önemli rollere sahiptirler. Nematodlar ve eklembacaklılara ait bu yapı (GluCl)'ları, pestisitlerin makrosiklik lakton ailesi (macrocyclic lactone family) tarafından hedeflenmektedir (Wolstenholme, 2012). Söz konusu grup avermectin'ler olarak adlandırılmakta ve bir toprak mikroorganizması olan *Streptomyces avermitilis* MA-4680'den üretilen (A1_a, A1_b, A2_a, A2_b, B1_a, B1_b, B2_a, B2_b gibi) 16 farklı kimyasaldan oluşmaktadır (Faske and Starr, 2006). Bu kimyasalların en önemlileri ise B1_a ve B1_b'dir (Khalil, 2013). Farklı oranlarda birleşerek [avermectin B1_a (≥80%) ve avermectin B1_b (≤20%)] abamectin adını alan bu kimyasallar hem toprak hem de yaprağa uygulanabilmektedir (Khalil, 2013; Qiao ve ark., 2011). Avermectin'lerin, eklembacaklıların nöromusküler bağlantı noktalarında sinirsel iletimi engelleyerek etki ettiği, avermectin B1_a'nın ise nematodlarda sinir hücreleri arasındaki sinyal iletimini engellediği tahmin edilmektedir (Putter ve ark., 1981). Dolayısıyla avermectin ve homologlarının nematodlar, böcekler ve akarlar gibi farklı zararlılar üzerinde etkili oldukları da bilinmektedir (Khalil, 2013; Faske ve Starr, 2006; Qiao ve ark., 2011). Ayrıca abamectinin toprakta yarılanma ömrünün ise 2 haftadan 2 aya kadar değiştiği ve bu kimyasalın etkinliğinin doğal bozulma nedeniyle azalabildiği bildirilmektedir (Qiao ve ark., 2011).

1.3. Mitokondriyal kompleks II elektron taşıma inhibitörleri (FRAC: C2 / N:3)

Bu gruptaki kimyasallar fenil-benzamid kimyasal grubunda olup, solunum zincirindeki en küçük kompleks olan süksinat dehidrogenaz'ın inhibitörüdür (Succinate Dehydrogenase Inhibitor-SDHI) (Avenot ve Michailides, 2010; IRAC, 2019). Hem fungusit, hem de nematod özelliği olan bu kimyasallar hücrelerdeki enerji üretimini engellemektedir. Bunu da mitokondri içinde solunum zincirindeki elektronların taşınmasını engelleyen süksinat dehidrogenaz (SDH) kompleksine bağlanması sonucu canlı organizmalarda enerji için gerekli bir molekül olan adozin trifosfat (ATP) üretimini durdurarak yapmaktadır (Avenot ve Michailides, 2010; Hawk, 2019). Bu etkinlikleri nedeniyle söz konusu kimyasallar fungusların ve nematodların hücresel solunumunu engellemektedir (Avenot ve Michailides, 2010). Yapılan çalışmalarda nemastatik etkiye sahip oldukları belirlenen bu kimyasalların nematodların yumurta açılımlarını azaltarak popülasyon yoğunluklarını düşürdüğü, hareketleri

üzerinde etkili olarak infeksiyon yeteneklerini azalttığı böylece bitkide verim artışına neden oldukları belirlenmiştir (Faske ve Hurd, 2015; Hajihassani ve ark., 2019; Feist ve ark., 2020).

1.4. Acetyl CoA carboxylase inhibitörleri (IRAC:23 / N:4)

Tetronik ve tetramik asit türevi kimyasallardan oluşan bu gruptaki tek nematisit spirotetramat'tır (IRAC, 2019). Spirotetramat bitkiye uygulandıktan sonra doku içerisinde hidrolize olmakta ve spirotetramat-enol'e dönüşmektedir (Smiley ve ark., 2011). Bu ise iletim (vasküler) sistemi vasıtasıyla yukarı (ksilemle) ve aşağı (floem) doğru taşınabilen tam sistemik (ambimobility ya da two-way systemicity) özellikte bir kimyasaldır (Nauen ve ark., 2008; Brück ve ark., 2009; Salazar-Lopez ve ark., 2016). İlk başta, sistemik etkili bir insektisit olarak üretilen spirotetramat'ın sonraki yapılan çalışmalarda bitki paraziti nematodları da baskıladığı tespit edilmiştir (McKenry ve ark., 2009). Spirotetramat özellikle lipit içeriğinin azaltılması, kütikula atımının ve acetyl-CoA carboxylase'ın engellenmesi ve yumurta üretiminin azaltılması gibi konularda lipit biyosentez inhibitörü olarak etkili olmaktadır (Gutbrod ve ark., 2018; Waisen ve ark., 2019). Spirotetramat'ın toprak uygulamalarında kalıntı aktivitesi, 1-4 gün ve yaklaşık %90'lık bir azalma ile çok kısa ömürlüdür. Buna karşın bitkilerde 2 haftadan fazla süreyle yüksek toksik seviyeleri koruduğu tespit edilmiştir (Brück ve ark., 2009; Smiley ve ark., 2011).

1.5. Etki mekanizması bilinmeyen bileşikler (N:UN)

IRAC tarafından yapılan sınıflandırmada bu grup içerisinde furfural, iprodione, tioazafen, fluensulfone ve fluazaindolizine bulunmaktadır (IRAC, 2019). Örneğin furfural'ın herbisit, insektisit, bakterisit ve fungusit etkileri bilinmektedir. Nematisidal etkisi ise ilk kez 1990'lı yıllarda tespit edilmiş olup nematod kütikula tabakasının yıkımında etkili olabileceği tahmin edilmektedir (Zasada ve ark., 2010; Osman ve ark., 2017). Iprodione, birçok fungus (*Botrytis* spp., *Alternaria* spp., *Sclerotinia* spp.) karşı kullanılan kontak etkili bir fungusittir (d'Errico ve ark., 2017). Ancak yapılan çalışmalarda iprodion'un özellikle nematodların larvaları üzerinde nematostat etkilere sahip olduğu böylelikle de bireylerin konukçularını bulma ve beslenme gibi yeteneklerinde azalmaya neden olduğu gözlenmiştir (d'Errico ve ark., 2017). Ayrıca bu etkili maddenin kök-ur ve kist nematodlarında yumurta kümesi ve kist oluşumunu azalttığı dolayısıyla popülasyon artışını baskıladığı da belirlenmiştir (Cui ve ark., 2017). Bu grup içerisindeki bir diğer kimyasal olan tioazafen hakkında çok az veri olmasına rağmen etki mekanizmasının nematodların ribozomal aktivitesinin bozulmasıyla bağlantılı olabileceği düşünülmektedir (Desaeger ve ark., 2020). Etki mekanizması bilinmeyen bileşikler grubundaki bu kimyasallardan bazılarının etki mekanizmalarının anlaşılabilmesi amacıyla son yıllarda bazı çalışmalar yapılmıştır. Yeni nesil nematisitlerden 3-F olarak adlandırılan fluopyram, fluensulfone ve fluazaindolizine'in etki mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla farklı bitki gruplarında özellikle kök-ur nematodları üzerine etkinlik çalışmaları yapılmaktadır (Desaeger ve ark., 2020, Oka ve Saroya, 2019). Fluensulfone ile yapılan çalışmalarda söz konusu kimyasalın nematodların hareket yeteneğinin ve lipit metabolizmasının bozulmasına, sonrasında da nematodların ölümüne neden olduğu belirlenmiştir (Kearn ve ark., 2017; Feist ve

ark., 2020). Fluazaindolizine ise en son geliştirilen nematisitlerden biridir (Lahm ve ark., 2017). Etki mekanizması henüz bilinmemekle birlikte sistemik bir etki göstermediği, özellikle etkisinin yavaş olduğu, ovisidal ya da yumurta açılımı üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir (Lahm ve ark., 2017; Thoden ve ark., 2019).

1.6. Etki mekanizması bilinmeyen ya da emin olunmayan bileşikler (IRAC:8 / N:UNX)

Bu gruptaki kimyasallar IRAC tarafından uçucu kükürt üretenler (volatile sulphur generator), karbon disülfid salımı yapanlar (karbon disulfide liberator), alkil halojenürler (alkyl halides), halojenli hidrokarbonlar (halogenated hydrocarbon), kloropikrin (chloropicrin) ve metil izotiyosiyanat üretenler (methyl isothiocyanate generator) olarak gruplandırılmıştır (IRAC, 2019). Bu gruplardan uçucu kükürt üretenler içerisinde yer alan carbon disulfide ve dimethyl disulfide-DMDS nematodlarla mücadelede önemli kimyasallardır. Carbon disulfide (CS₂) bakteriyostatik, fungisidal, nematisidal ve insektisidal özelliklere sahip uçucu, yanıcı, kötü kokulu bir sıvıdır ve ticarileşen ilk nematisittir (Hartel ve Haines, 1991; Chitwood, 2003). Özellikle *Alliaceae* (sarımsak, soğan ve pırasa) ve *Brassicaceae* (brokoli, hardal, lahana vs.) üyelerinden elde edilen önemli bir biyofumigant olan DMDS'nin *Fusarium* spp. ve *Verticillium* spp. gibi toprak kökenli patojenlerin kontrolünde etkin bir şekilde kullanıldığı belirtilmiştir (Arnault ve ark., 2013). Fakat sonrasında yapılan çalışmalarla nematisidal aktivitesi de tespit edilmiş ve tarımsal üretimde bitki paraziti nematodlarla mücadelede kullanılmaya başlanmıştır (Arnault ve ark., 2013). Carbon disulfide salımı yapan kimyasal grubu içerisinde yer alan tek kimyasal sodyum tetrathiocarbonate'tır. Bu kimyasal funguslara, böceklerle ve nematodlara karşı aktiftir ve bitki dikim öncesi toprak fumigantı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca nematodlarda birden fazla bölge üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Chitwood, 2003; Desaegeer ve ark., 2020). Bitki paraziti nematodlara karşı etkili olabilen bir diğer grup ise alkil halojenürler (alkyl halides)'dir. Bu grupta değerlendirilen kimyasallar ise Methyl bromide (MeBr) ve Methyl iodide (Iodomethane)'dir (IRAC, 2019). Fumigant özellikte olan bu kimyasalların protein sentezinde ve solunumda doğrudan biyokimyasal yolları etkilediği düşünülmektedir (Haydock ve ark., 2013). Methyl bromide, toprak kökenli funguslarla, nematodlarla, böceklerle ve yabancı otlarla mücadelede etkin şekilde kullanılan kimyasallardandır (Chitwood, 2003). Bu kimyasalın nematisidal etkileri ilk kez 1940 yılında tespit edilmiştir (Christie ve Cobb, 1940). Fakat sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda MeBr gibi fumigantların insan sağlığına, çevreye ve özellikle ozon tabakasına büyük zararlar verdiği belirlenmiştir. Birleşmiş Milletler Montreal protokolüne göre gelişmiş ülkelerde 2005, gelişmekte olan ülkelerde ise 2015 yılında kullanımı sonlandırılmıştır (UNEP, 1995; Barry ve ark., 2012). Türkiye'de ise MeBr'in taşıma öncesi ve karantina amaçlı uygulamalar dışında, 2004 yılında tütün ve depolanmış ürünlerde, 2007 yılında ise toprakta kullanımı tamamen sonlandırılmıştır (Anonim, 2021). Bu gruptaki bir diğer kimyasal olan Methyl iodide bir toprak fumigantıdır (Becker ve ark., 1998; Chitwood, 2003). Bu kimyasal MeBr'e göre bazı üstün özelliklere sahiptir. Örneğin Methyl iodide, ortam sıcaklığında ve atmosfer basıncında bir sıvıdır ve ozon tabakasını etkilemeden önce UV radyasyonu ile atmosferde hızla bozulabilmektedir (Ohr ve ark., 1996). IRAC sınıflandırılmasında nematodların birçok bölgesinde etki gösterebilen bir diğer grup halojenli hidrokarbonlar (halogenated hydrocarbon)'dır. 1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP) ve 1,3-Dichloropropene (1,3-D) ise bu grup içerisinde değerlendirilmektedir (IRAC, 2019). Fumigant özellikteki DBCP'nin insanlarda yol açtığı sağlık sorunlarından dolayı 1980'lerin

sonlarında tüm kullanımları yasaklanmıştır (Hwang ve ark., 2013). Bu gruptaki 1,3-D ise fumigant özellikte etkili bir maddedir (Zhang ve ark., 2019). 1,3-D'nin farklı tarımsal ürünlerde nematodlara, funguslara ve böceklere karşı etkili olduğu belirlenmiştir. Fakat bu kimyasalın da insanda kanserojen etkilere neden olabileceği nedeniyle kullanımı sınırlandırılmıştır (Chitwood, 2003). Kloropikrin (Chloropicrin-CP) ekim/dikim öncesi toprak fumigantı olan en eski kimyasallardan birisidir. Tarımsal üretimde öncelikle toprak kökenli funguslar üzerindeki etkileri nedeniyle kullanılan kloropikrinin, sonraki yıllarda yabancı otlar ve nematodlar üzerindeki etkileri de tespit edilmiştir (Duniway, 2002; Chitwood, 2003). Bu başlık altında incelenen son grup ise Metil izotiyosiyanat üretenler (methyl isothiocyanate generator) olarak adlandırılmıştır. Dazomet, Allyl isothiocyanate, Metam potassium ve Metam sodium bu grup içerisinde yer alan kimyasallardır (IRAC, 2019). Bu kimyasallar nematod, fungus ve yabancı ot kontrolünde kullanılabilir. Nematod mücadelesinde bu kimyasallardan bazıları oksijen taşınımını ve solunumu engelleyerek etkili olmaktadır (Haydock ve ark., 2013).

2. Biyolojik Nematisitler

Biyopestisitler, biyokontrol ajanları ya da mikrobiyal ürünler olarak adlandırılan bu grubun dünya bitki koruma pazarındaki yeri 1993'te yaklaşık %0.4 iken 2016'da %5.6 seviyelerine yükselmiştir (McDougall, 2019). Söz konusu grup içerisinde değerlendirilen biyonematisitler ise bakteri, fungus ve bitkisel/hayvansal ürünlerin türevleri olarak 3 gruba ayrılmaktadır (Çizelge 3). Son yıllarda yapılan çalışmalarla ön plana çıkan bu grup hakkında başka bir derlemede detaylı bilgi verilmesi planlanmaktadır.

Sonuç

Tarımsal üretimde kullanılan kimyasalların etkinlikleri çeşitli nedenlerden dolayı değişkenlik gösterebilmektedir. Özellikle bitki paraziti nematodlar gibi toprak kökenli organizmalarla mücadelede bu faktörlerin sayısı artmaktadır. Kimyasalların topraktaki aktiviteleri, ürünün nematod türüne karşı seçiciliği, uygulamalarda farklı etki mekanizmalarına sahip kimyasalların kullanılması, nematod popülasyonu yoğunluğu, beslenme davranışları (ekto, endo, yarı endoparazitlik gibi), uygulama metodu (damlama, yaprak ve toprağa karıştırma), uygulama zamanı, çevresel faktörler (toprak yapısı, sıcaklık ve nem) olarak sıralanabilir. Nematisitlerin etki mekanizmalarının iyi anlaşılması başarısını arttıran temel noktadır. Belirli pestisit gruplarında gözlemlenen direnç gelişiminin nedeninin sürekli aynı etki mekanizmasına sahip grupların kullanımı olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla etkili bir direnç yönetimi metodunun uygulanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Borel, 2017). Fakat nematisitlerle ilgili olarak şu ana kadar direnç durumları bildirilmemiştir (IRAC, 2019). Buna karşın IRM (Insecticide Resistance Management) mevcut ve yeni kimyasalların uzun vadeli etkinliklerini ve faydalarını korumak için entegre mücadele (IPM) içerisinde rasyonel bir şekilde kullanılmasının önemli olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca sürdürülebilir ve etkin bir mücadele amacıyla yürütülen çalışmalar sonucunda yeni etkili maddeler de geliştirilmiştir. Trifluoromethyl (-CF₃) içeren ve 3F (florlanmış nematisitler) olarak

adlandırılan bu yeni kimyasallar fluopyram, fluensulfone ve fluazaindolizine'dir (Oka, 2020; Umetsu ve Shirai, 2020). Bu nematisitler düşük toksik özelliklere sahip olması, tohum uygulamaları gibi yeni yöntemlere imkan sunmaları gibi özellikleriyle ön plana çıkmaktadır (Faske ve Brown, 2019). Dolayısıyla bu özellikleriyle söz konusu kimyasallar uygulama dozunun ve maliyetinin düşmesine ve bitkiler için hassas bir dönemde etkili bir korumaya olanak tanımaktadır.

Nematodlarla kimyasal mücadelede bir diğer konu ise bitki toprak üst aksamına uygulanan bazı sistemik özelliğe sahip kimyasalların (spiroetramat gibi) nematodlar üzerinde de etkili olabilmeleridir (McKenry ve ark., 2009; Gutbrod ve ark., 2018; Waisen ve ark., 2019). Sistemik etkili bu kimyasallar, toprak kaynaklı olumsuzlukların ortadan kaldırılmasında etkili bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca bitkinin üst kısım uygulamalarının etki sürelerinin, toprak uygulamalarından daha uzun süre olması da mücadelede bir avantaj olarak kabul edilmektedir. Etkili maddelerin bu sistemik özelliğinin yanında bitkilere ya da nematodlara ulaştırılması ve girişlerinin daha etkin bir şekilde olması amacıyla yenilikçi çalışmalar da yapılmaktadır. Örneğin geliştirilen nanotaşıyıcı (nanocarrier) teknolojisi vasıtasıyla etkili maddenin yarılanma ömrünün uzadığı, bitki ya da nematoda girişlerinin daha kolay gerçekleştiği ve nematodlar üzerindeki etkinliklerinin arttığı tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2020).

Sonuç olarak, nematodlarla mücadelede kimyasal nematisitlerin tek başına değil entegre mücadele yöntemleriyle birlikte kullanımının başarıyı arttıracak unutulmamalıdır. İdeal bir nematisitin ise maliyetinin uygun, düşük dozda geniş etki spektrumu göstermesi, hedef dışı organizmalarda toksik etkilere neden olmaması, kolay uygulanabilir olması ve insanlar ile çevre için güvenilir olması gerekmektedir. Son yıllarda bu özelliklere sahip yeni nematisitlerin geliştirilmesi için yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Teşekkür Bilgi notu

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Acharya, P. 2020. Alıntı adresi: <https://thecounter.org/the-us-still-uses-many-pesticides-banned-in-other-countries/> (Erişim tarihi: 17.04.2021).
- Anonim, 2021. Alıntı adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/04/20040408.htm#4>. (Erişim tarihi: 17.04.2021).
- Arnault, I., Fleurance, C., Vey, F., Du Fretay, G. and Auger, J. 2013. Use of Alliaceae residues to control soil-borne pathogens. *Industrial Crops and Products*, 49: 265-272.
- Avenot, H.F., and Michailides, T.J. 2010. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop Protection*, 29: 643-651.

- Aydınlı, G., Mennan, S., Devran, Z., Sirca, S. and Urek, G. 2013. First report of root-knot nematode *Meloidogyne ethiopica* on tomato and cucumber in Turkey. *Plant Disease*, 97:1262.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2016. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) from greenhouses in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40 (5): 675-685.
- Barry, K.H., Koutros, S., Lubin, J.H., Coble, J.B., Barone-Adesi, F., Freeman, L.E.B., Sandler, D.P., Hoppin, J.A., Ma, X., Zheng, T. and Alavanja, M.C.R. 2012. Methyl bromide exposure and cancer risk in the agricultural health study. *Cancer Causes Control*, 23(6): 807-818.
- Becker, J.O., Ohr, H.D., Grech, N.M., McGiffen M.E. and Sims, J.J. 1998. Evaluation of Methyl iodide as a soil fumigant in container and small field plot studies. *Pest Management Science*, 52(1): 58-62.
- Behmand, T., Elekcioglu, N.Z., Berger, J., Can, C. and Elekcioglu, İ. H. 2019. Determination of plant parasitic nematodes associated with chickpea in Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 43(4): 357-366.
- Borel, B. 2017. When the pesticides run out. *Nature*, 543: 302–304.
- Brück, E., Elbert, A., Fischer, R., Krueger, S., Kühnhold, J., Kleuken, A.M., Nauen, R., Niebes, J.F., Reckman, U., Schnorbach, H.J., Steffens, R. and Waetermeulen, X. 2009. Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: biological profile and field performance. *Crop Protection*, 28: 838–844.
- Chitwood, D.J. 2003. Nematicides: Encyclopedia of Agrochemicals, Ed.: Plimmer, J.R., Ragsdale, N.N. and Gammon, D., John Wiley & Sons, New York, pp: 1104-1115.
- Christie, J.R. and Cobb, G.S. 1940. The inefficiency of methyl bromide fumigation against the chrysanthemum foliar nematode. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 7: 62.
- CIRS, 2021. List of banned end restricted pesticide products in China. Türkiye Veri Servisi. <http://www.cirs-reach.com/news-and-articles/List-of-Banned-and-Restricted-Pesticide-Products-in-China.html>. (Erişim tarihi: 17.04.2021).
- Cui, J.K., Huang, W.K., Peng, H., Lv, Y., Kong, L.-A., Li, H.X., Luo, S.J., Wang, Y. and Peng, D.L. 2017. Efficacy evaluation of seed-coating compounds against cereal cyst nematodes and root lesion nematodes on wheat. *Plant Disease*, 101: 428-433.
- Decraemer, W. and Hunt, D.J. 2013. Structure and Classification: Plant Nematology, Ed.: Perry, R.N. and Moens, M., CAB International, Wallingford, Oxfordshire, pp.: 3–39.
- d’Errico, G., Giacometti, R., Roversi, P.F., d’Errico, F.P. and Woo, S.L. 2017. Mode of action and efficacy of iprodione against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Annals of Applied Biology*, 171(3): 506-510.
- Desaeger, J., Wram, C. and Zasada, I. 2020. New reduced-risk agricultural nematicides—Rationale and review. *Journal of Nematology*, 52: 1-16.
- Devran, Z., Mıstanoğlu, İ. and Özalp, T. 2017. Occurrence of mixed populations of root-knot nematodes in vegetable greenhouses in Turkey, as determined by PCR screening. *Journal of Plant Disease and Protection*, 124: 617-630.

- Duniway, J.M. 2002. Status of chemical alternatives to methyl bromide for pre-plant fumigation of soil. *Journal of Phytopathology*, 92: 1337–1343.
- Ebone, L.A., Kovaleski, M. and Deuner, C.C. 2019. Nematicides: History, mode, and mechanism action. *Plant Science Today*, 6(2): 91-97.
- Elling, A.A. 2013. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. *Phytopathology*, 103(11): 1092-1102.
- EU Pesticide Database 2021. Türkiye Veri Servisi: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database> (Erişim tarihi: 21.01.2021).
- Faske, T.R. and Starr, J.L. 2006. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to abamectin. *Journal of Nematology*, 38(2): 240.
- Faske, T.R. and Hurd, K. 2015. Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to Fluopyram. *Journal of Nematology*, 47(4): 316-321.
- Faske, T.R. and Brown, K. 2019. Movement of seed- and soil-applied fluopyram in soil columns. *Journal of Nematology*, 51: 1–8.
- Feist, E., Kearn, J., Gaihre, Y., O'Connor, V. and Holden-Dye, L. 2020. The distinct profiles of the inhibitory effects of fluensulfone, abamectin, aldicarb and fluopyram on *Globodera pallida* hatching. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 165: 104541.
- Gutbrod, P., Gutbrod, K., Nauen, R., Elashry, A., Siddique, S., Benting, J., Dormann, P. and Grundler, F.M.W. 2018. Inhibition of acetyl-CoA carboxylase by spirotetramat causes lipid depletion and surface coat deficiency in nematodes. *bioRxiv*, 278093.
- Göze Özdemir, F.G. 2018. Bitkilerde Kök-ur (*Meloidogyne* spp.) ve Kist nematodları (*Heterodera* ve *Globodera* spp.)'nin kanser oluşum mekanizmaları. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32(1): 165-183.
- Hajihassani, A., Davis, R.F. and Timper, P. 2019. Evaluation of selected nonfumigant nematicides on increasing inoculation densities of *Meloidogyne incognita* on cucumber. *Plant Disease*, 103(12): 3161-3165.
- Hartel, P.G. and Haines, B.L. 1991. Effects of potential plant CS Emissions on bacterial growth in the rhizosphere. *Soil Biology & Biochemistry*, 24(3): 219-224.
- Hassan, M.A., Pham, T.H., Shi, H. and Zheng, J. 2013. Nematodes threats to global food security. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science*, 63(5): 420-425.
- Haydock, P.P.J., Woods, S.R., Grove, I.G. and Hare, M.C. 2013. Chemical Control of Nematodes: Plant Nematology, 2nd Edition, Ed.: Perry, R.N. and Moens, M., CABI, Wallingford, Oxfordshire, pp: 459-481.
- Hawk, T. 2019. The Effects of Seed-Applied Fluopyram on Root Penetration and Development of *Meloidogyne incognita* on Cotton and Soybean. MS Theses and Dissertations, University of Arkansas, Dept. of Plant pathology.
- Hwang, K., Eisenberg, M.L., Walters, R.C. and Lipshultz, L.I. 2013. Gonadotoxic effects of DBCP: A historical review and current concepts. *The Open Urology & Nephrology Journal*, 6: 26-30.
- IRAC, 2019. IRAC nematicide MoA classification now available. Türkiye Veri Servisi.: <https://irac-online.org/irac-nematicide-moa-classification-now-available/>.(Erişim tarihi: 02.02.2021).

- Jones, R.K. 2017. Nematode control and nematicides: developments since 1982 and future trends: Nematology in South Africa: A view from the 21st century, Ed.: Vaughan H.F., SpaulRobin, W., Jones, K., Mieke S., De Waele, D.D., Springer, Cham, pp: 129-150.
- Kang, A., Kang, J., Kaur, J. and Kaur, N. 2016. Herbicides are escalating severe public health problems but unavoidable for food security. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Science*, 6: 1–12.
- Karssen, G., Wesemael, W. and Moens, M. 2013. Root-knot nematodes: Plant Nematology, 2nd Edition, Ed.: Perry, R.N. and Moens, M., CAB International, Wallingford, Oxfordshire, pp: 73-109.
- Kearn, J., Lilley, C., Urwin, P., Connor, V.O. and Holden-dye, L. 2017. Progressive metabolic impairment underlies the novel nematicidal action of fluensulfone on the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 142: 83–90.
- Khalil, M.S. 2013. Abamectin and Azadirachtin as eco-friendly promising biorational tools in integrated nematodes management programs. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 4: 174.
- Lahm, G.P., Desaegeer, J., Smith, B.K., Pahutskia, T.F., Rivera, M.A., Meloro, T., Kucharczyka, R., Letta, R.M., Daly, A. and Smith, B. 2017. The discovery of fluazaindolizine: A new product for the control of plant parasitic nematodes. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 27: 1572–1575.
- Lopes-Caitar, V.S., Pinheiro, J.B. and Marcelino-Guimaraes, F.C. 2019. Nematodes in horticulture: An overview. *Journal of Horticultural Science and Crop Research*, 1(1): 106.
- McDougall, P. 2019. Evolution of the Crop Protection Industry Since 1960, Pathhead, Scotland, pp: 18.
- McKenry, M., Kaku, S. and Buzo, T. 2009. Evaluation of Movento (spirotetramat) for efficacy against nematodes infesting perennial crops. *Journal of Nematology*, 41: 355.
- Mıstanoğlu, İ. ve Devran, Z. 2015. Kök-ur nematodları ve konukçuları arasındaki ilişkiler. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 29(1): 37-46.
- Mıstanoğlu, İ., Kaşkavalcı, G. and Devran, Z. 2015. Identification of the economically important plant parasitic nematodes in vineyards areas of Izmir and Manisa provinces by morphological and molecular techniques. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 39(3): 297-309.
- Mordor Intelligence, 2020. Global Nematicides Market: Growth, Trends and Forecast Türkiye Veri Servisi. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/nematicides-market>. (Erişim tarihi: 17.04.2021)
- Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J. and Thielert, W. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento)– a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *Bayer Crop Science Journal*, 61: 245–278.
- Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., den Nijs, L., Hockl, S. and Tahna-Maafi, Z. 2011. Current nematode threats to world agriculture: Genomics and Molecular Genetics of Plant Nematode Interactions, Ed.: Jones, J. et al., Springer International Publishing AG, Switzerland, pp: 2223.
- Ohr, H.D., Sims, J.J., Grech, N.M., Becker, J.O. and Jr. McGiffen, M.E. 1996. Methyl iodide, an ozone safe alternative to methyl bromide as a soil fumigant. *Plant Disease*, 80: 731-735.
- Oka, Y. and Saroya, Y. 2019. Effect of fluensulfone and fluopyram on the mobility and infection of second-stage juveniles of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Pest Management Science*, 75(8): 2095-2106.

- Oka, Y. 2020. From old-generation to next-generation nematicides. *Agronomy*, 10(9): 1387.
- Opperman, C.H. and Chang, S. 1990. Plant-parasitic nematode acetylcholinesterase inhibition by carbamate and organophosphate nematicides. *Journal of Nematology*, 22(4): 481-488.
- Osman, H.A., Ameen, H.H., Mohamed, M.M., Gaweesh, S.S., Elgayar, S.H. and Elkelany, U.S. 2017. Integrated control of the nematode *Meloidogyne incognita* infecting eggplant and effects on associated weeds and crop yield; a field study. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 125–131.
- Özalp, T., Könlü, G., Ayyıldız, O. Tülek, A. and Devran, Z. 2020. First report of root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria*, on lavender in Turkey. *Journal of Nematology*, 52: 1-3.
- PAN, International Consolidated List of Banned Pesticides 2021. 5th Edition March, 2021. Türkiye Veri Servisi. <http://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/> (Erişim tarihi: 31.01.2021).
- Putter, I., Maconnel, J.G., Preiser, F.A., Haidri, A.A., Ristich, S.S. and Dybas, R.A. 1981. Avermectins: novel insecticides, acaricides and nematicides from a soil microorganism. *Experientia*, 37: 963–964.
- Qiao, K., Liu, X., Wang, H., Xia, X., Ji, X. and Wang, K. 2011. Effect of abamectin on root-knot nematodes and tomato yield. *Pest Management Science*, 68(6): 853-857.
- Rich, J.R., Dunn, R.A. and Noling, J.W. 2004. Nematicides: Past And Present Uses: Nematology – Advances And Perspectives, Volume II, Nematode Management And Utilization, Ed.: Chen, Z.X., Chen, S.Y. and Dickson, D.W., CAB International, Wallingford, pp: 1179-1200.
- Salazar-Lopez, N.J., Aldana-Madrid, M.L., Silveira-Gramont, M.I. and Aguiar, J.L. 2016. Spirotetramat-An Alternative for The Control of Parasitic Sucking Insects and Fate in The Environment: Insecticide Resistance, Ed.: Tradan, S., Intech, Croatia, pp. 41-54.
- Sánchez-Bayo, F., Tennekes, H.A. and Goka, K. 2013. Impact of Systemic Insecticides on Organisms and Ecosystems: Insecticides-Development of Safer and More Effective Technologies, Ed.: Stanislav, T., InTech, Croatia, pp: 365–414.
- Sikora, R.A. and Hartwig, J. 1991. Mode-of-action of the carbamate nematicides cloethocarb, aldicarb and carbofuran on *Heterodera schachtii* 2. systemic activity. *Revue de Nematologie*, 14(4): 531-536.
- Singh, S., Singh, B. and Singh, A.P. 2015. Nematodes: A threat to sustainability of agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 29: 215-216.
- Smiley, R.W., Marshall, J.M. and Yan, G.P. 2011. Effect of foliarly applied spirotetramat on reproduction of *Heterodera avenae* on wheat roots. *Plant Disease*, 95: 983-989.
- Sparks, T.C., Crossthwaite, A.J., Nauen, R., Banba, S., Cordova, D., Earley, F. and Wessels, F.J. 2020. Insecticides, biologics and nematicides: Updates to IRAC’s mode of action classification-a tool for resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 167: 104587.
- Thoden, T., Pardavella, I.V. and Tzortzakakis, E. 2019. In vitro sensitivity of different populations of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* to the nematicides Salibro and Vydate. *Nematology*, 21: 889–893.
- TOB, 2021. Yasaklanan bitki koruma ürünleri aktif madde listesi. Türkiye Veri Servisi. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/934/Yasaklanan-Bitki-Koruma-Urunleri-Aktif-Madde-Listesi>. (Erişim tarihi: 17.04.2021)

- TUIK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal ilaç kullanım verileri. Türkiye Veri servisi. <https://tuikweb.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi:17.04.2021).
- Umetsu, N. and Shirai, Y. 2020. Development of novel pesticides in the 21st century. *Journal of Pesticide Science*, 45(2): 54-74.
- UNEP, 1995. Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. 1995 Assessment. Nairobi, Kenya, p: 304.
- Uysal, G., Söğüt, M.A. and Elekçioğlu, İ.H. 2017. Identification and distribution of root-knot nematode species (*Meloidogyne* spp.) in vegetable growing areas of Lakes Region in Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 41(1): 105-122.
- Waisen, P., Wang, K.H. and Sipes, B.S. 2019. Effect of spirotetramat (Movento®) on hatch, penetration, and reproduction of *Rotylenchulus reniformis*. *Nematropica*, 49: 194-199.
- Wolstenholme, A.J. 2012. Glutamate-gated chloride channels. *The Journal of Biological Chemistry*, 287(47): 40232-40238.
- Yağcı, M. ve Kaşkavalcı, G. 2018. Ege bölgesi şeftali alanlarında görülen kök-ur nematodu türleri (*Meloidogyne* spp.)'nin belirlenmesi ve yayılışının saptanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(3): 305-310.
- Zasada, I.A., Halbrecht, J.M., Kokalis-Burelle, N., LaMondia, J., McKenry, M.V. and Noling, J.W. 2010. Managing nematodes without methyl bromide. *Annual review of phytopathology*, 48: 311-328.
- Zhang, D., Ji, X., Meng, Z., Qi, W. and Qiao, K. 2019. Effects of fumigation with 1, 3-dichloropropene on soil enzyme activities and microbial communities in continuous-cropping soil. *Ecotoxicology and environmental safety*, 169: 730-736.
- Zhang, D.X., Liu, G., Jing, T.F., Luo, J., Wei, G., Mu, W. and Liu, F. 2020. Lignin-modified electronegative epoxy resin nanocarriers effectively deliver pesticides against plant Root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(47): 13562-13572.



Uçucu Yağların Tarımsal Hastalık ve Zararlılara Karşı Kullanımı^A

Lütfi NOHUTÇU^{1*}, Ezelhan ŞELEM², Rüveyde TUNÇTÜRK³, Murat TUNÇTÜRK⁴

Öz: Artan dünya nüfusuna paralel olarak besin ihtiyacı artmış ve mevcut tarım alanlarından daha fazla verim elde edilmesi yoluna gidilmiştir. Yapılan yoğun üretimler beraberinde hastalık ve zararlılarda artışlara sebebiyet vermiştir. Son yıllarda artan hastalık ve zararlılar ile mücadelede özellikle konvensiyonel üretimde çözüm kimyasal mücadele olarak görülmekte iken bu durum çevre kirliliğine ve beraberinde besin zincirinde kalıntılara sebep olur. Bu kalıntılar canlılar üzerinde toksisite veya değişik olumsuz etkiler ortaya çıkarabilmektedir. Buna karşın bitkisel üretimde kimyasal girdileri minimuma indirmek amacıyla alternatif mücadele yöntemlerine yönelim olmuştur. Bu yöntemlerden birisi de uçucu yağların tarımsal hastalık ve zararlılara karşı kullanılması olmuştur. Bitkiler aleminde mevcut bitki türlerinin yaklaşık 1/3'ü uçucu yağ içermektedir. Ülkemizin bitki biyoçeşitliliği göz önüne alındığında uçucu yağ içeren bu bitkilerin sürdürülebilir tarım uygulamaları ile mücadeleye dahil edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada uçucu yağların herbisit, insektisit, akarisit, nematisit, antifungal, antibakteriyel ve antiviral olarak kullanım olanakları ve elde edilen sonuçlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Esansiyel yağ, pestisidal etkiler, tarımsal hastalık ve zararlılar, mücadele.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Lütfi NOHUTÇU, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, lutfinohutcu@yyu.edu.tr, [OrcID 0000-0003-2250-2645](https://orcid.org/0000-0003-2250-2645)

² Ezelhan ŞELEM, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, ezelhanslem@hotmail.com, [OrcID 0000-0003-4227-5013](https://orcid.org/0000-0003-4227-5013)

³ Rüveyde TUNÇTÜRK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, ruveydetuncurk@yyu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-3759-8232](https://orcid.org/0000-0002-3759-8232)

⁴ Murat TUNÇTÜRK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, murattuncurk@yyu.edu.tr, [OrcID 0000-0002-7995-0599](https://orcid.org/0000-0002-7995-0599)

Use of Essential Oils Against Agricultural Diseases and Pests

Abstract: The need for food and agricultural production has been increased with the population increasing and targeted more efficiency from agricultural areas. The intensive production have also caused an increase in diseases and pests. Chemical control of diseases and pests is the most conventional method used in agricultural systems but causes soil pollution as well as toxic materials accumulation in the food chain. So, researchers focused on alternative methods to minimize using of chemicals. One of these alternative methods is using of essential oils in agricultural diseases and pests control. It is assumed that nearly 1/3 of the total plant families contain essential oils. Considering the high plant biodiversity in Turkey, using their essential oils are very important in sustainable disease and pest management practices. In this study, the possibility of using different essential oils as herbicide, insecticide, acaricide, nemacid, fungicide, bactericide and viricide as well as expected results was studied.

Keywords: Essential oil, pesticide effects, agricultural disease and pests, control.

Giriş

Tarım, nüfusun büyük bir kısmını istihdam eden, onların ve diğer canlıların besin ihtiyacını karşılayan, sanayi sektörüne hammadde sağlayan, milli ekonominin büyük bir kısmını oluşturan bir faaliyet alanıdır (Bayar, 2018). Nüfus artışına paralel olarak tarım ürünlerine talep de artış göstermiştir (Eryılmaz ve ark., 2019). Konvansiyonel tarım uygulamaları ile yapılan tarımsal faaliyetlerde verimde artışlar sağlanırken, beraberinde çevre ve insan sağlığı açısından pek çok olumsuz etkiler de ortaya çıkmıştır. Doğadaki kirliliğin esas nedeni antropojenik yani insan kaynaklıdır. Bu durum, insan tarafından bilinçsizce kentleşmenin yanında, tarım ve sanayi faaliyetlerinin yer altı ve yer üstü kaynaklarını hızla yok etmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu faaliyetler, çevre kirliliği, biyoçeşitliliğin azalması, küresel ısınma ve ozon tabakasının delinmesi gibi geri dönüşü mümkün olmayan sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Özgür ve Börüban, 2019). Tarım alanlarında negatif değişimler oldukça fazladır. Birim alandan alınacak verim ve kaliteli ürün miktarındaki artışı sağlamak yerine, çayır ve meralar tarım alanlarına katılmakta veya tarım dışı amaçlar için (sanayi, kentleşme vb.) kullanılmaktadır (Bayar, 2018).

Günümüzde modern çevrecilik anlayışı ile doğanın sınırsız bir üretim kaynağı olmadığı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının ön plana çıktığı görülmektedir. Yüksek girdiler ile yapılan konvansiyonel tarıma karşın girdilerin kontrollü olarak minimal düzeyde tutulduğu iyi tarım uygulamalarının kullanılması önem taşımaktadır. Konvansiyonel tarımda yoğun kimyasal uygulamalarının olumsuz etkileri göz önüne alındığında yapılacak olan alternatif mücadele yöntemleri tarımsal üretimde büyük önem taşımaktadır (Eryılmaz ve ark., 2019). Tarımsal üretimlerde kimyasal girdilerin en fazla hastalık ve zararlılar ile mücadelede kullanıldığı görülmektedir. Pestisitlerin kullanımından kaynaklanan sorunların önüne geçmek amacıyla biyolojik mücadeleye yönelim söz

konusudur. Yapılacak olan biyolojik mücadelede mevcut yöntemlerin geliştirilmesi veya yeni yöntemlerin araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Topuz, 2005). Bu alternatif mücadele yöntemlerinde bitki uçucu yağları ve bitkisel ekstraktlar yer almaktadır. Günümüzde bitkiler alemi yaklaşık 300 familya ile temsil edilmekte ve bunların 1/3'ü uçucu yağ içermektedir. Uçucu yağ içeren türlerin bulunduğu önemli familyalar Asteraceae, Apiaceae, Brassicaceae, Compositaceae, Chenopodiaceae, Cupressaceae, Lauraceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Ridaceae, Rutaceae, Rosaceae, Pineaceae, Poaceae ve Zingiberaceae'dir (İşcan ve ark., 2002; Kesdek ve ark., 2015). Tıbbi ve aromatik özellikteki bu bitkilerin uçucu yağ oranları %0,01 ile %10 oranında değişmektedir (Yeşilbağ, 2007). Uçucu yağlar kozmetik, gıda, parfümeri gibi alanlarda katkı maddesi, koruyucu, koku ve dezenfektan özelliğinden kaynaklı sıkça tercih edilmektedir. Yapılan çalışmalarda 200 civarı bitki türünün pestisit olarak kullanılma potansiyeli olduğu fakat günümüzde bunun sadece %1 oranının değerlendirildiği bildirilmiştir (Isman, 2000).

Tarımsal üretimde hastalık ve zararlılar ile mücadelede uçucu yağların kullanımı konusunda çok sayıda araştırmacı olumlu sonuçlar elde etmiştir (Yamanel ve Çakır, 2004; Kordalı ve ark., 2007; Öztekin, 2009; Bezić ve ark., 2011; Kesdek ve ark., 2015; Aktepe ve ark., 2019; Elçi ve Ünlü, 2019; Synowiec ve ark., 2019; Alkan, 2020; Erol ve Birgücü, 2020; Oyedeji ve ark., 2020; Plata-Rueda ve ark., 2020; Werrie ve ark., 2020). Kimyasalların yan etkilerinden kaynaklı alternatif mücadele yöntemleri önem kazanmış ve uçucu yağların kullanımı ön plana çıkmıştır. Yapılan çalışmada uçucu yağların kullanım alanları, yaygın olarak kullanılan türler, mücadelede faydalanılan etken maddeler vb. hakkında bilgiler verilmiştir.

Uçucu Yağların Özellikleri, Kimyasal Yapısı ve Elde Edilme Yöntemleri

Genellikle kokulu olduklarından esans, uçucu veya eterik yağ olarak isimlendirilmektedirler. Bitkilerin değişik kısımlarında (çiçek, yaprak, tomurcuk, tohum, meyve, sap, kök, yumru vs) farklı oranlarda bulunmaktadır (Murbach Teles Andrade ve ark., 2014). Etkili bir kullanım için uçucu yağın ilgili bitkinin en fazla bulunan aksamından üretilmesi gerekmektedir.

Uçucu yağlar bitkilerden izole edilme şekillerine göre dört ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar; Soğuk sıkım (mekanik), Distilasyon (su, buhar, vakum ile), Süper kritik CO₂ ekstraksiyonu (basınç ve sıcaklık altında) ve Anfloraj (sabit yağda) yöntemleridir (Evren ve Tekgüler, 2011; İşcan, 2020). Etken maddeyi en verimli şekilde elde edebilmek amacıyla farklı yöntemler geliştirilmiş ve elde edilen yağların ışık geçirmeyen cam şişelerde +4 C de muhafaza edilmeleri önerilmiştir (Topuz ve Madanlar, 2006).

Eterik yağ içeren bitkiler alkaloid, flavonoid ve terpenoid gibi biyoaktif bileşenlerce zengin olup biyolojik mücadelede, hastalık (antiviral, antimikrobiyal ve antifungal) ve zararlılar (ovisit, insektisit, beslenmeyi, çoğalmayı ve gelişmeyi engelleyici, uzaklaştırıcı toksik etki,) üzerinde etki gösterdiği belirtilmiştir (Topuz, 2005; Yeşilbağ 2007; Kordalı ve ark., 2007; Yaylı, 2013). Ana bileşenlerinin terpenler olmasından kaynaklı uçucu yağlar birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Önemli biyoaktif terpenlerin timol, karvakrol, limonen, α -pinen, sitral ve geraniol olarak ön plana çıktığı görülmektedir (Yaylı, 2013).

Uçucu yağ içeren türlerde bulunan ve yoğun olarak faydalanılan uçucu yağ bileşenleri mentol, linalil oksit, kuminol, γ -terpinen, 4-allilanol, metilheptan, 1-bornil asetat, piperiton, karvakrol, linalol, 2-dekanol, öjenol, sitronellool, d-limonen, farnesol, karvon, β -pinen, geranil ester, fenkon, geraniol, dihidrokarvon, α -pinen, vanilin, kuminil aldehit, sitronellal, timol, linalil ester, nerol, izopulegol, kuminil alkol, 2-heptanol, kamfen, sitral, izoborneol, izomenton, trans-anetol ve borneol olup türlere göre değişiklik göstermektedir (Orhan ve ark., 2012). Uçucu yağların yapılarında bulunan bileşenler hastalık ve zararlılar üzerinde farklı şekillerde etki etmekte ve gelişimlerini inhibe etmektedir. Bitkilerden sentezlenen bu sekonder metabolitler sayesinde fungus, bakteri ve nematod gibi organizmalara karşı bitkinin direnci artmaktadır. Ayrıca allelopatik özelliğinden kaynaklı bitki rakabetten kaçınır ve herbivorlara karşı korunma sağlamış olur (Anonim, 2020a). Dokulardaki bu yağlar hücreler arası bilgi taşınımında rol oynarlar. Ayrıca bünyelerinde hormon da ihtiva ederler. Uçucu yağ içeren bitkilerin savunma sistemlerinin daha gelişkin olduğu ve oksijenin taşınımında rol aldığı belirtilmiştir (Ceylan, 1997; Dönmez, 2005).

Uçucu Yağların Tarımsal Hastalık ve Zararlılardaki Kullanım Amaçları

Uçucu yağlar hastalık ve zararlılar ile mücadelede farklı pestisidal etkiler için kullanılmaktadır. Sunulan bu çalışmada bunlar; herbisit, insektisit, akarisit, nematisit, antifungal, antibakteriyel ve antiviral olarak değerlendirilmiştir

Herbisit olarak kullanılması

Yabancı otlar kültür bitkileri ile rekabete girmesi, hızlı büyüme kabiliyeti, yüksek adaptasyon ve bazılarının allelopatik etki göstermesinden kaynaklı yetiştiricilik alanında verim ve kalitede düşümlere neden olmaktadır. Yabancı ot mücadelesinde genellikle kimyasal mücadele öne çıkmakta, bu amaçla da farklı herbisitler kullanılmakta ve kullanılan bu kimyasallardan dolayı da hem çevre hem de insan sağlığı zarar görmektedir (Özen ve ark., 2017). Özellikle son dönemlerde üretilen herbisitlere karşı, dayanıklılık geni aktarılmış transgenik bitkilerden kaynaklı herbisit kullanımı ciddi oranlarda artış göstermiştir (Klümper and Qaim, 2014; Hatipoğlu, 2016).

Yabancı ot mücadelesinde çevre dostu uygulamaların öneminin anlaşılmasıyla birlikte son dönemlerde çok sayıda araştırmacı bu yöntemlere eğilmiş, özellikle bitkisel kökenli ekstraktlar ve uçucu yağlar ile yapılan mücadele yöntemleri ön plana çıkmıştır. Eterik yağların bitki gelişimi üzerindeki allelopatik etkisinden ve doğada kimyasal herbisitlere kıyasla kolay parçalanabilir olmasından kaynaklı herbisitlere alternatif bir üründür. Uçucu yağların herbisit olarak kullanılmasında kültür bitkilerini etkilememesi, yabancı otların büyüme ve gelişimini engellemeleri beklenmektedir (Özen ve ark., 2017).

Allium sativum L. (Liliaceae), *Allium cepa* L. (Liliaceae), *Origanum dubium* L. (Lamiaceae) türlerinin uçucu yağları *Rumex crispus* L. (Polygonaceae), *Amaranthus retroflexus* L. (Amaranthaceae), *Physalis angulata* L. (Solanaceae), *Sinapis arvensis* L. yabancı ot tohumlarının çimlenmeleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda kullanılan bitki uçucu yağlarının yabancı ot tohumlarının çimlenmelerinde düşüşlerin yaşandığı artan dozlarda ise çimlenmenin tamamen engellendiği görülmüştür (Aydın ve Tursun, 2010).

Uçucu yağlarının doğal allelopatik etki göstererek gelişimini engellediği yabancı otların araştırıldığı farklı çalışmalarda; *Eucalyptus globulus* uçucu yağının *Amaranthus blitoides*, *Cynodon dactylon* (Poaceae)'da, *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae), *Ambrosia polystachya* (Asteraceae) uçucu yağının *Lactuca sativa* L. (Asteraceae)'da, *Foeniculum vulgare* (Apiaceae), *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Carum carvi* (Apiaceae), uçucu yağının *Lathyrus annuus* (Fabaceae), *Vicia villosa* (Fabaceae)'da, *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae), *Lavandula angustifolia* L. (Lamiaceae), *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) uçucu yağının *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Poaceae)'da, *Foeniculum vulgare*, *Cymbopogon citratus* (Poaceae), reyhan ve *Fructus ammiunisnagae* (Apiaceae) uçucu yağının *Trifolium resupinatum* (Lamiaceae), *Lotus corniculatus* (Fabaceae) ve *Phaselia tanacetifolia* (Boraginaceae)'da, *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) ve *Citrus bergamia* Risso et Poiteau (Rutaceae) uçucu yağının *Amaranthus retroflexus* L., *Convolvulus arvensis* L. (Convolvulaceae) ve *Rumex crispus* L.'da etkili olduğu bildirilmiştir (Rahimi ve ark., 2013; Rassaeifar ve ark., 2013; Miranda ve ark., 2014; Yazlık ve Üremiş, 2015; Öner ve ark., 2017; Usanmaz Bozhüyük ve Kordali, 2020).

Nepeta transcaucasica Grossh. (Lamiaceae) esansiyel yağının (nepetalakton oranı %93.75) kültür bitkileri (Poaceae; *Hordeum vulgare*, *Zea mays*, *Triticum aestivum*) ve yabancı otlarda (*Onopordium acanthium* (Asteraceae), *Cynodon dactyloni* (Poaceae), *Amaranthus retroflexus*) tohum çimlenmesi ve fide büyümesindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada tüm konsantrasyonların (0, 2, 5, 10 ve 20 µL/L) yabancı otlarda α-Amilaz aktivitesini etkileyerek çimlenmeyi geciktirdiği hatta önemli oranda inhibe ettiği belirtilmiştir. Kültür bitkilerinin hafif inhibe olduğu ve *N. transcaucasica* Grossh türünün esansiyel yağının doğal herbisit olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Karakuş ve ark., 2019).

Karvakrol (55.6%) and γ-Terpinene (31.9%) içeriği yüksek olan *Satureja hortensis* (Lamiaceae)'in uçucu yağının *Amaranthus retroflexus* ve *Chenopodium album* (Amaranthaceae)'a karşı herbisit aktivitesi değerlendirilmiş kök uzunluğunun sürgün uzunluğuna kıyasla gelişiminin daha fazla engellendiği, klorofil içeriğini azalttığı ve membran zararlanmalarının olduğu görülmüştür. *S. hortensis*'in uçucu yağının yüksek fitotoksik etkiye sahip olduğu, yabancı otların çimlenmesine, büyümesine ve fizyolojik süreçlerine etki ettiği görülmüş ve organik tarım sistemlerinde yabancı ot kontrolünde umut verici bir biyoherbisit olabileceği kanısına varılmıştır (Hazrati ve ark., 2017). Terpen bileşiklerinden herbisit olarak kullanılma potansiyeli yüksek olan monoterpenoidler çimlenmeyi ve gelişmeyi engellediğinden en fazla çalışılan grup olmuştur. Herbisit olarak kullanılacak önemli monoterpenler bazıları tujon, kamfor, mirsen, sitronello, öjenol, karvakrol, linalol, linalil asetat, geraniol, limonen, mentol ve 1,8-sineol'dür (Aydın ve Tursun, 2010; Baydar, 2013).

Nanoherbisit olarak değerlendirilen uçucu yağlar yabancı otların kontrolünde, sentetik herbisitlerin neden olduğu toksit etkileri ve çevre kirliliğini azaltmak için çağdaş bir yöntem olarak görülmektedir. Bu doğrultuda uçucu yağların yabancı ot kontrolündeki kullanımının artış gösterdiği görülmektedir.

İnsektisit olarak kullanımı

Pestisitlerin bir alt kolu olan insektisitler zararlı olan böcekler ile mücadelede kullanılmaktadırlar (Yamanel ve Çakır, 2004). Son yıllarda kullanılan insektisit miktarındaki artışlardan kaynaklı zararlılarda dayanıklılık, çevrede kirlilik ve kimyasal kalıntı gibi sorunların ortaya çıkmasıyla sentetik insektisitlere alternatif olabilecek yöntemlerin arayışına girilmiştir (Aydın ve Mammadov, 2017). Alternatif bir mücadele yöntemi olan uçucu yağların zararlılar üzerinde önemli etki yaptığı görülmüştür. Zararlılara karşı toksik, antifeedant, repellent ve gelişmeyi engelleyici etkilerinin olduğu belirlenmiş ve tarımsal üretimde kullanım potansiyeli olduğu vurgulanmıştır (Pavela, 2014; Khan ve ark. 2017; Şanlı ve ark., 2020).

İnsektisit olarak kullanıma potansiyeli olan 2000’i aşkın bitki türünün olduğu bilinmesine karşın pratikte çok azı değerlendirilmektedir (Öncüer, 1995). Uçucu yağların zararlılar üzerindeki etki mekanizması doğrudan püskürtme (kontakt etki) veya solumun yoluyla olmakta ve özellikle depo zararlılarında fumigasyon yöntemi tercih edilmektedir (Backer ve ark., 2003; Göktürk ve ark., 2020). İnsektisit olarak kullanımı çok eski dönemlere kadar uzanan nikotin oldukça toksik olup thrips, yaprak biti, akar gibi zararlıların mücadelesinde kullanılmaktadır. *Annona squamosa* (Annonaceae) (Hint ayvası) tohumu bir asetogenin olup böceklerde toksiktir (Şanlı ve ark., 2020). Neem ağacı tohumlarının etken maddesi salannin ve azadiractin olup oldukça etkili bir insektisittir (Banken ve Stark., 1997). Krizantem bitkisindeki monoterpen esterlerin önemli derecede insektisit, *Cymbopogon nardus* (L.) uçucu yağının sinekler üzerinde repellent, *Azadirachta indica* (Poaceae) uçucu yağının ise böceklerde doğurganlığı azalttığı, öldürücü, gelişmeyi engellediği, repellent ve kısırlaştırıcı olduğu bildirilmiştir (Öztekin, 2009). Şanlı ve ark., (2020) yaptıkları çalışmada sera beyaz sineği nimfleri ile mücadelede biberiye uçucu yağının nimflerin %46,3’ünü öldürdüğünü belirtmişlerdir. Erler ve ark. (2009) mantar sineğine karşı *Teucrium divaricatum* Sieber (Lamiaceae), *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae), *Inula viscosa* L. (Asteraceae), *Origanum onites* L., *Pimpinella anisum* L. (Apiaceae) türlerinin toksik etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. *Melia vollkensis* (Meliaceae)’nin Coleoptera, Diptera ve Lepidoptera zararlılarına karşı içerdiği limonoid etken maddesi sayesinde toksik etki gösterdiği ortaya konmuştur (Şanlı ve ark., 2020).

Foeniculum vulgare, *Origanum majorana*, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Echinacea purpurea* (Asteraceae) ve *Laurus nobilis* (Lauraceae) bitkilerinin uçucu yağlarının depo zararlısı olan *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae) ve *Sitophilus granarius* (Curculionidae)’a karşı etkisi araştırılmış, *O. basilicum* uçucu yağının 24 saat sonunda %99,59 *Echinacea purpurea*’nın 72 saat sonunda %99,59 oranında *S. granarius*’a karşı öldürücü olduğu rapor edilmiştir. Yapılan tek doz fumigant aktivite testlerinde *R. officinalis* uçucu yağı 24 saatin sonunda *S. granarius*’ta %58,41, *F. vulgare* uçucu yağının ise *T. castaneum*’da %100’lük aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca tüm uçucu yağların repellent etki gösterdiği ve F₁ döl verimini önemli ölçüde azalttığı vurgulanmıştır (Teke, 2019). Zhank ve ark., (2019), ana bileşenlerini verbon, terpinen-4-ol, terpinilyl asetat, kamfen, ve a-terpineol’ün oluşturduğu *Artemisia figida* (Asteraceae) uçucu yağının *Liposcelis bostrychophila* (Liposcelididae), *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae) ve *Lasioderma serricornis* (Ptinidae) zararlılarına karşı fumigant aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Lavender, Citronella, Camphor Eucalyptus, Wintergreen Geranium, Rosemary, Vetiver ve Lemon uçucu yağlarının *Sitophilus oryzae* (Dryophthoridae)’e

karşı repellent ve fumigant etkileri araştırılmış ve tüm türlerin repellent etki gösterdiği sonucuna varılmıştır (Jayakumar ve ark., 2017).

Pamuk, keten, susam, haşhaş ve zeytin bitkilerinin yağları su ve arap sabunu ile karıştırılarak, doğrudan böceklere karşı kullanılmış ve etkili sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan başka çalışmada sarımsak yağının *Trigoderma granarium* (Hypocreaceae)'a da, okaliptüs, anason ve kimyon yağının *Aphis gossypii* (Aphididae)'e üzerinde etkili olduğu bulunmuştur (Hekimoğlu ve Altındeğer, 2006).

Akarisit olarak kullanımı

Akarlar, bitkilerde yaprakların öz suyunu emerek klorofilin parçalanmasına neden olarak fotosentez yapımını engeller ve çoğunlukla bitkinin kurumasıyla sonuçlanan zararlanmalara sebebiyet verirler (Kumral ve Kovancı, 2004). Bu zararlıların yaşam döngülerinin kısa olması ve hızlı üremelerinden kaynaklı diğer zararlılara nispeten sentetik akarisitlere karşı hızlı direnç göstermektedirler. Ayrıca seçilen akarisitlerin selektif olmaması predatör olan türleri de ortadan kaldırmakta ve zararlının yüksek popülasyonlara ulaşmasına ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Topuz ve Madanlar, 2006).

Akarlar ile mücadelede kimyasal kullanımında türlerin sentetik piretroitlere karşı bağışıklık kazanmalarından dolayı başarılı sonuçlar elde edilememiş ve bu durumdan kaynaklı bitkisel çözüm yollarına başvurulmuştur (Tutkun, 2016). Kimyasal akarisitlerin yoğun kullanımından kaynaklı dirençli popülasyonların ortaya çıkması alternatif yolların ortaya çıkmasını sağlamış ve uçucu yağlar ile yapılan mücadele ön plana çıkmıştır (Whalon ve ark., 2018).

Akarlarla yapılan mücadelede özellikle *Varroa* (Varroidae) cinsinde *Tyhmus spp.* (Lamiaceae), *Hyssopus officinalis* L. (Lamiaceae), *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae), *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Mentha piperita* (Lamiaceae) uçucu yağlarının etkili olduğunu belirtilmiştir (Demirel ve ark., 2019). *V. destructor*' da kekik ve karanfil uçucu yağlarının etkisi araştırılmış ve etkili sonuçlar alınmıştır (Sabahi ve ark., 2017). Timol, ökaliptol, karvakrol, felladren ve mirsen uçucu yağ bileşiklerinin ikili kombinasyonlarının *V. destructor* gelişimi üzerine olan etkileri araştırılmış ve timol- felladren kombinasyonunun akarlarda öldürücü olduğunu ortaya koymuştur (Brasesco ve ark., 2016). %2'lik *Origanum vulgare* uçucu yağının *V. destructor* gelişimini %100 engellediği belirlenmiştir (Ariana ve ark., 2002). Ayrıca %20 kanola yağı ile 4.8g/lt timol karışımının da *V. jacobsoni* akarını %79 oranında etkilediği görülmüştür (Whittington ve ark., 2000). Benzer şekilde *Thymus satureioides* ve *Origanum elongatum* bitkilerden elde edilen uçucu yağların karışımında karvakrol ve borneol etken maddelerinin aralarında bir sinerji olduğu ve en etkili sonucun iki türün karışımından elde edildiği belirtilmiştir (Ramzi ve ark., 2017).

Tetranychus urticae (Tetranychidae)'ye karşı uçucu yağların akarisidal etkisi üzerine yürütülen başka bir çalışmada, α - terpineol, 1,8-sineol, geraniol ve verbenol'ün 10.000 ppm çözeltilisinin uygulamasının 24. saatinin sonunda %100 ölüm sağlanırken; sitronellol ve kavrakrol'ün daha düşük konsantrasyonlarında aynı etkiyi gösterdikleri görülmüştür. Akarisidal etkiye sahip bileşenlerin başında terpinen-4-ol, karvomentol, kavrakrol, klorotimol, karvon, geraniol, timol, sitronellol, perilil alkol ve öjgenol geldiği rapor edilmiştir (El Gengaihi ve

ark., 1996; Lee ve ark., 1997). Topuz ve Madanlar, (2006) yaptıkları çalışmada *Foeniculum vulgare* Miller, *Mentha pulegium* L., *Vitex agnus-castus* L. (Lamiaceae), *Schinus molle* L. (Anacardiaceae), *Pistacia terebinthus* L. (Anacardiaceae) türlerinin uçucu yağlarının *Tetranychus cinnabarinus* Boisd. (Tetranychidae) akarına karşı repellent etkisi araştırılmış *F. vulgare*, *M. pulegium* ve *S. molle* uçucu yağlarının %50'nin üzerinde başarı gösterdiği belirtilmiştir. Repellent etkinin *V. agnus-castus* türünün 1 ml/l dozunda %85 oranında görüldüğü rapor edilmiştir. Kesdek ve ark. (2019), *Artemisia dracunculus* L., *Satureja hortensis* L., *Thymbra spicata* L. (Lamiaceae), *Tanacetum argyrophyllum* C. Koch (Asteraceae) ve *Tanacetum balsamita* L. bitki türlerinden elde edilen uçucu yağların, 5, 10 ve 20 µL/petri dozlarında uygulamalarında, *T. cinnabarinus* erginleri üzerinde 96 saat sonra %62,6 ile %100 arasında ölümlere yol açtıklarını kaydetmişlerdir. Ayrıca nane, çam, tarçın ve kimyon yağlarının da akarisit olarak biyo-akarisit ilaçlarında kullanılabileceği belirtilmiştir (Anonim, 2020b). Kırmızı örümceklere karşı bitki uçucu yağlarının akarisidal etkisi üzerinde pek çok çalışma bulunmasına karşın *Tetranychus cinnabarinus*'a karşı çalışmaların biraz daha sınırlı olduğunu belirlenmiştir (Attia ve ark., 2011; Sik Roh ve ark., 2011; Motazedian ve ark., 2012; Ebadollahi ve ark., 2014; Mermer Doğu ve Zobar, 2014; Kheradmand ve ark., 2015; Shahrima Tasnin ve Khalequzzaman, 2016; Kesdek ve ark. 2019).

Uçucu yağların akarisit olarak kullanılma potansiyeli olduğu ve yapılacak çalışmalar ile kimyasal akarisitlere kıyasla alternatif mücadele yöntemlerinden uçucu yağların kullanımının etkili olduğu görülmüştür. Yapılan literatür taramalarında akarisitlere karşı uçucu yağlar ile yapılan mücadele yönteminde yeterince araştırmanın olmadığı, bu hususta yapılacak olan çalışmaların literatürü zenginleştireceği ön görülmüştür.

Nematisit olarak kullanımı

Tarımsal uygulamalarda verim ve kalite kayıplarına neden olan nematodlar ile mücadelede çoğunlukla kimyasal mücadele yöntemleri kullanılmaktadır. Dünya genelinde geniş bir yayılım alanına sahip olan nematodların yaklaşık 4000 türünün bitki paraziti olduğu ve tarımsal üretimde %35-40 oranında ürün kaybına neden oldukları bildirilmiştir (Maggenti, 1991; Williamson ve Gleason, 2003). Botanik pestisitler olarak da adlandırılan herbal nematisitler; asetlenler, yağ asitleri, alkaloidler, fenolikler, politeniller, karboksilik asitler, terpenoitler ve glukozinolat türevi olan bileşikler içermekte ve nematisit etki gösteren bitkilerin büyük çoğunluğunun Meliaceae, Asteraceae, Compositae, Brassicaceae ve Fabaceae familyalarında yer aldığı belirtilmiştir (Chitwood, 2002; El-Badri ve ark., 2008; Tan, 2011). Uçucu yağlardan nematisit olan majör kimyasal bileşikler timol, karvakrol, pulegon, geranial, anethol, limonen ve artemisia ketondur (Oka ve ark., 2000). *Azadirachta indica* türünün thionemon ve o-margosine, furano-triterpenoid, 2- bitienil, asetlenik tiofen 5-(3-buten-1inil)-2 etken maddelerinin *Meloidogyne javanica* (Heteroderidae) ve *Tylenchulus semipenetrans* (Heteroderidae) nematodları üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2004; Oka ve ark., 2007; Cristobal Alejo ve ark., 2006). *Melia azedarach* uçucu yağının *Meloidogyne incognita* nematodunda nematisit etki yaptığı belirlenmiştir (Ntalli ve ark., 2009). *Paeonia noutan* (Paeoniaceae), *Perilla frutescens* (Lamiaceae), *Boswellia carterii* (Burseraceae), *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae), *Boswellia integrifolia* (Burseraceae), *Thymus vulgaris* uçucu yağının nematisit etkisi araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Choi ve ark., 2007; El-Badri ve ark., 2008).

Özdemir ve ark. (2021), Apiaceae familyasına ait 12 farklı bitki türünün uçucu yağının kök lezyon nematodlarına (*Pratylenchus thornei* (Pratylenchidae), *P. penetrans* ve *P. neglectus*) karşı nematisidal etkilerini incelenmiştir. Uçucu yağ uygulamalarına bağlı olarak gerçekleşen nematod ölüm oranları *P. thornei* türünde % 33.7-85, *P. penetrans* türünde % 23.7-66.7 ve *P. neglectus* türünde % 24.3-64.7 arasında bulunmuştur. Uçucu yağların nematisidal etkileri kök lezyon nematodu türüne bağlı olarak değişiklik göstermiş, *P. penetrans* türünde *Foeniculum vulgare* Miller, *P. thornei* türünde *Ferulago cassia* Boiss, *P. neglectus* türünde ise *Coriondrum sativum* L. uçucu yağları diğer uygulamalardan daha yüksek etkinlik göstermiştir. Avato ve ark. (2017), in vitro koşullarda yürüttüğü çalışmada 15 mg/ml *Rosmarinus officinalis* uçucu yağının 96 saat sonra *Pratylenchus vulnus* ölüm oranının % 75'e yükseldiğini rapor etmiştir.

Uçucu yağlar ile muamele edilmiş nematodlarda yumurta açılımı, larva hareketi ile ölümüne olan etkilerinin araştırıldığı çok sayıda araştırma yapılmış ve önemli sonuçlar elde edilmiştir (Oka ve ark., 2000; Ntalli ve ark., 2011; Andres ve ark., 2012; Aydın ve Mennan, 2018; Çetintaş ve Kara, 2016; Kepenekçi ve ark., 2017; Dura ve ark., 2018; Aydın ve ark., 2019).

Fungusit olarak kullanımı

Sentetik fungusitlerin kullanımını azaltmak amacıyla alternatif yöntemler geliştirilmiş ve kimyasal kullanımı en aza indirmek amacıyla çevre dostu antifungal ajanlar geliştirilmiştir (Şesan ve ark., 2015; Yılmaz ve ark., 2016). Çevre dostu antifungal ajanlardan olan uçucu yağlar lipofitik olup fungusun hücre zarında değişimlere sebep olur ve hifin zar yapısını bozarak iyon sızıntılarına neden olurlar (Taweekaisupapong ve ark., 2012).

Yapılan çalışmalarda çok sayıda bitki türünün uçucu yağlarının fungusit olarak değerlendirilme potansiyeli araştırılmış ve etkili sonuçlar elde edilmiştir. Karanfil ve hint yağının hıyarda mildiyö şiddetini azalttığı (Mohamed ve ark., 2016), *Thymra spicata* L. ve *Rosmarinus officinalis* L. uçucu yağının *Monilia fructigena* miselyum gelişimini engellediği artan dozlarının ise tamamen gelişimi inhibe ettiği ortaya konmuştur (Yılar ve Bayer, 2018). *S.absconditiflora* bitkisinden elde edilen uçucu yağında *Fusarium oxysporum* F. sp. *radicis-lycopersici*, *Aspergillus niger*, *Ascochyta rabiei*, *Alternaria solani*, *Monilia laxa*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Penicillium italicum* ve *Botrytis cinerea* türlerinde fungal gelişimi engellediği bildirilmiştir (Yılar ve Kadioğlu, 2016; Yılar ve ark., 2018).

Laurus nobilis L., *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) ve *Foeniculum vulgare* Mill. türlerinin uçu yağlarının *Sclerotinia sclerotiorum* fungusuna karşı etkinliği araştırılmış ve *Foeniculum vulgare* Mill. uçucu yağının yüksek antifungal etki gösterdiği ve R^{3/4}D^{1/4} ile R^{3/4}M^{1/4} karışımlarının 0.4 µg/ml'de misel gelişimini tamamen durdurduğu vurgulanmıştır (Türkmen, 2019). Soylu ve ark. (2007), rezene ve kekik uçucu yağlarının *Sclerotinia sclerotiorum*'un topraktaki gelişimini inhibe ettiği ve canlı fide sayısında % 53.3 ve % 69.8 oranında artış sağladığı ve biyofungusit olarak kullanılabilirliğini belirtmiştir.

Yapılan bir çalışmada sekiz fungus (*Alternaria alternata*, *Drechslera hawaiiensis*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Fusarium nivale*, *F. semitectum*, *F. oxysporum*, *F. moniliforme*) türüne karşı *Nigella sativa* (Ranunculaceae), *Azadirachta indica*, *Ferula assafoetida* (Apiaceae) uçucu yağlarının etkileri araştırılmış ve değişen oranlarda

antifungal etki gösterdikleri rapor edilmiştir (Sitara ve ark. 2008). *Ocimum gratissimum* uçucu yağının *Cryptococcus* spp., *Candida* spp., *Microsporum* spp., *Aspergillus* spp., *Trichophyton* spp., *Sporothrix* spp., ve *Malassezia* spp. fungusları üzerinde yüksek antifungal etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur (Mohr ve ark., 2017; Waller ve ark., 2017). *Lavandula stoechas* uçucu yağının ana bileşeni olan fenhone (68.2%) ve camphor (11.2%) maddelerinin türün antifungal etki gösteren bileşeni olduğu rapor edilmiştir (Bouzouita et al., 2005).

Yapılan çalışmalarda *Syzygium aromaticum*, *Salvia triloba* (Lamiaceae), *Lavandula angustifolia* Mill., *Thymus vulgaris* L., *Laurus nobilis*, *Cuminum cyminum* L. (Apiaceae), *Mentha piperita* L., *Zingiber officinale* (Zingiberaceae), *Nerium oleander* L. (Apocynaceae), *Juniperus communis* L. (Cupressaceae), *Urtica dioica* L., *Artemisia* sp., *Citrus limon*, *Hedera helix* L. (Araliaceae), *Vitis vinifera* L. (Vitaceae), *Eucalyptus* sp., *Allium sativum*, *Echinophora tenuifolia* L. (Apiaceae), *Cymbopogon citratus* türlerinin antifungal etki gösterdiği ve uygun dozların belirlenmesiyle fungusit olarak kullanılabilceği belirtilmiştir (Boyras ve Koçak, 2006; Erdoğan ve ark., 2014; Sharma ve ark. 2017; Er, 2018). Yapılan çalışmalarda 1,8-sineol, terpinil asetat, carvakrol, timol, β -sitronellol, nerol, mentol, terpinen-4-ol, α -terpineol, karvon ve borneol maddelerinin misel gelişimini önemli derece inhibe ettiğini ortaya koymuştur (Kordali ve ark., 2008; Bozhüyük ve ark., 2015; Türkkan ve ark., 2020).

Antibakteriyel olarak kullanımı

Güçlü antibakteriyel özellikleri ile ön plana çıkan uçucu yağların patojen gelişimini baskıladığı, bitkilerde sinyalizasyon ağında olumlu etki gösterip dayanıklılığı artırdığı ortaya konmuştur (Umarusman, 2018). Uçucu yağların Gram (+) ve Gram (-) bakteriler de dahil olmak üzere birçok mikroorganizma üzerinde antibakteriyel etki gösterdiği özellikle timol, karvakrol ve sinamaldehyt'in güçlü antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir. Karvakrol ve timol'ün bakteri membranını parçaladığı, fenilpropanoid ve terpenoidlerin de lipofilik yapısından kaynaklı bakteri duvarını deldiği rapor edilmiştir (Halender ve ark., 1998).

Bitki patojeni olan bakterilerin başında *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Xanthomonas axonopodis*, *Pseudomonas syringae*, *Erwinia caratovora*, *Erwinia amylovora*, *Agrobacterium vitis* türleri gelmekte ve bu türlere karşı kekik uçucu yağının kullanılabilceği belirtilmiştir (Altundağ ve Aslım, 2005).

Basim ve Basim (2003), domates ve biberde haslığa neden olan *Xanthomonas axonopodi* spp. *vesicatoria*'ya karşı *Rosa damascena* (Rosaceae) uçucu yağının biyo-ajan olarak kullanılabilceğini belirtmiştir. *Ferula communis* uçucu yağının yumuşak çürüklüğüne sebep olan *Bacillus pumilus*'e karşı antibakteriyel etkisi araştırılmış ve kontrol grubundaki Penisilin antibiyotiği sadece engelleyici iken *Ferula communis* uçucu yağının tüm izolatlarda öldürücü etki yaptığı bildirilmiştir (Dadaşoğlu, 2016). Bitkilerde ateş yanıklığı hastalığına neden olan *Erwinia amylovora*'ya karşı çok sayıda bitkinin uçucu yağı kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılan türler; *Allium sativum*, *Mentha arvensis*, *Cinnamomi ceylanici* (Pythiaceae), *Thymus vulgaris*, *Melissa officinalis*, *Lavandula officinalis*, *Nepeta cataria*, *Origanum compactum*, *Syzygium aromaticum*, *Origanum vulgare* 'dir (Kokoskova ve ark., 2011; Aktepe ve ark., 2019). Benzer şekilde karpuz bakteriyel meyve leke hastalığına neden olan *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*'ye karşı *Thymra spicata* L. subsp. *spicata*, *Thymus serpyllum* L., *Origanum majorana* L., *Mentha spicata* L., *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas*,

Melissa officinalis L., *Rosmarinus officinalis* L. ve *Ocimum basilicum* L. türlerinin uçucu yağları kullanılmış ve tüm türlerin antibakteriyel etki gösterdiği fakat en etkili sonucun *Thymbra spicata* türünden elde edildiğini sonucuna varılmıştır (Mengulluoglu ve Soylu, 2012).

Mentha piperita L., *Carthamus tinctorius* L. (Asteraceae), *Coriandrum sativum* L., *Citrus limonum* L., *Pistacia terebinthus* L., *Nigella sativa laurus* L., *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae) *Silybum marianum* L. (Asteraceae), *Urtica dioica* L. (Urticaceae), *Punica granatum* L. (Lythraceae), *Rosmarinus officinalis* L., *Vitis vinifera* L., *Cannabis sativa* L., *Origanum onites* L., *Lavandula officinalis* L., *Ocimum basilicum* L. uçucu yağlarının antimikrobiyal etkileri 14 mikroorganizma üzerinde test edilmiş ve etkili olduğu kanısına varılmıştır (Aydın, 2019). *Rumex cristatus* ve *Rumex crispus* bitkilerinin uçucu yağlarının *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Candida albicans* ATCC 10231 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 mikroorganizmalarının gelişimini inhibe ettiği belirtmiştir (Avcı ve ark., 2014).

Mentha spicata'nın uçucu yağı sekiz adet *Xanthomonas* bakteri izolatına (ZI365, ZI366, ZI368, ZI370, ZI373, ZI375, ZI376, ZI378) karşı *in-vitro* ortamda denenmiş ve bu türlere karşı dikkate değer bir antimikrobiyal etki gösterdiği rapor edilmiştir (Bayan ve Küsek, 2018).

Uçucu yağların antimikrobiyal etkisi Sartoratta ve ark. (2004) tarafından 11 mikroorganizma üzerinde sekiz aromatik bitkinin etkisi araştırılmış ve farklı düzeylerde inhibitörük etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde *Tanacetum santolinoides* uçucu yağının Gram (+) ve Gram (-) bakterilerde, *Salvia lanigera* uçucu yağının ise *Candida vaginalis*, *Mycobacterium smegmatis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus epidermidis* ve *Candida albicans* üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir (El-Shazly ve ark., 2002; Al-Howiriny, 2003). Çay ağacı, okaliptus, gül, nane, biberiye, fesleğen, çam, limon, kekik ve karanfil bitkilerinin uçucu yağlarının antimikrobiyal etkileri araştırılmış ve karanfil yağının kuvvetli antibikrobiyal etki gösterdiği sonucuna varılmıştır (Roura ve ark., 2005). Lacroix ve ark. (2006) ise *Listeria monocytogenes* 2812 1/2a, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella typhimurium* SL 1344 patojen bakterilerinde 28 baharat bitkisinden alınan uçucu yağların antimikrobiyal etkisini araştırmış, *Cinnamomum verum*, *C. cassia*, *Corydothymus capitatus*, *Satureja montana* ve *Origanum heracleoticum* türlerinden en etkili sonuçları almışlardır.

Yapılan çalışmalarda antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirlenen *Allium* sp., *Eremurus spectabilis* Bieb., *Ferula* sp., *Ziziphora clinopodioides* Lam. (Lamiaceae), *Nasturtium officinale* R. Br. (Tropaeolaceae), *Syzygium aromaticum*, *Ocimum basilicum*, *Mentha pulegium* L., *Pelargonium graveolens* (Geraniaceae), *Ducrosia anethifoliab* (Apiaceae) gibi türlerinde uçucu yağlarının pestisit olarak değerlendirilme potansiyeli taşıdığı görülmektedir (Avetisyan ve ark., 2017; Umarusman ve ark., 2019; Helal ve ark., 2019; Mahboubi, 2020; Tunçtürk ve Tunçtürk, 2020). Antibakteriyel etki gösteren bileşenlerden bazılarının diallil trisülfid, diallil sülfid, metil allil trisülfid, cinnamaldehit, cinnamil asetat, mentol, metil asetat, öjenol, linalol ve linalil asetat olduğu ortaya konmuştur (Park ve ark., 2005; Kotan ve ark., 2008; Kokoskova ve ark., 2011; Martinez-Velazquez ve ark., 2011; Metin ve ark., 2017).

Antiviral olarak kullanımı

Uçucu yağların pestisit, antibakteriyel ve antifungal özelliklerinin yanı sıra antiviral özelliğinin olduğu da kayıtlara geçmiş ve araştırmalar devam etmektedir. Konu ile ilgili araştırmalar daha çok insan sağlığını etkileyen virüsler üzerinde yoğunlaşmıştır. Özellikle tarımsal üretimde yapılacak virisit çalışmaları önem arz etmektedir. Uçucu yağ aktivitesi kullanıldığı doza bağlı olarak değişmekle birlikte, içeriğinde çok sayıda biyoaktif bileşen olması ve oluşturduğu sinerji ile virisit olarak aktivite göstermektedir (Ma ve Yao, 2020).

Antivirüs özellikteki uçucu yağların içeriğinde monoterpenler ve seskiterpenler gruplarına dahil bileşenlerinin virüslere karşı etkili olduğu ortaya konmuştur (Zeybek, 2020). Antiviral etkisi bilinen *Origanum onites* ve *Lonicera periclymenum* (Caprifoliaceae)'un VHS (Viral Hemorajik Septisemi) virüsünde etkili olduğu ve hücrel sitopatik etkiyi engellediği belirtilmiştir (Görmez, 2018).

Antiviral özelliği olan ve yapılan çalışmalarda virisit olarak kullanılma potansiyeli olan bitkilerin *Nigella Sativa*, *Prunus serrulata* L. var. *spontanea* (Rosaceae), *Trachyspermum ammi* (Apiaceae), *Foeniculum vulgare* Mill, *Salvia fruticosa* Mill., *Melissa officinalis* L., *Cinnamomum cassia*, *Eucalyptus globulus*, *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae), *Rosmarinus officinalis*, *Mentha* sp., *Caryophyllus aromaticum* (Caryophyllaceae), *Pelargonium graveolens*, *Thymus* sp., *Clivia miniata* (Amaryllidaceae), *Citrus Bergamia*, *Lavandula angustifolia* ve *Cymbopogon citratus* olduğu farklı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Topçu, 2006; Yook ve ark., 2010; Roy ve ark., 2015; Pourghanbari ve ark., 2016; Agarwa ve ark., 2017; Sancakdar, 2019; Anonim c, 2020). Antiviral olarak kullanılan türlerdeki ana bileşenlerin karvon, γ -terpinen, D-limonen, 4-allilanol, kuminil aldehit, öjenol, fenkon, vanilin, kuminol, linalil ester, trans-anetol, farnesol, izoborneol, L-bornil asetat, 2-dekanol, α -pinen, metilheptan, mentol, nerol, 2-heptanol, sitronellal, geraniol, linalol, izomenton, linalil oksit, izopulegol, β -pinen, piperiton, karvakrol ve timol olduğu belirlenmiştir (Orhan ve ark., 2012).

Dikova, (2014) yaptığı çalışmada *Lavandula angustifolia* Mill. ve *Foeniculum vulgare* türlerinin uçucu yağlarının farklı konsantrasyonlarda (1000, 3000, 5000, 10 000 ve 20 000 ppm) *Chenopodium quinoa* ile *Petunia hybrids* türlerinde TSWV (Tomato spotted wilt virüs)'e karşı etkisini araştırmıştır. *Chenopodium quinoa* türünde 3000 ppm konsantrasyondaki *Foeniculum vulgare* ve 5000 ppm konsantrasyondaki *Lavandula angustifolia* uçucu yağının, *Petunia hybrids* türünde ise 5000 ppm *Foeniculum vulgare*, 10 000 ppm *Lavandula angustifolia* uçucu yağının etkili olduğu sonucuna varmıştır. Yapılan başka bir çalışmada TSWV'ye karşı geraniol (çeşitli bitkisel uçucu yağların bir monoterpen bileşeni), çay ağacı (*Melaleuca alternifolia*) yağı ve limon otu (*Cymbopogon flexuosus*) yağı kaolinli ve kaolinsiz olarak uygulanmış ve üç uçucu yağın kaolin ile birlikte verilmesinin standart böcek ilacına benzer sonuçlar verdiği ve kimyasal kullanımının azaltılmasında alternatif bir yöntem olduğu vurgulanmıştır (Reitz ve ark., 2008). Vuko ve ark. (2019) *Micromeria croatica* (Lamiaceae) uçucu yağının CMV (cucumber mosaic virüs) üzerindeki etkinliğini araştırdığı çalışmada yaprak lezyonlarında ve enfekte olan virüslerin yoğunluğunda azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bu antiviral etkinin uçucu yağın ana bileşeni olan β -karyofilen ve karyofilen oksit tarafından gerçekleştirildiğini rapor etmişlerdir.

Son dönemlerde yapılan çalışmalar esansiyel yağların antifitoviral aktivitesine yoğunlaşmış ve yapılan çalışmalardaki sonuçlar bu metabolitlerin viral enfeksiyonu engellediğini ortaya koymuştur (Dunkiç ve ark., 2010, 2011, 2013; Bezić ve ark., 2011; Vuko ve ark., 2012;).

Sonuç

Günümüzde ülkelerin kalkınmasında önemli bir payı olan tarım sektörü diğer sektörlerle kıyasla iklim değişikliği, küreselleşme, çevre kirliliği, su kırsıtlılığı gibi olgulardan daha fazla etkilenmektedir. Sosyo-ekonomik kalkınmada belirleyici bir rolü olan tarımsal üretimde bilinçsizce yapılan (yanlış) uygulamalar, zirai ilaçlar, kimyasal gübreler ve doğal zenginliklerden yeterince faydalanılamaması sürdürülebilirliği sekteye uğratmaktadır. Bu hususta uygun tarım politikalarının belirlenmesi, üreticilerin bilinçlendirilmesi ve akademik çalışmaların pratiğe uyarlanabilmesi önem taşımaktadır.

Tarımsal üretimde verim ve kaliteyi önemli ölçüde etkileyen hastalık ve zararlılar ile mücadelede artan bilinç düzeyi ile kimyasal yöntemlerin kullanımının azalması ve çevreye dost bitkisel kaynaklı girdiler ile yapılan mücadelenin desteklenmesi gerektiği görüşü ortaya çıkmaktadır. Günümüzde yeraltı ve yer üstü kaynaklar hızla tükenmekte ve bu durumun önüne geçmek için sentetik ürün kullanımının kısıtlanması gerekmektedir. Kimyasal kullanımının büyük bir kısmını oluşturan hastalık ve zararlılar ile mücadelede geliştirilecek alternatif yöntemler önem arz etmektedir. Uçucu yağların insektisit, fungusit, nematisit ve herbisit gibi özelliklere sahip olduğu bilinmesine karşın pratikteki uygulamaları çok azdır. Standardizasyon ile ruhsat alımında yaşanan yasal zorluklardan kaynaklı ticari olarak üretimi kısıtlanmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalar çoğunlukla laboratuvar denemesi olarak yürütülmekte yetiştiricilik alanlarına entegre edilememektedir. Yapılacak olan çalışmaların esas üretim alanlarında yapılması ve çalışmaların bu alanlara kayması önemlidir. Uçucu yağların pratikte kullanımına yönelik uygun dozlarda formülasyonunun yapılması ve uygulama şekilleri ile ilgili literatürün zenginleştirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar daha çok antimikrobiyal, herbisidal ve insektisal etkilerine yönelik olup akarisit, virisit ve nematisit gibi alanlarda sınırlı kalmıştır. Dünyadaki bitki çeşitliliği göz önüne alındığında biyopestisit olarak kullanılma potansiyeli olan çok sayıda tür olmasına karşın çok azı değerlendirilmektedir. Araştırmacıların bu alanlara yönelmesi ve özellikle organik tarım gibi kimyasal girdilerin kullanılmadığı yetiştiricilik şekillerinde geniş kullanım alanları bulacağı öngörülmektedir.

Teşekkür Bilgi notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Agarwal, D., Sharma, L. K. and Saxena, S. N. 2017. Anti-microbial properties of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seed extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 479-482.
- Ahmad, M.S., Tariq, M. and R. Ahmad. 2004. Some studies on the control of Citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) by leaf extracts of three plants and their effects on plant growth variables. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(5):544-548.
- Aktepe, B. P., Mertoğlu, K., Evrenosoğlu, Y. ve Aysan, Y. 2019. Farklı bitki uçucu yağların *Erwinia amylovora*'ya karşı antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 34-41.
- Al-Howiriny, T.A. 2003. Composition and antimicrobial activity of essential oil of *Salvia lanigera*, *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6(2):133-135.
- Alkan, M. 2020. Chemical composition of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) essential oil and insecticidal effect against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Bitki Koruma Bülteni*, 60(1), 85-93.
- Altundağ, Ş. ve Aslım, B. 2005. Kekiğin bazı bitki patojeni bakteriler üzerine antimikrobiyal etkisi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(7), 12-14.
- Andres, M., Gonzalez-Coloma, A., Sanz, J., Burillo, J. and Sainz P. 2012. Nematicidal activity of essential oils: a review. *Phytochemistry Review* DOI 10.1007/s11101-012-9263-3.
- Anonim, 2020a. Natural pesticides From Around World. Available from: <http://www.seedman.com/pest.Htm>. (Erişim tarihi: 14.10.2020).
- Anonim, 2020b. <https://www.igdir.edu.tr/Addons/Resmi/uploads/files/bi%CC%87tki%CC%87-uc%CC%A7ucu-yag%CC%86larinin-bo%CC%88ceklere-kars%CC%A7i%CC%87nsekti%CC%87si%CC%87dal-etki%CC%87leri%CC%87-aras%CC%A7-go%CC%88r-dr-ays%CC%A7e-usanmaz-bozhu%CC%88yu%CC%88k.pdf>, (Erişim tarihi: 14.10.2020).
- Anonim, 2020c. <https://www.biomedya.com/bitkiler-ve-virusler>. (Erişim tarihi: (Erişim tarihi: 14.10.2020).
- Ariana, A., Rahim E. and Gholamhosein T. 2002. Laboratory evaluation of some plant essences to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental and Applied Acarology* 27.4: 319-327.
- Attia, S., Grissa, K.R., Zeineb, G.G., Maillieux, G.C., Lognay, G. and Rancel, T. 2011. Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards. *Bulletin S.R.B.E./K.B.V.E.*, 147: 71-79.
- Avato, P., Laquale, S., Argentieri, M. P., Lamiri, A., Radicci, V. and D'Addabbo, T. 2017. Nematicidal activity of essential oils from aromatic plants of Morocco. *Journal of pest science*, 90(2), 711-722.
- Avci, E., Avci, G.A., Kose, D.A., Emniyet, A.A. and Suicmez, M. 2014. In vitro antimicrobial and antioxidant activities and GC/MS analysis of the essential oils of *Rumex crispus* and *Rumex cristatus*. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 2(42), 193-193.

- Avetisyan, A., Markosian, A. and. Petrosyan, M. 2017. Chemical composition and some biological activities of the essential oils from basil *Ocimum* different cultivars. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, vol. 17, no. 1, p. 60.
- Aydın, O. ve Tursun, N. 2010. Bitkisel Kökenli Bazı Uçucu Yağların Bazı Yabancı Ot Tohumlarının Çimlenme ve Çıkışına Olan Etkilerinin Arastırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 13(1), 11-17.
- Aydın, Ç. ve Mammadov, R. 2017. İnsektisit aktivite gösteren bitkisel sekonder metabolitler ve etki mekanizması. *Marmara Pharmaceutical Journal* 21: 30-37, DOI: 10.12991/marupj.259878.
- Aydın, G. 2019. Soğuk Pres Yöntemiyle Elde Edilen Eterik Yağların Biyokimyasal ve Antimikrobiyal Özellikleri. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Moleküler ve Genetik Anabilim Dalı.
- Aydınlı, G., Şen, F. ve Mennan, S. 2019. Bazı bitki ekstraktlarının kök-ur nematodu *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae)'nın kontrolünde kullanılabilme potansiyeli. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 414-420.
- Aydınlı G. ve Mennan S. 2018. Biofumigation studies by using *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* as a winter cycle crops to control root-knot nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61: e18180249.
- Banken, J.A.O. and Stark, J.D. 1997. Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Col.: Coccinellidae) after direct exposure to Neemix, a Neem İnsecticide. *Journal Economic Entomology*; 90:1102-5.
- Basım E. and Basım H. 2003. Antibacterial activity of *Rosa damascena* essential oil, *Fitoterapia*, 74, 394-396.
- Bayan, Y. and Küsek, M. 2018. Chemical composition and antifungal and antibacterial activity of *Mentha spicata* L. volatile oil. *Cienc e Investig Agrar* 45:64–69. <https://doi.org/10.7764/rcia.v45i1.1897>
- Bayar, R. 2018. Arazi Kullanımı Açısından Türkiye’de Tarım Alanlarının Değişimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi Cbd* 16 (2), 187- 200.
- Baydar, H. 2013. *Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Basımevi, Isparta.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Lane J., Kaiser A. 2003. *Mosquitoes and their control*. Kluwer academic/ plenum publishers. new york., pp.498-795.
- Bezić, N. Vuko, E. Dunkić, V. Ruščić, M. Blažević, I. and Burçul, F. 2011. Antiphytoviral activity of sesquiterpene-rich essential oils from four *Croatian teucrium* species. *Molecules*, 16, 8119–8129.
- Bouzourta, N., Kachouri, F., Hamdi, M., Ben Aıssa, R., Lognay G. C., Marlier, M. and Chaabouni. M. H. 2005. Volatile constituents and antimicrobial activity of *Lavandula stoechas* essential oil from Tunisia. *In Journal of essential oil research*, vol. 17, p. 584-586.
- Boyras, N. ve Koçak, R. 2006. Bazı bitki ekstraktlarının in vitro antifungal etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 20(38), 82-87.

- Bozhüyük, A. U., Kordali, Ş. ve Bölük, G. 2015. *Satureja hortensis* L. Uçucu Yağının Antifungal Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 107-112.
- Brasero, C., Gende, L., Negri, P., Szawarski, N., Iglesias, A., Eguaras, M. and Maggi, M. 2016. Assessing in vitro acaricidal effect and joint action of a binary mixture between essential oil compounds (Thymol, Phellandrene, Eucalyptol, Cinnamaldehyde, Myrcene, Carvacrol) over ectoparasitic mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Journal of Apicultural Science*, 61(2): 203-215.
- Ceylan, A. 1997. *Tıbbi bitkiler (uçucu yağ bitkileri)* Cilt II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını. İzmir, 481s.
- Chitwood, D.J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review Phytopathology*, 40:221–249.
- Choi, I. H., Shin, S.C. and Park, I.K., 2007. Nematicidal activity of onion (*Allium cepa*) oil and its components against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology* 9:231- 235.
- Cristobal-Alejo, J., Tun-Suarez, J.M., Moguel-Catzin, S., Mabana Mendoza, N. and Medina-Baizabal L. 2006. In vitro sensitivity of *Meloidogyne incognita* to extracts from native yucatecan plants. *Nematropica* 36:89-98.
- Çetintaş R. ve Kara H. 2016. Arthrobacter (ROA) ve Kadife Çiçeği (*Tagetes patula*) ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid&White) popülasyonuna karşı etkinliği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 19(2): 221-226.
- Dadaşoğlu, F. 2016. Yumuşak Çürüklük Etmeni *Bacillus Pumilus* İzolatlarına Karşı Çakşır Otu (*Ferula communis*) Uçucu Yağ Ve Ekstrelerinin Antibakteriyal Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(4), 83-90.
- Demirel, M., Keskin, G. ve Kumral, N. A. 2019. *Varroa* mücadelesinde sentetik ve organik akarisitlerin kullanım olanakları. *Uludag Bee Journal*, 19(1).
- Dikova, B. 2014. Inhibiting effect of lavender and fennel oils on Tomato spotted wilt virus. *Journal of Balkan Ecology*, 17(4), 369-376.
- Dönmez, İ.E. 2005. Andız (*Arceuthos Drupacea* Ant. Et. Kotschy) Ağacının Kimyasal Bileşim Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Dunkiç, V., Bezić, N., Vuko, E. and Cukrov, D. 2010. Antiphytoviral activity of *Satureja montana* L. ssp. *variegata* (Host) P. W. Ball essential oil and phenol compounds on CMV and TMV. *Molecules*, 15, 6713–6721.
- Dunkiç, V., Bezić, N. And Vuko, E. 2011. Antiphytoviral activity of essential oil from endemic species *Teucrium arduini*. *Natural Product Communications.*, 6, 1385–1388.
- Dunkiç, V., Vuko, E., Bezić, N., Kremer, D. and Ruščić, M. 2013. Composition and antiviral activity of the essential oils of *Eryngium alpinum* and *E. amethystinum*. *Chemical Biodiversity.*, 10, 1894–1902.
- Dura O, Sönmez, İ, Çelik, Y. N, Kurtuldu, H. M., Dura, S. and Kepenekçi, İ. 2018. Effect of Castor Bean [*Ricinus communis* Linn (Euphorbiaceae)] and Dieffenbachia [*Dieffenbachia maculata* (Araceae)] of Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on greenhouse tomatoes. *Munis Entomology Zoology*, 13(2): 566-573.

- Ebadollahi, A., Sendi, J.J., Aliakbar, A. and Razmjou, L. 2014. Chemical composition and acaricidal effects of essential oils of *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiales: Apiaceae) and *Lavandula angustifolia* Miller (Lamiales: Lamiaceae) against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Psyche*, 1: 1-6.
- El-Badri, G.A., Lee, D.W., Park, J.C., Yu, H.B. and Choo, H.Y. 2008. Evaluation of various plant extracts for their nematocidal efficacies against juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 11:99-102.
- El-Gengaihi, S.E., Amer, S.A:A. and Mohamed, S.M. 1996. Biological activity of thymol against *Tetranychus urticae* Koch. *Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz.*, 69:157-159.
- El-Shazly A., Dorai G. and Wink M. 2002. composition and antimicrobial activity of essential oil and hexane-ether extract of *Tanacetum santolinoides*, (DC.) *Feinbr. And Fertig*, 620-623.
- Elçi, E. ve Ünlü, N. 2019. Okaliptus ve Bazı Ticari Uçucu Yağlarının Domates Bakteriyel Kanser Hastalığı (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) Üzerine Antibakteriyel Etkileri. *Bitki Koruma Bülteni*, 59(2), 39-47.
- Er, Y. 2018. Ayçiçeği Mildiyösü (*Plasmopara halstedii*)'ne Karşı Bazı Uçucu Yağların Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü.
- Erdoğan, O., Çelik, A., Yıldız, Ş. ve Kökten, K. 2014. Pamukta Fide Kök Çürüklüğü Etmenlerine Karşı Bazı Bitki Ekstrakt Ve Uçucu Yağlarının Antifungal Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (3), Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/13307/160776>.
- Erler, F., Polat, E., Demir, H., Cetin, H. and Erdemir, T. 2009. Control of the mushroom phorid fly, *Megaselia halterata* (Wood), with plant extracts. *Pest Management Science*, 65:144-9.
- Erol, A. B. ve Birgücü, A. K. 2020. Farklı Bitki Uçucu Yağlarının *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) Erginleri Üzerindeki Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 143-149.
- Eryılmaz, A., Kılıç, G. ve Boz, O. İ. 2019. Türkiye’de Organik Tarım Ve İyi Tarım Uygulamalarının Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 29 (2), 352-361. DOI: 10.29133/yyutbd.446002.
- Göktürk, T., Kordali, S., Ak, K., Kesdek, M. and Usanmaz Bozhuyuk, A. 2020. Insecticidal effects of some essential oils against *Tribolium confusum* (du Val.) and *Acanthoscelides obtectus* (Say),(Coleoptera: Tenebrionidae and Bruchidae) adults. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-7.
- Görmez, Ö. 2018. Bazı Tıbbi Bitkisel Ürünlerin In Vitro ve In Vivo Antimikrobiyal Etkileri. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı.
- Halendar, I.M., Alakomi, H.L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandhom, T., Pol, I., Smid, E.J., Gorris, L.G. M., von and Wright, A., 1998. Characterisation of the action of selected essential oil components on gram negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(9): 3590–3595.

- Hatipoğlu, R. 2016. Transgenik Bitkilerin Dünü, Bugünü ve Geleceği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-2), 346-356.
- Hazrati, H., Saharkhiz, M. J., Niakousari, M. and Moein, M. 2017. Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicology and environmental safety*, 142, 423-430.
- Hekimoğlu, B. Ve Altındağ, M. 2006. Organik Tarım ve Bitki Koruma Açısından Organik Tarımda Kullanılacak Yöntemler. Samsun Valiliği Gıda Tarım Ve Hayvancılık İl Müdürlüğü.
- Helal, I. M., El-Bessoumy, A., Al-Bataineh, E., Joseph, M. R. P., Rajagopalan, P., Chandramoorthy, P. C. and Ahmed, S. B. H. 2019. Antimicrobial efficiency of essential oils from traditional medicinal plants of Asir region, Saudi Arabia, over drug resistant isolates. *BioMed research international*.
- Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8-10), 603-608.
- İşcan, G., Demirci, F., Kırimer, N., Kürkçüoğlu, M., Başer, K. H. C. ve Kıvanç, M. 2002. Bazı Umbelliferae Türlerinden Elde Edilen Uçucu Yağların Antimikrobiyal Etkileri. 14. Bitkisel ilaç hammaddeleri toplantısı, Eskişehir.
- İşcan, G. 2020. Doğanın Şifalı Yağları. Anadolu Üniversitesi Ders Notu. Url: https://canvas.anadolu.edu.tr/files/folder/courses_13031/.
- Evren, M. ve Tekgüler, B. 2011. Uçucu Yağların Antimikrobiyel Özellikleri. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 9(3), 28-40.
- Jayakumar, M., Arğvolğ, S., Raveen, R. and Tennyson, S. 2017. Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *S. oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(2): 324-335.
- Karakuş, S., Tiryaki, D., Aydın, İ. and Atıcı, Ö. 2019. *Nepeta transcaucasica* Grossh. Esansiyel Yağının Bazı Kültür Bitkileri ve Zararlı Otlar Üzerinde Herbisidal Etkisinin İncelenmesi. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (2) , 69-79 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/dfbd/issue/51403/585777>.
- Kepenekçi, İ., Erdoğuş, D. and Erdoğan, P. 2016. Effects of some plant extracts on root-knot nematodes in vitro and in vivo conditions. *Turkish Journal of Entomology*, 40(1): 3-14.
- Kesdek, M., Kordali, S., Usanmaz, A. and Ercisli, S. 2015. The toxicity of essential oils of some plant species against adults of colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Comptes rendus de l'Acad'emie bulgare des Sciences*, 68(1): 127-136.
- Khan, S., Taning, C.N.T., Bonneure, E., Mangelinckx, S., Smaghe, G. and Shah, M.M. 2017. Insecticidal activity of plant-derived extracts against different economically important pest insects. *Phytoparasitica* DOI 10.1007/s12600-017-0569-y.
- Kheradmand K, Beynaghi S, Asgari S, Sheykhi Garjan A (2015) Toxicity and repellency effects of tree plant essential oils against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17: 1223-1232.

- Klümper W. and Qaim M., 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *Plos one*, 9(11): e111629.
- Kokoskova, B. Pavela, R. and Pouvova, D. 2011. Effectiveness of plant essential oils against *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and associated saprophytic bacteria on/in host plants. *Journal of Plant Pathology*, 93 (1): 133-139.
- Kordali, S., Kesdek, M. and Cakir, A. 2007. Toxicity of monoterpenes against larvae and adults of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Industrial Crops and Products* 26(3), 278-297.
- Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M. and Mete, E. 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresource Technology*, 99(18), 8788-8795.
- Kotan, R., Kordali, S., Cakir, A., Kesdek, M., Kaya, Y. and Kilic, H. 2008. Antimicrobial and insecticidal activities of essential oil isolated from Turkish *Salvia hydrangea* DC. ex Benth. *Biochemical Systematics and Ecology*, 36(5-6), 360-368.
- Kumral, N. A. ve Kovancı, B. 2004. Bursa ili zeytin ağaçlarında bulunan akar türleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 25-34.
- Lacroix, M., Saucier, L., Caillet, S. and Qussalah, M. 2006. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E.coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*. 18(5), p.414-420.
- Lee, S., R. Tsao, C. Peterson, Coates, J.R. and Lee, S.K. 1997. Insecticidal activity of monoterpenoids to western Corn rootworm (Col.: Chrysomelidae), Twospotted Spidermite (Acari: Tetranychidae), and Housefly (Dip.: Muscidae). *Journal of Economic Entomology*, (90): 883-892.
- Ma, L. and Yao L. 2020. Antiviral effects of plant-derived essential oils and their components: an updated review. *Molecules*.25(11), 2627; <https://doi.org/10.3390/molecules25112627>.
- Maggenti, A.R. 1991. *Nemata: Higher Classification*. In Manual of Agricultural Nematology, Marcel Dekker, Inc. P. 147-187.
- Mahboubi, M. 2020. Iranian medicinal plants as antimicrobial agents. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(5), 2388-2405.
- Martinez-Velazquez, M., Rosario-Cruz, R., Castillo-Herrera, G., Flores-Fernandez, J. M., Alvarez, A. H. and Lugo-Cervantes, E. 2011. Acaricidal effect of essential oils from *Lippia graveolens* (Lamiales: Verbenaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), and *Allium sativum* (Liliales: Liliaceae) Against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 48 (4): 822-827.
- Mengülluoglu, M. and Soylu, S. 2012. Antibacterial activities of essential oils extracted from medicinal plants against seed-borne bacterial disease agent, *Acidovorax avenae* subsp *citrulli*. *Research on Crops*, 13: 641-646.

- Mermer Doğu, D. and Zobar, D. 2014. Effects of some plant essential oils against *Botrytis cinerea* and *Tetranychus urticae* on Grapevine. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1: 1268- 1273.
- Metin, S., Didinen, B. I., Mercimek, E. B. ve Ersoy, A. T. 2017. Bazı Bakteriyel Balık Patojenlerine Karşı Bazı Bitkisel Uçucu Yağlarının Antibakteriyel Aktivitesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 17(1), 59-69.
- Miranda, C. A. S. F., Maria das, G., Cardoso, M. G., Carvalho, M. L. M., Figueiredo, A. C. S., Nelson, D. L., Oliveira, C. M., Gomes, M. S., Andrade, J., Souza, J. A. and Albuquerque, L. R. M. 2014. Chemical composition and allelopathic activity of *Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia polystachya* weeds essential oils. *American Journal of Plant Sciences*, 5: 1248-1257.
- Mohamed, A., Hamza, A. and Derbalah, A. 2016. Recent approaches for controlling downy mildew of cucumber under greenhouse conditions. *Plant Protection Science*, 52,1-9.
- Mohr, F. B. M., Lermen, C., Gazim, Z. C., Gonçalves J. E. and Alberton, O. 2017. Antifungal activity, yield, and composition of *Ocimum gratissimum* essential oil. *Genetics and Molecular Research*, 16, 1-10.
- Motazedian, N., Ravan, S. and Bandani, A.R. 2012. Toxicity and repellency effects of three essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 275-284.
- Murbach Teles Andrade, B. F., Nunes Barbosa, L., da Silva Probst, I. and Fernandes Júnior, A. 2014. Antimicrobial activity of essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 26(1), 34-40.
- Ntalli, N.G., Menkissoglu-Spiroudi, U. and Giannakou, I. 2009. Nematicidal activity of powder and extracts of *Melia azedarach* fruits against *Meloidogyne incognita*. *Annals of Applied Biology* 156(2):309-317.
- Ntalli N. G., Ferrari F., Giannakou I. and Menkissoglu-Spiroudi, U. 2011. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of EOs from seven plants indigenous to Greece. *Pest Management Science* 67, 341-351.
- Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Yaniv Z. and Spiegel, Y., 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematodes, *Journal of Phytopathology*. 90:710-715.
- Oka, Y., Tkachi, N., Shuker, S. and Yerumiyahu, U. 2007. Enhanced nematicidal activity of organic and inorganic ammonia releasing amendments by *Azadirachta indica* Extracts. *Journal of Nematology* 39(1):9-16.
- Orhan, İ. E., Özçelik, B., Kartal, M. and Kan, Y. 2012. Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. *Turkish Journal of Biology*, 36(3), 239-246.
- Oyedeji, A. O., Okunowo, W. O., Osuntoki, A. A., Olabode, T. B. and Ayo-Folorunso, F. 2020. Insecticidal and biochemical activity of essential oil from *Citrus sinensis* peel and constituents on *Callosobrunchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 168, 104643.
- Öncüer, C. 1995. *Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçlar*. Ege Üniversitesi Basım Evi. pp 333.

- Öner, E. K., Kara, Ş. M., Açıkgöz, M. A. ve Özcan, M. M. 2017. Bazı Yem Bitkisi Tohumlarına Uygulanan Uçucu Yağların Çimlenme Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi, Sonuç Raporu No: AR-1640, Ordu.
- Özdemir, F. G. G., Tosun, B., Şanlı, A. ve Karadoğan, T. 2021. Türkiye’de Yetişen Bazı Apiaceae Türlerinin Uçucu Yağlarının Kök Lezyon Nematodlarına Karşı Nematisidal Aktiviteleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2), 425-433.
- Özen, F., Yaldız, G. ve Çamlıca, M. 2017. Yabancı Ot Mücadelesinde Bazı Aromatik Bitkilerinin Uçucu Yağlarının Allelopatik Etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 3(1): 40 – 48.
- Özgür G. E. ve Börüban, C. 2019. Tarımsal Üretim ve Ölçek Etkisinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 28 (3), 1-11. DOI: 10.35379/cusosbil.558038.
- Öztekin, E. 2009. Bitkisel Kökenli Bazı Yağların ve Bileşenlerin Patates Böceği, *Leptinotarsa decemlineata* L., (Col.: Chrysomelidae)’nin Bazı Biyolojik Dönemlerine Karşı Toksik Etkisi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Park, I., Park, J., Kim, K., Choi, K., Choi, I., Kim, C. and Shin, S. 2005. Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology*, 7 (5): 767–774.
- Pavela, R. 2014. Insecticidal properties of *Pimpinella anisum* essential oils against the *Culex quinquefasciatus* and the nontarget organism *Daphnia magna*. *Journal of Asia Pacific Entomology*, 17, 287–293.
- Plata-Rueda, A., Martínez, L. C., da Silva Rolim, G., Coelho, R. P., Santos, M. H., de Souza Tavares, W. and Serrão, J. E. 2020. Insecticidal and repellent activities of *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil and its terpenoids (citral and geranyl acetate) against *Ulomoides dermestoides*. *Crop Protection*, 137, 105299.
- Pourghanbari, G., Nili, H., Moattari, A., Mohammadi, A. and Irajı, A. 2016. Antiviral activity of the oseltamivir and *Melissa officinalis* L. essential oil against avian influenza A virus (H9N2). *VirusDisease*, 27, 170–178.
- Rahimi, A. R., Mousavizadeh, S. J., Mohammadi, H., Rokhzadi, A., Majidi, M. and Amini S. 2013. Allelopathic effect of some essential oils on seed germination of *Lathyrus annuus* and *Vicia villosa*. *Journal of Biodiversity Environmental Sciences*, 3: 67-73.
- Ramzi, H., Ismaili, M. R., Aberchane. M. and Zaanoun, S. 2017. Chemical characterization and acaricidal activity of *Thymus satureioides* C.&B. and *Origanum elongatum* E. & M. (Lamiaceae) essential oils against *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae). *Industrial Crops and Products*, 108: 201-207.
- Roura, S. I., Valle, C. E., Ponce, A. G. and Moreira, M. R. 2005 Inhibitory Parameters of Essential Oils to Reduce a Food Borne Pathogen. *Lebensmittel-Wissenschaftund Technologie*. 38: 565-570.
- Reitz, S. R., Maiorino, G., Olson, S., Sprengel, R., Crescenzi, A. and Momol, M. T. 2008. Integrating plant essential oils and kaolin for the sustainable management of thrips and tomato spotted wilt on tomato. *Plant Disease*, 92(6), 878-886.

- Roy, S., Chaurvedi, P. and Chowdhary, A. 2015. Evaluation of antiviral activity of essential oil of *Trachyspermum ammi* against Japanese encephalitis virus. *Pharmacognosy Research*, 7(3), 263.
- Rassaeifar, M., Hosseini, N., Asl, N.H.H., Zandi, P. and Moradi Aghdam, A. M. 2013. Allepathic effect of *Eucalyptus globulus* essential oil on seed germination and seedling establishment of *Amaranthus blitoides* and *Cynodon dactylon*. *Trakia Journal of Sciences*, 1: 73-81.
- Sabahi, Q., Gashout, H., Kelly, P. G. and Guzman- Novoa, E. 2017. Continuous release of oregano oil effectively and safely controls *Varroa destructor* infestations in honey bee colonies in a northern climate. *Experimental and Applied Acarology*, 72(3): 263-275.
- Sancakdar, E. E. 2019. Türkiye Kökenli Çörek Otu Tohumlarından Timokinon Eldesi, Saflaştırılması ve Enkapsülasyonunun İncelenmesi. Yüksek İktisat, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Sartoratta, A., Machado, A.L., Delarmelina, C., Figueria, G.M., Duarte, M.C.T. and Rehder, V.L.G. 2004. Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35: 275-280.
- Shahrima Tasnin, M. and Khalequzzaman, M. 2016. Toxicity bioassay of some essential oil vapour on various life stages of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. *The Journal of Agricultural Science*, 11(2): 97-104.
- Sharma, A., Rajendran, S., Srivastava, A., Sharma, S. and Kundu, B. 2017. Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 123(3): 308-313.
- Sik Roh, H., Gene Lim, E., Kim, J. and Gyoo Park, C. 2011. Acaricidal and oviposition deterring effects of santalol identified in sandalwood oil against twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Pest Science*, 84: 495-501.
- Sitara, U., Niaz, I., Naseem, J. and Sultana, N., 2008. Antifungal effect of essential oils on *in vitro* growth of pathogenic fungi. *Pakistan Journal of Botany*, 40(1): 409-414.
- Soylu, S., Yigitbas, H., Soyly, E.M. and Kurt, Ş. 2007. Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Applied Microbiology*, 103(4): 1021-1030.
- Synowiec, A., Możdżeń, K., Krajewska, A., Landi, M. and Araniti, F. 2019. *Carum carvi* L. essential oil: A promising candidate for botanical herbicide against *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. in maize cultivation. *Industrial Crops and Products*, 140, 111652.
- Şanlı, B., Şanlı, A. and Karaca, İ. 2020. *Rosmarinus officinalis* Uçucu Yağı ile *Verbascum cheiranthifolium* ve *Chrysanthemum cinerariaefolium* Ekstraktlarının Sera Beyaz Sineği (*Trialeurodes vaporariorum*)'ne Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (1), 1-11. DOI: 10.29048/makufebd.624122.

- Şesan, T. E., Enache, E., Iacomì, B. M., Oprea, M., Oancea, F. and Iacomì, C. 2015. Antifungal activity of some plant extracts against *Botrytis cinerea* Pers. in the blackcurrant crop (*Ribes nigrum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum., Hortorum Cultus*, 14(1), 29-43.
- Tan, A. N. 2011. Nematisit Etkili Bitkiler ve Bitki Ekstraktları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 165-173.
- Taweekaisupapong, S., Ngaonee, P., Patsuk, P., Pitiphat, W. and Khunkitti, W. 2012. Antibiofilm activity and post antifungal effect of lemongrass oil on clinical *Candida dubliniensis* isolate. *The South African Journal of Botany*, 78, 37-43.
- Teke, A. M. 2019. Bazı Bitki Uçucu Yağlarının *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae) ve *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) Üzerindeki İnsektisidal ve Davranışsal Etkileri. Yüksekisans tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Topçu, G. 2006. Bioactive triterpenoids from *Salvia* L. species. *Journal of Natural Products* 69: 482-487.
- Topuz, E. 2005. Tarımsal zararlılarla mücadelede kimyasal pestisitlere alternatif bazı yöntemler. *Derim*, 22(2), 53-59.
- Topuz, E. ve Madanlar, N. 2006. Bitkisel Kökenli Eterik Yağlar ve Zararlılara Karşı Kullanım Olanakları. *Derim*, 23(2), 54-66.
- Tunçtürk, M. ve Tunçtürk, R. 2020. Van Otlı Peyniri ve Yapımında Kullanılan Bitkiler ile İlgili Genel Bir Değerlendirme. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 238-244.
- Türkkan, M., Çalışkan, Ö., Erper, İ., Kara, Ş. M. ve Açıkgöz, M. A. 2020. Bazı Toprak Kökenli Funguslara Karşı Defne Esansiyel Yağı ve Hidrosölünün Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(2), 217-226.
- Tutkun, E. 2016. Arı Akarı (*Varroa destructor*) Mücadelesinde Timol'ün Kullanılması. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 8(1), 1-5.
- Türkmen, M. 2019. Uçucu Yağ Mikroemülsiyonlarının Beyaz Küf Hastalığı Etmeni *Sclerotinia sclerotiorum*'a Karşı *in vitro* ve *in vivo* Antifungal Etkinliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Umarusman, M. A., Aysan, Y. ve Özgüven, M. 2019. Farklı Bitki Ekstraktlarının Bezelye Bakteriyel Yaprak Yanıklığına (*Pseudomonas syringae* pv. pisi) Antibakteriyel Etkilerinin Araştırılması. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 16(3).
- Umarusman, M. A. 2018. Farklı Bitki Ekstraktlarının Bezelye Bakteriyel Yaprak Yanıklığına (*Pseudomonas syringae* pv. pisi) Antibakteriyel Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Anabilim Dalı.
- Usanmaz Bozhüyük, A. and Kordali, Ş., 2020. Herbicidal Activity and Chemical Composition of Two Essential Oils on Seed Germinations and Seedling Growths of Three Weed Species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(4): 821-831. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1828178>.

- Vuko, E., Dunkić, V., Bezić, N., Ruščić, M. and Kremer, D. 2012. Chemical composition and antiphytoviral activity of essential oil of *Micromeria graeca*. *Natural Product Communications*, 7, 1227–1230.
- Vuko, E., Rusak, G., Dunkić, V., Kremer, D., Kosalec, I., Rađa, B. and Bezić, N. 2019. Inhibition of satellite RNA associated cucumber mosaic virus infection by essential oil of *Micromeria croatica* (pers.) schott. *Molecules*, 24(7), 1342.
- Waller, S. B., Cleff, M. B., Serra, E. F., Silva, A. L., dos Reis Gomes, A., de Mello, J. R. B. and Meireles, M. C. A. 2017. Plants from Lamiaceae family as source of antifungal molecules in humane and veterinary medicine. *Microbial Pathogenesis*, 104, 232-237.
- Werrie, B. D., Delaplace, P. and Fauconnier, M. L. 2020. Phytotoxicity of essential oils: opportunities and constraints for the development of biopesticides. a review. *Foods*, 9.9 (2020): 1291.
- Whalon, M. E., Mota-Sanchez, R. M., Hollingworth, R.M. and Duynslager, L. 2018. Arthropods resistant to pesticides database (ARPD). Erişim Tarihi: 31.12.2018. <http://www.pesticideresistance.org>.
- Whittington, R., Winston, M. L., Melathopoulos, A. P. and Higo, H. A. 2000. Evaluation of the botanical oils neem, thymol, and canola sprayed to control *Varroa jacobsoni* Oud. (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of honey bees (*Apis mellifera* L., Hymenoptera: Apidae). *American Bee Journal*, 140(7): 567-572.
- Williamson, V.M. and C. A. Gleason. 2003. Plant-nematode interactions. *Current Opinion in Plant Biology* 6:327-33.
- Yamanel, Ş. and Çakır, Ş. 2004. Türkiye'nin Bazı Karasinek (*Musca domestica* L.) Populasyonlarında Organofosfatlı İnsektisidlerden Metil Paration ve Diazinon A Karşı Gelişmiş Direnç. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 28: 210-4.
- Yaylı, N. 2013. Uçucu Yağlar ve Tıbbi Kullanımları. İlaç Kimyasi, Üretimi, Teknolojisi, Standardizasyonu Kongresi, Kimyagerler Derneği, 29-31 Mart 2013, Antalya.
- Yazlık, A. ve Üremiş, İ. 2015. Bazı Uçucu Yağ Bileşiklerinin Kanyaş [(*Sorghum halepense* (L.) Pers.] Gelişimine Etkinliğinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 93-99.
- Yeşilbağ, D. 2007. Fitobiyotikler. *Uludağ Üniversitesi Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 26 (1-2), 33-39, 603–608.
- Yılar, M. ve Kadioğlu, İ. 2016. Antifungal activities of some *Salvia* species extracts on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) mycelium growth in-vitro. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(1), 115-118.
- Yılar, M and Bayar, Y. 2018. Antifungal Activity of *Thymbra spicata* L. and *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oils against *Monilinia fructigena* Honey in Whetze. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (2) , 121-126 . DOI: 10.30910/turkjans.421344

- Yilar, M., Kadioglu, I. and Telci, I. 2018. Chemical composition and antifungal activity of *Salvia officinalis* (L.), *S. cryptantha* (Montbret Et Aucher Ex Benth.), *S. tomentosa* (Mill.) plant essential oils and extracts. *Fresenius Environmental Bulletin*,27(3):1695-1706.
- Yilmaz, A., Bozkurt, F., Cicek, P. K., Dertli, E., Durak, M. Z. and Yilmaz, M. T. 2016. A novel antifungal surface-coating application to limit postharvest decay on coated apples: Molecular, thermal and morphological properties of electrospun zein–nanofiber mats loaded with curcumin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 74-83.
- Yook, H. S, Kim, K. H., Park, J. E. and Shin, H. J. 2010. Antioxidative and antiviral properties of flowering cherry fruits (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea*), *The American Journal of Chinese Medicine*, 38, 937–948.
- Zeybek, A. U. 2020. Koronavirüsler ve Antiviral Etkili Uçucu Yağlara Genel Bakış. *Türkiye Klinikleri COVID-19*, 1(1), 56-60.
- Zhang, Z., Pang, X., Guo, S., Cao, J., Wang, Y., Chen, Z. and Du, S., 2019. Insecticidal activity of *Artemisia frigida* willd. essential oil and its constituents against three stored product insects. *Records of Natural Products*,13(2): 176-181.



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>

<http://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 ve 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 <http://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 Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.**" kısaltması kullanılmalıdır.

Değerlendirme Süreci

Yayımlanması için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda 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 yazara 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 yayımlanacak sayısında bulunması gereken makale limitleri dahilinde yayımlanır.

Alıntılanma Yüzdesi

Dergiye başvurusu yapılan makalelerin, hakemlik sürecine alınmadan önce intihal programı ile (iThenticate Plagiarism Detection Software) (<http://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.

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 yayın 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 yayın etiği yönergesi dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Hakemli dergide yayın ilkeleri ile ilgili tüm taraflardan (yazar, dergi editörü, hakem ve yayıncı 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 yayınlanan 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 bevanı, varsa Destek ve Teşekkür Bevanı, Catışma Bevanı 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](#)

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 tezdən 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 Brasílica*, 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>

<http://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

It accepts original research and review articles in English and in Turkish. 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** (<http://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) (<http://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.

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 from [here](#).**

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).