

Cilt 40
Volume

Sayı 1 2025
Number

Basılı ISSN 2636 - 7874
Printed

Çevrimiçi ISSN 2630 - 6034
Online

Çukurova
TARIM
ve **GIDA**
Bilimleri Dergisi

Çukurova Journal of
AGRICULTURAL
and **FOOD**
Sciences

Çukurova
Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi



Çukurova
Journal of Agricultural and Food Sciences

Basılı ISSN 2636 - 7874
Printed

Çevrimiçi ISSN 2630 - 6034
Online

Ürün Bilgisi (Product Information)

Yayıncı
Publisher Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Çukurova University Faculty of Agriculture

Sahibi (ÇÜZF adına)
Owner (on behalf of ÇÜZF) Nazan KOLUMAN, Dekan (Dean)

Teknik Sekreteryä
Technical Secretary Hasan YILDIRIM
Murat ACAR

Basımevi Adresi
Printing House Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset
Atölyesi Balcalı, Sarıçam 01330 Adana-
TÜRKİYE

Basım Tarihi
Date of Publication 30/12/2024

Dil
Language Türkçe - İngilizce
Turkish - English

Yayın Türü
Type of Publication Hakemli Süreli Yayın
Double-blind peer reviewed

“Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi” yayın hayatına 1 Ocak 2016 tarihi itibarıyla “Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi” adıyla devam etmektedir.

From January 1, 2016 “Çukurova University Journal of Faculty of Agriculture” continuous its publication life as “Çukurova Journal of Agriculture and Food Sciences”.

Yönetim Adresi
Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.
Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Yayın Ünitesi
Balcalı-Sarıçam 01330 Adana

Telefon : 0 322 338 60 84 / 2115-2119
Faks : 0 322 338 63 64
E-posta: ctgbdeditor@cukurova.edu.tr

Management Address
Çukurova J. Agric. Food Sci.
Çukurova University Faculty of Agriculture
Publication Department
Balcalı-Sarıçam 01330 Adana, TURKEY

Phone : 0 322 338 60 84 / 2115-2119
Fax : 0 322 338 63 64
E-mail : ctgbdeditor@cukurova.edu.tr



Editörler Kurulu
Editorial Board

Orhan BOZAN
Ladine BAYKAL ÇELİK
E. Bilent ERENOĞLU
Ufuk GÜLTEKİN
Ahmet Naci ONUS
Özhan ŞİMŞEK - Ege
İRGET
Savaş KORKMAZ
Ayten NAMLI
Handan VURUŞ AKÇAÖZ
Abdullah SESSİZ
Hajim KELEBEK
Emel OZ
Zümrüt AÇIKGÖZ Hasan
Hüseyin ÖZTÜRK İbrahim
ORTAŞ
Hakan ÖZKAN
Haydar ŞENGÜL
Burçak KAPUR Uğur
SERBESTER
Sevil CANTÜRK
Yılmaz BAYHAN

Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Erciyes Üniversitesi
Ege Üniversitesi
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Ankara Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Dicle Üniversitesi
Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi
Atatürk Üniversitesi
Ege Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Baş Editör
Editor-in-chief

Serkan Seli

Çukurova Üniversitesi

Editör Asistanları
Assistant Editors

Gamze Güllü
Zeynep Yaren Pehlivan

Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi

Bilimsel Danışma Kurulu
Advisory Board

Aybülke KAYA
Veddi DEMİRCAN
Veyssi ACIBUCA
İpek DEVECİ KOC AKOÇ
Burçin ATASEVEN DOĞRU
Mehmet Metin ÖZGÜVEN
Deniz Levent KOÇ
Cafer GENÇOĞLAN
Köksal AYDINŞAKIR
Ahmet Doğan DUMAN
Mustafa BAYRAM
Ali Levent COŞKUN
Salha KIRICI
Rüştü HATİPOĞLU
Leyla Sezen TANSI
Serap GÖNCÜ
Gökhan GÖKÇE
Baran YAŞAR
Cemal CEVHER
Gökhan BAKTEMUR
Sevinç ŞENER
Songül Çömlekçioğlu
Mustafa Ali KAYNAK
Volkan Mehmet ÇINAR
Saadetin ÇELİK
Aziz GÜL
Murat DURMUŞ
Yusuf Ziya GÜZEY
Kaan KÖKTEN
Adem Emin ANLARSAL
Burhan KARA
Musa SEYMEN
İlknur SOLMAZ
Mehtap YILDIZ
Hasan TUNAZ
Ali Kemal BIRGÜCÜ
Doğançan KAHYA
Erkan KARACABEY
Mecit Halil ÖZTOP
Sencer BUZUL
Hicran UZUN KARKA
Dilhan Keriman ARSERİMUÇAR
Gamze GÜÇLÜ
Derya ALKAN
Türkan UZLAŞIR
Songül KESEN
Haşim KELEBEK
Sabri YURTSEVEN
Mürsel ÖZDOĞAN
Sibel SOYCAN
ÖNENÇ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Mardin Artuklu Üniversitesi
Dokuz Eylül Üniversitesi
İstanbul Kültür Üniversitesi
Ankara Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Kırşehir Ali Evran Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Akdeniz Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Adnan Menderes Üniversitesi
Adnan Menderes Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Selçuk Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Süleyman Demirel Üniversitesi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Necmettin Erbakan Üniversitesi
Gaziantep Üniversitesi
Bingöl Üniversitesi
Çukurova Üniversitesi
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Alanya Üniversitesi
Gaziantep Üniversitesi
Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Harran Üniversitesi
Adnan Menderes Üniversitesi
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Amaç ve Kapsam

Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, Tarım, Orman, Gıda, Çevre, Peyzaj, Su Ürünleri, Biyoloji ve Biyoteknoloji alanlarında hazırlanan daha önce başka bir yerde yayınlanmamış araştırma ve derleme makaleleri Türkçe veya İngilizce olarak yayınlar.

Aims and Scope

Çukurova Journal of Agricultural and Food Sciences publishes original papers and review articles dealing with agriculture, forestry, food sciences, environment, landscape, fisheries, biology and biotechnology in Turkish or English.

İçindekiler - Contents

Vermikült ve Zeolit'in, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi Determination of Phosphorus and Nitrogen Removal Performances of Vermiculite and Zeolite from Wastewater G. N. DEMİR, H. A. İRİK, F. Ö. KANARYA	1-11
Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma A Research On The Structure and Problems Of Food Industry Firms Processing Plant Products and Exporting in Ankara Province M. ASLAN, A. AKYILDIZ	12-20
Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma A Research On The Structure and Problems Of Food Industry Firms Processing Plant Products and Exporting in Ankara Province E. TURMUŞ, E. GÜNEŞ	21-34
At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi Physiotherapy Applications' Importance in Horse Breeding Y. PAKSOY, N. KOLUMAN	35-45
Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri Effect of Different Vermicompost Applications on Yield and Some Quality Criteria of Rubygem Strawberry Variety A. BURGUT, M. ADA, N. TÜREMİŞ, K. EKİNCİ, E. KAFKAS	46-60
Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties Azaltılmış Şeker İçerikli Sahip Kakaolu Fındık Ezmesi: Stevia-inulin ikamesinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikler Üzerindeki Etkisi B. G. MAZİ, N. M. ÇOBAN BAYRAM	61-71
İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellemesi Modelling of Friction Data Obtained from Discrete Element Simulation of Peanut Kernel Grading Machine Using Nonlinear Auto-Regressive Network C. KORKMAZ, İ. KACAR	72-92
Oğul otu (<i>Melissa officinalis</i> L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri Effects of Harvest Time and Organic Fertilization on Agronomic and Quality Characteristics of Lemon Balm (<i>Melissa officinalis</i> L.) H. SEĞMEN, E. BEYZİ	93-106
The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) Sınırlı Su Uygulamalarının Pamukun (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) Verim Bileşenleri ve Lif Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi S. YAŞA, K. ÖZCEYLAN, Ö. GÖRMÜŞ	107-118
Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler Factors Affecting Farmers' Lentil Production Decision in Mardin Province Z. DOĞAN, Ö. DORU, V. ACIBUCA	119-131
Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media Ari Sütü İle Edilen Ortamda Geliştirilen Sığır Embriyolarının Vitifikasyonu A. G. ÖNAL	132-139
Temperature-Dependent Mototaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm Sıcaklığa Bağlı Termotaksis ve Bunun Köpek (American Bully) Spermlerinde Motilite, Canlılık ve Konsantrasyon Üzerine Etkisi O. K. SOYDAN, A. G. ÖNAL	140-147
İdil/Şimşak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (<i>Vicia sativa</i> L.) Arpa (<i>Hordeum vulgare</i> L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi Effect on Forage Yield and Quality of Different Mixture Ratios of Common Vetch With Barley under Idil/Şimşak Climatic Conditions A. ZENGER, C. YÜCEL	148-163
Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (<i>Cucumis Melo</i> L.) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi Haploid Embryo Induction and Pure Line Production Using Irradiated Pollen in Kırkağaç and Ananas Type Melons (<i>Cucumis Melo</i> L.) S. PAMUK, Z. AMANGELDI, B. KAPLAN, D. ÇAĞINDA, G. KOSAL, İ. MANÇAK	164-171
Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes Kurutulmuş Mor Patateslerin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi E.E. KILIÇ, S. KESEN	172-180
Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (<i>Apium graveolens</i> L. <i>rapaceum</i>) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi The Effect of Different Drying Methods on the Aroma Profile of Celery (<i>Apium graveolens</i> L. <i>rapaceum</i>) Stems and Leaves Ö. KILIÇ BÜYÜKKURT	181-192
Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Thrips Türlerinin Popülasyon Gelişmesi E. YILDIRIM, A. F. ÇALIŞKAN KEÇE, M. R. ULUSOY	193-199
Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety Abbas Çeşidi İncir Çekirdeğinin Şeker Bileşimi ve Biyokimyasal Özellikleri T. EKER, A. T. ÖZ	200-208
The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs Kuzularda Diyetle Verilen Protein ve Tanen Düzeyinin Besi Performansı, Rumen Uçucu Yağ Asidi Profili ve Metan Üretimi Üzerine Etkisi H. KUTAY	209-216



Araştırma Makalesi

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

Gözde Nur DEMİR¹, Hasan Ali İRİK², Furkan Ömer KANARYA^{3*}

ÖZ

Kırsal alanlarda evsel atık suların arıtılması için düşük maliyetli yapay sulak alanlar kullanılmaktadır. Ancak, bu sistemlerde rutin bakım, izleme ve değerlendirme faaliyetleri gerçekleştirilmediğinden, özellikle filtre malzemelerinden kaynaklı sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, vermikülit ve zeolitin yalın halde ve farklı oranlardaki karışımlarının (%75-%25, %50-%50, %25-%75) filtre malzemesi olarak kullanımının fosfor ve azot giderimine etkisi laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Farklı derişimlerde (10, 25 ve 50 ppm) ve hidrolik bekletme sürelerinde (3, 6, 12, 24 ve 48 saat) yapılan ölçümler, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, vermikülitin fosfor gideriminde zeolitten daha etkili olduğunu, azot gideriminde ise her iki malzemenin de etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Doğal arıtma, Fosfor kirliliği, Azot kirliliği, Filtre malzemesi

Determination of Phosphorus and Nitrogen Removal Performances of Vermiculite and Zeolite from Wastewater

ABSTRACT

Low-cost constructed wetlands are used to treat domestic wastewater in rural areas. However, since routine maintenance, monitoring and evaluation activities are not carried out in these systems, problems are encountered, especially due to filter materials. This study aimed to assess the efficient of vermiculite and zeolite as filter materials (75%-25%, 50%-50% and 25%-75%) for phosphorus and nitrogen removal under laboratory conditions. Different concentrations (10, 25 and 50 ppm) and hydraulic retention times (3, 6, 12, 24 and 48 hours) were tested per Water Pollution Control Regulation. Results showed vermiculite was more effective than zeolite for phosphorus removal, while both materials were effective for nitrogen removal.

Keywords: Natural treatment, Phosphorus pollution, Nitrogen pollution, Substrate material

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-7277-1555, 0000-0002-3141-0948, 0000-0002-8920-4186

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 18.07.2024

Kabul Tarihi: 03.10.2024

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye.

² Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye.

³ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.

*E-posta: furkankanarya@yahoo.com

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

Giriş

Su, canlı yaşamındaki en önemli unsurdur. Besin maddesi olarak kullanılmasının yanı sıra içerisinde bulunan çeşitli mineral ve bileşikler sayesinde insan vücudunda bütün biyokimyasal faaliyetlerin gerçekleşmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dünya nüfusunun hızla artmasıyla endüstriyel, evsel ve tarımsal su istekleri de artış göstermektedir (Akın ve Akın, 2007; Westall ve Brack, 2018; Armağan ve Işık, 2022). Dünyada endüstriyel ve evsel atık su arıtımı için farklı teknolojiler tercih edilmektedir. Bu teknolojiler kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerden meydana gelirken arıtım giderlerine bağlı olarak yöntem tercihi yapılmaktadır.

Türkiye'nin yıllık kullanılabilir su varlığı 112 milyar m³ olup ülke nüfusu 84 milyon civarındadır (DSİ, 2024). Bu iki değer birbirine oranlanması sonucunda yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1330 m³ olarak elde edilmektedir. Uluslararası Su Yönetim Enstitüsü'nün belirlediği rakamlar doğrultusunda kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su varlığı 1000 ile 1700 m³ arasında olan ülkeler su azlığı çeken ülkeler konumundadır. Buda su zengini değil aksine su azlığı yaşayan ülkeler arasında olduğumuzu göstermektedir (IWMI, 2024). Bu nedenle su kaynaklarının yeniden kullanımı oldukça önemlidir. Atık sulardaki temel kirletici elemanlar; azot, fosfor, patojen organizmalar, iz organikler ve ağır metaller olarak gruplandırılmaktadır (USEPA, 1988). Fosfor ve azot kirliliği, ötrofikasyona sebep olarak yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı gerektirdiğinden, müsilaja neden olarak su kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu tür su kaynakları içme suyu olarak tüketilemezler. Buna ek olarak suda yaşam faaliyeti gösteren canlılar için de tehdit oluşturmaktadır (Eugenia Valsami, 2004; EEA, 2006).

Tüm bu sorunların önüne geçebilmek amacıyla arıtma sistemlerinin kullanılmaya başlanması hız kazanmıştır. Özellikle kırsal alanlarda yatırım maliyetlerinin düşük olması sebebiyle doğal arıtma sistemleri (yapay sulak alanlar) tercih edilmeye başlanmıştır. Doğal arıtma sistemleri konvansiyonel sistemlere nazaran son yıllarda uygulanması tercih edilen, enerji

ihtiyacı düşük, yatırım ve işletme maliyetleri daha az, işletim koşulları basit, çamur üretimi oldukça az olan doğal atık su arıtma sistemleridir (Uzun ve ark., 2021).

Doğal sulak alanları temsilen oluşturulan yapay sulak alanlar atık suları arıtabilmek için bünyelerinde filtre materyalleri (bitki ve toprak) bulundurlar (EPA, 1993). Bu materyaller atık sularda bulunan kirletici unsurları absorbe ederek veya bitki besin elementi olarakta kullanılan kirleticileri bünyelerinde bulundurdıkları bitkiler aracılığı ile alarak su kaynaklarını alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce arıtmaktadırlar. Doğal arıtma yapıları olarakta bilinen yapay sulak alanlar (Du Bowry ve Reaves, 1994; Kadlec ve Knight, 1996; Rivera ve ark., 1997), kırsal alanlarda tarımsal atık suların ve tarım alanlarından yıkanarak yer altına sızan sular (Dombush, 1989; Trautmann ve ark., 1989) ile evsel atık suların arıtılmaları amacıyla inşa edilmiş yapılarıdır (Cooper ve ark., 1997; Schreijer ve ark., 1997).

Su kaynaklarının korunması için özellikle azot ve fosfor kontrolü oldukça önem arz eden konular arasındadır. Hem azot hem de fosfor bitkiler için önemli besin elementi olmalarının yanı sıra aşırı kullanımlarında ise yer altı sularına karışarak su kaynaklarının kullanılmaz hale gelmesine sebep olmaktadır (Henze ve Comeau, 2008). Bunun yanında arıtılmaları da maliyetli teknolojiler gerektirmektedir. Konvansiyonel arıtma sistemlerine oranla yapay sulak alanlar daha az maliyetlidir ancak daha geniş alanlarda aynı işlemleri yerine getirmektedir. Bu alanlar, atık sularda ki azot ve fosfor üzerinde yetiştirilen bitkilerle ve bünyelerinde bulundurdıkları filtre materyalleri sayesinde adsorbe ederek atık suları arıtmaktadırlar.

Vermikülit, magnezyum silikatın 750-1000 °C aralığında ısıtılıp genleşmesi ve ayrıştırılması suretiyle elde edilen bir materyaldir. Bu süreçte minerallerinde ki suyu kaybeden vermikülit ilk durumdaki hacminin 20 katına kadar ulaşabilir. Bu nedenle hava-su ilişkisi iyileşirken poroziteside artış göstermiş olur. Özellikle temas ettiği anyonları absorbe ederek çözünemez bileşikler haline getirir (Karaman ve ark., 2012). Zeolitler, iyon değişikliği yapabilme ve adsorpsiyon gibi özellikleri sayesinde

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

endüstriyel alanlarda kendisine oldukça fazla kullanım alanı oluşturmıştır. Yine aynı özellikleri sebebiyle kirlilik kontrolünde de kullanım hızı her geçen gün artmaya devam etmiştir. Atık sularda bulunan kirletici parametreleri temizlemesinin yanı sıra serbest koşullarda bulunan kötü kokuları da bünyesine hapsedebilme özelliğine sahip alüminyum silikat kökenli bir materyaldir.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda, atık sulardan azot ve fosfor giderimi için turba toprağı, kum, çakıl, yüksek fırın cürufu, kömür fırını cürufu, kireç taşı, çeltik kavuzu, pumis, zeolit ve vermikülit gibi farklı filtre malzemelerine odaklanılmıştır (Kanarya, 2018; Uzun ve ark., 2021; Aşık, 2022; Atıcı, 2023; Berkkan, 2023; Keskin, 2023; Timoçin, 2023). Bu çalışma zeolit ve vermikülit materyallerinin atık sulardan azot ve fosfor giderimi performansını tespit edebilmek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, yapay sulak alanları temsilen pilot ölçekli olarak kolon denemeleri şeklinde yürütülmüştür. Çalışmada standart olarak iç çapı 3 cm ve uzunluğu 60 cm olarak cam malzemeden üretilen kolonlar kullanılmıştır (Şekil 1). Kolonlarda filtre materyali olarak 100 cm³ hacimde zeolit, vermikülit ve bunların farklı oranlarda karışım oranları kullanılmıştır.

Kolonların içerisinde filtre malzemesinden kaynaklı tıkanmanın önlenmesi amacıyla 1 mm gözenek çapına sahip porlar bulunmaktadır. Çalışmada ticari işletmelerden temin edilen filtre materyalleri, Çizelge 1’de verilen yüzdesel oranlarda karıştırılmıştır.

Çizelge 1. Malzeme karışım oranları

Çalışma Konusu	Zeolit (%)	Vermikülit (%)
100Z	100	0
100V	0	100
75Z25V	75	25
50Z50V	50	50
25Z75V	25	75



Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı kolon deneme düzeneği

Filtre Malzemeleri

Zeolit

Zeolit, adsorban ve katalizör olarak kullanılan mikro gözenekli, alümino-silikat kökenli minerallerdir (Öz, 2012). Zeolit, alkalilerin uzaklaştırılmasında dikkat çekmiş ve sulardan iyon değiştirme ile kationları uzaklaştırma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 2011; Türkman ve ark., 2001). Zeolitte bulunan gözenekli yapı molekülleri ve kirleticileri tutma özelliğine sahiptir (Jawahar ve ark., 2016). Çalışmada kullanılan zeolit (Çizelge 2), Manisa-Gördes bölgesinde bulunan madenlerden temin edilmiştir.

Vermikülit

Vermikülit fillo-silikat kökenli bir mineraldir (Toksoy, 1997). Çalışmada Serakulit marka Fine çeşidi vermikülit (Çizelge 3) kullanılmıştır.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

Çizelge 2. Zeolitin Kimyasal Bileşenleri

Kimyasal Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
%	71.29	13.55	1.15	3.50	1.96	0.70	0.60

Yöntem

Çalışmada iki farklı filtre materyaline (zeolit - vermikülit) ve bu materyallerin karışımlarına, MKP ile KNO₃ kullanılarak oluşturulan stok çözeltiden seyreltilerek 10, 25 ve 50 ppm derişimde fosfor ve azot içeren çözeltiler hazırlanmıştır. Kullanılan çözeltilerin derişimlerine tamamlanan çalışma öncesinde yürütülen ön denemeler sonucunda karar verilmiştir. Hazırlanan çözeltiler dijital kontrol ünitesine sahip peristaltik pompa vasıtası ile 5 ml/dk akış hızında uygulanmıştır. Çalışma süresince kolonların çıkış kısımlarından 3., 6., 12., 24. ve 48. saatlerde numuneler alınmıştır. Alınan numuneler pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot ve toplam fosfor analizlerine tabi tutulmuştur. Çalışma 3 tekerrürlü olarak sürdürülmüştür. Zeolit ve vermikülit materyalleri 1 ve 2 mm gözenek çapına sahip eleklerde eleme işlemi gerçekleştirilerek arada

kalan malzeme saf su ile yıkandıktan sonra kullanılmıştır.

pH ve EC Tayini

Alınan her numune filtre kağıdından süzölmüştür. Numuneye ait pH ve EC değeri Hanna marka HI-5522 model pH ve EC metre kullanılarak ölçölmüştür.

Toplam Fosfor Analizi

Elde edilen numunelere ait fosfor miktarları standart yöntem 4500-P C'ye göre Biotek Powerwave HT marka spektrofotometre kullanılarak 882 nm dalga boyunda okumalar gerçekleştirilerek belirlenmiştir (Dickman ve Bray, 1940).

Toplam Azot Analizi

Elde edilen numunelere ait toplam azot miktarı, 10 ml numune üzerine 0.2 ml ISA (Ionic Strenght Adjuster) çözeltisi ilave edilerek karışım sağlandıktan sonra Hanna marka HI-5522 model iyon metre ve HI-4113 model iyon probu (ISE – Ion Selective Electrode) kullanılarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Vermikülitin Kimyasal Bileşenleri

Kimyasal Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
%	37	16	13	6	4	16	0.3

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

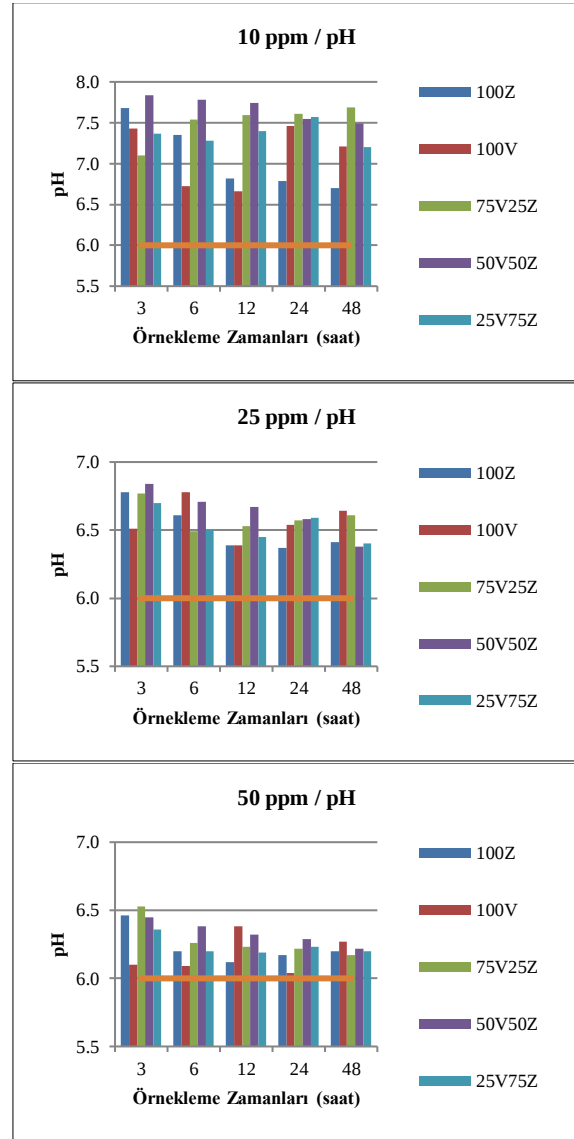
Bulgular ve Tartışma

Yürütülen çalışma sonucunda elde edilen pH değişimleri Şekil 2’de, EC değişimleri Şekil 3’te, toplam fosfor içeriği değişimleri Şekil 4’te ve toplam azot içeriği değişimleri Şekil 5’te verilmiştir.

Farklı derişimlerde hazırlanan çözeltilerin (10, 25 ve 50 ppm) pH değerleri sırasıyla 5.70, 5.41 ve 5.03 olarak tespit edilmiştir. Farklı zamanlarda alınan örneklerin pH değerleri de ölçülmüştür. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için pH değerlerinin 6 ila 10 arasında olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Çizelge 4) tüm uygulamalarda bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince pH değerleri 3. saat sonunda 6.10 (50 ppm, 100V) ile 7.84 (10 ppm, 50V50Z), 6. saat sonunda 6.09 (50 ppm, 100V) ile 7.78 (10 ppm, 50V50Z), 12. saat sonunda 6.12 (50 ppm, 100Z) ile 7.74 (10 ppm, 50V50Z), 24. saat sonunda 6.047 (50 ppm, 100V) ile 7.61 (10 ppm, 75V25Z) ve 48. saat sonunda 6.17 (50 ppm, 75V25Z) ile 7.49 (10 ppm, 50V50Z) arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 2’den anlaşılacağı üzere farklı derişimlerde uygulanmış olan azot ve fosfor içeren yapay atık su çözeltilisinin pH değerlerine etkisinin, bekletme sürelerine göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişiklikler, hazırlanan çözeltilerin materyal ile teması sonrasında materyallerin pH değerleri daha yüksek olduğundan dolayı yükselişe geçmiş olup sonrasında azalma eğiliminde olmuştur. Çalışma esnasında materyalde yıkamaya maruz kaldığından pH değerlerinde düşüş ve artışlar tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen pH değişimi Kanarya (2018) ile Uzun ve ark. (2021) tarafından elde edilen sonuçlar sonuçlarda da olduğu üzere atık suyun materyalle teması sonrası pH değerlerinde artış gözlendiği, sürece bağlı olarak artış ve azalışlar konusunda da benzerlik göstermiştir.

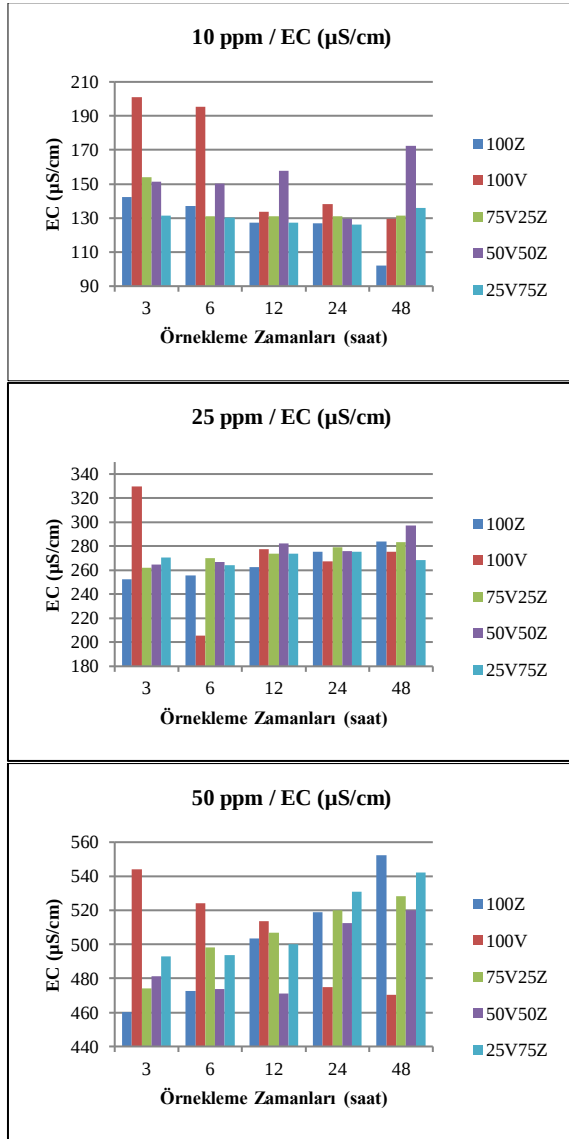


Şekil 2. Çalışma esnasında pH değişimleri

Farklı derişimlerde hazırlanan çözeltilerin (10, 25 ve 50 ppm) EC dereceleri sırasıyla 116.5, 227.58 ve 442.89 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tespit edilmiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için EC değerlerinin en fazla 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Şekil 3) tüm uygulamalarda bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi



Şekil 3. Çalışma esnasında EC (µS/cm) değişimleri

Çalışma süresince EC değerleri 3. saat sonunda 131.5 (10 ppm, 25V75Z) ile 543.9 µS/cm (50 ppm, 100V), 6. saat sonunda 130.4 (10 ppm, 25V75Z) ile 524.1 µS/cm (50 ppm, 100V), 12. saat sonunda 127.4 (10 ppm, 25V75Z) ile 513.6 µS/cm (50 ppm, 100V), 24. saat sonunda 126.30 (10ppm, 25V75Z) ile 538.8 µS/cm (50 ppm, 25V75Z) ve 48. saat sonunda ise 102.0 (10 ppm, 100Z) ile 552.4 µS/cm (50 ppm, 100Z) arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 3'te görüleceği üzere kirlilikte EC değerlerinin atık suyun temas ettiği materyale göre artarak veya azalarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

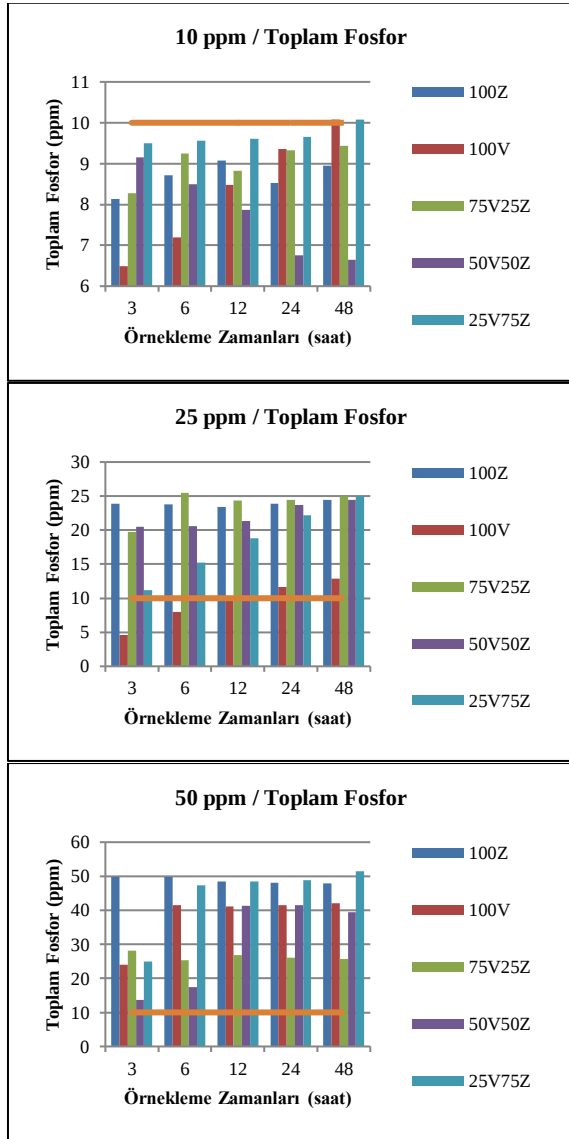
Çalışma sonucunda elde edilen EC değişimi Aşık (2022) ile Atıcı (2023) tarafından elde edilen bulgulara da olduğu gibi atık suyun temas ettiği materyale göre EC değerlerinde değişiklik göstermiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için toplam fosfor içeriğinin en fazla 10 ppm olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Şekil 4) yalnızca 10 ppm ve 25 ppm derişimde çözeltilerin uygulandığı çalışmaların bazılarında bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince toplam fosfor içerikleri 3. saat sonunda 4.63 ppm (25 ppm, 100V) ile 49.7 ppm (50 ppm, 100Z), 6. saat sonunda 7.2 ppm (10 ppm, 100V) ile 49.8 ppm (50 ppm, 100Z), 12. saat sonunda 7.86 ppm (10 ppm, 50V50Z) ile 48.49 ppm (50 ppm, 100Z), 24. saat sonunda 6.75 ppm (10ppm, 50V50Z) ile 48.86 ppm (50 ppm, 25V75Z) ve 48. saat sonunda ise 6.65 ppm (10 ppm, 50V50Z) ile 51.41 ppm (50 ppm, 25V75Z) arasında değişiklik göstermiştir. Kullanılan iki filtre malzemesinin performansları (Çizelge 4, Şekil 4) incelendiğinde ise vermikülit malzemesi oranı artış gösterdikçe fosfor gideriminin de arttığı gözlemlenmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen toplam fosfor değişimi Uzun ve ark. (2021) ile Berkkan (2023) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Hem çalışmacıların elde ettiği hem de bu çalışmada elde edilen sonuç, bekleme süresi arttıkça materyalin atık sulardan giderim performansının arttığı ve materyalin doygunluğa ulaştığı yönündedir.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi



Şekil 4. Çalışma esnasında toplam fosfor (ppm) içeriği değişimleri

Çalışma süresince toplam azot içerikleri 3. saat sonunda 0.58 ppm (10 ppm, 100Z) ile 15.64 ppm (50 ppm, 25V75Z), 6. saat sonunda 0.52 ppm (10 ppm, 75V25Z) ile 16.3 ppm (50 ppm, 25V75Z), 12. saat sonunda 1.25 ppm (10 ppm, 75V25Z) ile 15.54 ppm (50 ppm, 25V75Z), 24. saat sonunda 1.88 ppm (10 ppm, 100Z) ile 15.54 ppm (50 ppm, 25V75Z) ve 48. saat sonunda ise 1.48 ppm (10 ppm, 75V25Z) ile 14.27 ppm (50 ppm, 25V75Z) arasında değişiklik göstermiştir. Kullanılan iki filtre malzemesinin performansları (Çizelge 5, Şekil 5) vermikülit materyalinin 25 ve 50 ppm uygulama

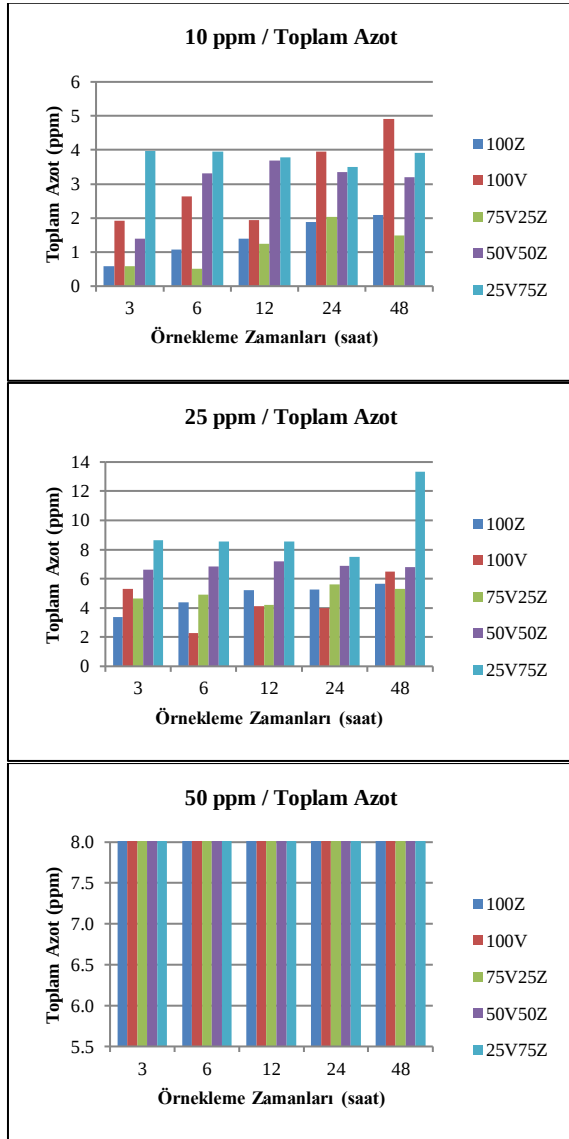
Çizelge 4. Çalışma süresince toplam fosfor (%) giderimi

Materyal	Derişim (ppm)	Örneklem Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
100Z	10	18,60	12,80	9,20	14,70	10,50
	25	4,68	5,00	6,52	4,40	2,36
	50	0,60	0,40	3,02	3,68	4,18
100V	10	35,10	28,00	15,20	6,40	0,00
	25	81,48	68,04	60,56	53,28	48,36
	50	52,04	16,98	17,76	16,86	15,70
75V25Z	10	17,30	7,50	11,80	6,80	5,70
	25	21,20	0,00	2,68	2,36	0,08
	50	43,80	49,18	46,36	47,98	48,58
50V50Z	10	8,50	15,00	21,40	32,50	33,50
	25	18,20	17,52	14,76	5,32	2,16
	50	72,82	65,30	17,44	16,90	21,26
25V75Z	10	5,00	4,40	4,00	3,40	0,10
	25	55,20	39,08	24,88	11,12	0,00
	50	50,20	5,46	3,14	2,28	0,00

Farklı zamanlarda alınan örneklerin toplam azot analizleri yapılmıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde atık suların altyapı tesislerine deşarj edilebilmesi için toplam azot içeriğinin en fazla 40 ppm olması gerektiği belirtilmiştir (SKKY, 2004). Çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre (Şekil 5) çalışmanın tamamında bu kriterin sağlandığı tespit edilmiştir.

konularında zeolite göre daha yüksek performans sergilediği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen toplam azot değişimi Keskin (2023) ile Timoçin (2023) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar da bekletme süresi ilerledikçe materyallerin doygunluğa ulaştığı ve performanslarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi



Şekil 5. Çalışma esnasında toplam azot (ppm) içeriği değişimleri

Sonuç

Doğal arıtma yöntemlerinde azot ve fosfor arıtımı için toprak veya filtre materyallerinin kullanımı tavsiye edilmektedir (Mann, 1994). Dolayısıyla farklı filtre materyallerinin azot ve fosfor kirliliği giderim performansının incelenmesi için bu çalışma Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında kolon deneyleri şeklinde yürütülmüştür. Zeolit ve vermikülit malzemeleri kullanılarak hem %100 yalın halde hem de karışım oranları (%25-%75, %50-%50 ve %75-%25) şeklinde ve 3 farklı derişimde (10, 25 ve 50 ppm) laboratuvar koşullarında üretilen

azot ve fosfor içeren yapay atık su ile 3, 6, 12, 24 ve 48 saat hidrolik bekleme süreleri sonucu numuneler alınmıştır.

Çizelge 5. Çalışma süresince toplam azot (%) giderimi

Materyal	Derişim (ppm)	Örnekleme Zamanları (saat)				
		3	6	12	24	48
100Z	10	94,20	89,30	86,00	81,20	79,00
	25	86,52	82,44	79,08	79,00	77,40
	50	83,82	81,90	80,18	78,44	77,40
100V	10	80,80	73,70	80,60	60,40	50,90
	25	78,84	90,80	83,56	84,00	73,96
	50	81,56	82,36	82,14	83,82	76,70
75V25Z	10	94,10	94,80	87,50	79,70	85,20
	25	81,44	80,40	83,24	77,60	78,76
	50	81,64	82,08	80,32	76,20	76,20
50V50Z	10	86,00	66,90	63,10	66,40	68,00
	25	73,44	72,64	71,20	72,44	72,76
	50	77,56	72,58	71,56	73,30	75,98
25V75Z	10	60,30	60,40	62,20	65,00	60,90
	25	65,48	65,84	65,76	69,92	46,68
	50	68,72	66,30	67,40	68,92	71,46

Çalışmada kullanılan iki filtre materyalinden arıtılarak elde edilen örneklerde yapılan analizler sonucunda EC değerlerinin materyallerin etkisi ile değişime uğradığı fakat ilgili yönetmelikte bulunan deşarj kriterlerini sağladığı tespit edilmiştir.

Yapılan pH analizleri sonucunda tüm materyallere uygulanan çözeltilerin arıtma işlemine tabi tutulduktan sonraki değerlerinin, hidrolik bekleme süresine bağlı olarak atık suyun materyallere teması sonrasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük pH değeri 100V kullanılan çalışmada 50 ppm derişimde çözeltili uygulanan denemenin 24. saatinde görülürken en yüksek değer 50V50Z karışımına 10 ppm derişimde çözeltili uygulanan denemenin 3. saatinde görülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen numunelerde yapılan toplam fosfor analizleri neticesinde 100V materyalinin fosfor gideriminde etkisinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Elde

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

edilen analiz sonuçlarında toplam fosfor miktarının düşük çıkması fosfor gideriminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. En yüksek fosfor giderimi vermikülit materyaline 25 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı denemenin 3. saatinde görülen sonuçtur. Fosfor gideriminin en az olduğu çalışma konusu ise 25V75Z materyaline 50 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı denemenin 48. saatinde elde edilmiştir. Derişimin 50 ppm olduğu çalışma konularında ise fosfor gideriminin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan denemeler sonucunda elde edilen toplam azot analizleri neticesinde hem zeolit hem vermikülitin azot gideriminde etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarında toplam azot miktarının düşük çıkması fosfor gideriminde daha etkili olduğunu, sonucun yüksek çıkması ise fosfor gideriminde etkili olmadığını göstermektedir. Bu bilgi ışığında en yüksek azot giderimini sağlayan çalışma konusu 10 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı denemenin 75V25Z ve 100Z konusudur. Azot giderim performansının düşük olduğu çalışma konusu ise 50 ppm derişimde çözeltinin uygulandığı 25V75Z deneme konusudur.

Yapılan bu çalışma sonucunda yapay sulak alanlarda tercih edilecek filtre malzemesi seçiminin olabildiğince yüksek öneme sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma neticesinde vermikülit malzemesinin fosfor gideriminde zeolitten daha etkili olduğu görülmüştür. Vermikülit, zeolit malzemesinden daha etkili ve daha ekonomik olmasına rağmen hafif bir malzeme olduğundan tek başına kullanılması materyalin sahada su yüzeyine çıkması şeklinde zorluklarla karşılaşılmasına olacaktır. Daha yoğun malzemeler ile karıştırılarak kullanılması, performans iyileştirici olarak tercih edilmesi önerilir.

Atık sulardan azot giderimi için her iki malzemede oldukça güzel sonuçlar vermektedir. Hem vermikülit ile zeolit hem de karışımlarının kullanılmasının çalışma sonucunda uygun olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-10753 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akın, M., Akın, G., (2007) Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47, 105-118.
- Anonim, (2011) What are constructed wetlands in Treatment of Agricultural Waste by use of Constructed Reed-bed Wetlands, <http://pgoforth.mywep.uga.edu/page3.html>, (Erişim tarihi: 15.08.2022).
- Armağan, M., Işık, M.İ., (2022) Karapınar (Konya) Tuzcul Alanlarındaki Kuraklığa Dayanıklı, Mera Islahında Kullanılabilecek Bitkiler. Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi, 2(2), 67-74.
- Aşık, Y.C., (2022) Zeolit ve çeltik kavuzunun atık sulardan azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Atıcı, G., (2023) Zeolit ve Talaşın Atık Sulardan Azot ve Fosfor Giderim Performansının Belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Berkkan, K., (2023) Kum, çeltik kavuzu ve zeolit karışımının atık sulardan azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Cooper, P., Smith, M., Maynard, H., (1997) The design and performance of a nitrifying vertical-flow reed bed treatment system. Wat. Sci. Tech., 35, 215-221.
- Dickman, S.R., Bray, R.H., (1940) Colorimetric determination of phosphate. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition, 12(11), 665-668.
- Dombush, J.X., (1989) Natural renovation of leachate-degraded groundwater in excavated ponds at a refuse landfill. In: Hammer, D.A. (Ed.), Constructed

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

- Wetlands for Wastewater Treatment. Chelsea, Lewis, pp. 743–752.
- DSİ, (2024) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları. <https://dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> Erişim Tarihi:10.05.2024.
- Du Bowry, P.L., Reaves, R.P., (1994) Constructed wetlands for animal waste management. In: Proceedings of a workshop, 4–6 April. Purdue University, Wes Lafayette IN.
- EEA, (2006) European Enviromental Agency, Akdeniz bölgesi öncelikli çevre sorunları. Rapor No 4/2006 Luksemburg ISBN 978-92-9167-370-4
- EPA, (1993) Constructed wetlands for waste water treatment and wild life habitat: 17 Case Studies. EPA 832-R-93-005
- Eugenia Valsami, J., (2004) Phosphorus in Enviromental Technologies Prenciples and Applications. IWA Publishing. Integrated Enviromental Technology Series. UK ISBN 1 84339 001 9
- Henze, M., Comeau, Y., (2008) Wastewater characterization. Biological wastewater treatment: Principles modelling and design, 33-52.
- IWMI, (2024) International Water Management Institute, <https://www.iwmi.cgiar.org/> (Erişim Tarihi: 01.09.2024)Jawahar, S., Nafar, A., Vasanth, K., Musthafa, M.S., Arockiaraj, J., Balasundaram, C., Harikrishnan, R., (2016) Dietary supplementation of Zeolite on growth performance, immunological role, and disease resistance in Channa striatus against Aphanomyces invadans. Fish & Shellfish Immunology, 51, 161-169.
- Kadlec, H.R., Knight, R.L., (1996) Treatment Wetlands. Lewis, Boca Raton, New York, London, Tokyo, p. 893.
- Kanarya, F.Ö., (2018) Yapay sulak alanlarda performans değerlendirilmesi: Kayseri Salur örneği. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Karaman, M.R., Adiloğlu, A., Brohi, R., Güneş, A., İnal, A., Kaplan, M., ... Zengin, M., (2012) Bitki besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, 2, 272-281.
- Keskin, S.S., (2023) Pumis, kireç taşı ve kum karışımının atık sulardaki azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Mann R.A., (1994) Phosphorus Removal in Constructed Wetlands: Substratum adsorption, pp.97-105, Pergamon Press, Oxford.
- Öz, B., (2012) “Doğal Zeolitlerin Modifiye Edilmesiyle Elde Edilen Anyonik Reçinelerin Sulardaki Bazı Metal İyonlarının Gideriminde Kullanımı”, Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 83 sf., Çorum.
- Rivera, R, Warren, A., Curds, C.R., Robles, E., Gutierrez, A., Gallegos, E., Caldeffin, A., (1997) The application of the root zone method for the treatment and reuse of high strengt habattoir waste in Mexico. Wat. Sci. Tech. 35, 271–278.
- Schreijer, M., Xampf, R., Toet, S., Verhoeven, J., (1997) The use of constructed wetlands to upgrade treated sewage effluents before discharge to natural surface water in Texelisland, The Netherlands: pilot study. Wat. Sci. Tech. 35:231–237
- SKKY, (2004) <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0> Erişim Tarihi: 28.09.2022
- Timoçin, M.A., (2023) Zeolit ve kireç taşı karışımının atık sulardaki azot ve fosfor giderim performansının belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Toksoy, F., (1997) Vermikülit: Mineraloji, Jeolojik Oluşum, Endüstriyel Kullanım ve Türkiye'deki Durumu, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye
- Trautmann, N.M., Martin Jr, J.H., Porter, K.S., Hawk Jr., K.C., (1989) Use of artificial wetlands for treatment of municipal solid waste land fillleachate. In: Hammer, D.A. (Ed.), Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Lewis, Chelsea, pp. 245–251.

Vermikülit ve Zeolitin, Yapay Atık Sulardan Fosfor ve Azot Giderim Performanslarının Belirlenmesi

- Türkman A., Aslan Ş., Ege İ., (2001) Doğal Zeolitlerle Atıksulardan Kurşun Giderimi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 3, 2.
- USEPA, (1988) Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. Ohio, USA.
- Uzun, O., Gokalp, Z., Irik, H.A., Varol, I.S., Kanarya, F.O., (2021) Zeolite and pumice-amended mixtures to improve phosphorus removal efficiency of substrate materials from wastewaters. Journal of Cleaner Production, 317, 128444
- Westall, F., Brack, A., (2018) The importance of water for life. Space Science Reviews, 214(2), 1-23.



Derleme Makale

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

Mustafa ASLAN^{*1} Asiye AKYILDIZ²

ÖZ

Gıda işleme proseslerinde ısıl olmayan yenilikçi teknolojiler gıdaların raf ömrünü arttırdığı ve gıda ürünlerinin besin, tazelik ve duyuşal özellik gibi kalitesini koruduğu için büyük önem kazanmıştır. Bu nedenle ultrases, vurgulu ışık, ultraviyole radyasyon, ozon uygulamaları, atmosferik soğuk plazma, süperkritik karbondioksit ve yüksek hidrostatik basınç gibi termal olmayan alternatifler ile mikrobiyal yükü azaltılmış yüksek kaliteli gıda elde etme teknolojilerinin daha iyi araştırılması gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ısıl olmayan teknolojilerin pestisitlerin azaltılmasında da önemli bir potansiyeli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu derlemede ısıl olmayan bazı yeni teknolojilerin pestisit degradasyonunda kullanım olanakları, aynı zamanda bu teknolojilerin verimliliğini etkileyen mekanizmalar, uygulamalar ve faktörler özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl olmayan, pestisit, parçalanma, gıda güvenliği

New (Non thermal) Applications for Degradation of Pesticides Presence in Food

ABSTRACT

Innovative non thermal technologies in food processing have gained great importance as they increase the shelf life of foods and preserve the quality of food products such as nutrition, freshness and sensory properties. Therefore non thermal alternatives such as ultrasound, pulsed light, ultraviolet radiation, ozone applications, atmospheric cold plasma, supercritical carbon dioxide and high hydrostatic pressure and technologies for obtaining high quality food with reduced microbial load need to be better investigated. Studies revealed in recent years that non thermal technologies have significant potential in reducing pesticides. In this review, the possibilities of using some new non thermal technologies in pesticide degradation as well as the mechanisms, applications and factors that affecting efficiency of these technologies, are summarized.

Keywords: Non thermal, pesticides, degradation, food security

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0005-7418-883X, 0000-0001-5584-0849

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 26.07.2024

Kabul Tarihi: 12.11.2024

¹ Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Gaziantep, Türkiye

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Adana, Türkiye

*E-posta: aslan.m@tarimorman.gov.tr

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

Giriş

Gelişmekte olan birçok ülkenin ekonomisi tarıma dayanmaktadır. Nüfustaki büyümeye paralel gıda talebi de artmaktadır. Yüksek gıda talebini karşılamak için üreticiler tarım ilaçları kullanarak kısa zaman içinde ürün miktarını arttırmaktadır. Bu olumsuzlukları önlemek ve kontrol altına almak için 1970'ler ve 1980'lerde seçici pestisitler kullanılmaya başlanmıştır. Araştırmalar artan bu seçiciliğe sahip pestisitlere odaklanmaya başlanmıştır (Fenik ve ark., 2011). Pestisitler tarımsal ürünleri böceklerden yabancı otlardan istenmeyen hayvanlardan ve bitkilerden korumak için tarım alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Pathak ve ark., 2022; Fiona ve ark., 2021). Pestisitler sahada uygulandıktan sonra toprak, su, hava aracılığı ile taşınırlar (Lopez ve ark., 2024). Pestisitlerin bu şekilde çevreye dağılımı ve çevrede birikmesi insanların çeşitli yollarla zararlı maddelere maruz kalmasına neden olmaktadır (Fantke ve Joliet, 2016; Kalyabina ve ark., 2021). Pestisitler farklı ve karmaşık oksidasyon ve degradasyon

teknikleri gibi çeşitli yöntemlerle ortadan kaldırılabılır (Kıda ve ark., 2018). Yüzey aktif maddeler, iyonik solventler, klorlama ve hidrostatik basınç pestisit miktarını azaltmak için kullanılmaktadır (Lizuka, 2014; Rodrigues ve ark., 2019). Ayrıca yüksek sıcaklıkta yıkama ve kimyasal ile yıkamanın tarım ürünlerinin üzerinde besin kaybı, renkte değişim ve aroma kaybı gibi birtakım zararlı etkileri olduğu bildirilmiştir (Azam ve ark., 2020). Bulaşığı önleme teknikleri, yüksek kalitede ve güvenli gıda ürünlerine ilgi duyan tüketicilerin taleplerine göre artmıştır. Raf ömrü ve gıda güvenliğini arttırmaya yönelik ortaya çıkan termal olmayan teknolojiler gıda işleme sektöründe devrim yaratmaktadır. Bu derlemede pestisitlerin parçalanmasında kullanılan ısıl olmayan yöntemlerden ultrases, yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan, ozon uygulamaları ve radyasyon teknolojileri anlatılmaktadır.

Çizelge 1. Türkiye’de son 4 yıla ait pestisit kullanım miktarları (Tarım ve Orman Bakanlığı., 2024).

Yıllar	Zirai İlaç Türleri						Toplam (kg/L)
	İnsektisit (kg/L)	Fungusit (kg/L)	Herbisit (kg/L)	Akarisit kg/L)	Rodentisi t+Malluss isit (kg/L)	Diğerleri (kg/L)	
2023	12.326.000	19.614.000	15.509.000	3.104.000	297.000	6.916.000	57.766.000
2022	12.205.000	19.446.000	14.553.000	2.462.000	298.000	6.410.000	55.374.000
2021	11.070.658	19.097.968	13.319.891	2.342.473	282.948	6.851.062	52.965.000
2020	12.347.000	20.600.000	13.250.000	2.200.000	280.000	4.995.000	53.672.000

Isıl Olmayan Yöntemler

Ultrases Uygulamaları

Gıda endüstrisinde ultrases uygulamaları düşük sıcaklıkta uygulanması ve gıdanın organoleptik özellikleri üzerine daha az etkili olduğundan pastörizasyon ve diğer dekontaminasyon yöntemlerinin yerine kullanılmasıyla ön plana çıkmaktadır (Silva, 2020). Ultrases yüksek kalitede meyve ve sebze üretiminde kullanılabilecek ikincil kirleticilere yol açmayacak ısıl olmayan işleme teknolojilerinden biridir (Pingret ve ark., 2012).

Geleneksel teknolojilerle karşılaştırıldığında işlem süresini kısaltıp verimliliği arttırıp daha az enerji tüketirken meyve ve sebzelerin duyusal ve besinsel niteliklerini korumaktadır (Bhargava ve ark., 2020). Ultrases işleminde kavitasyon önemli bir yer tutmaktadır. Sıvı veya katı-sıvı ortamlarda oluşturulan bir dizi ses dalgaları, basınç değişimine ve basınç değişimleri de baloncuklar oluşmasına neden olmaktadır. Ultrasonik kavitasyon, akustik enerjinin emilmesi, genişlemesi, sönmülmesi ile kabarcıkların sürekli oluşmaya devam etmesi olayıdır (Soria ve Villamiel, 2010). Ultrases

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

işlemi sırasında oluşan kavitasyon kabarcıklarının sayısı ve patlama enerjisi ultrasonik güç ve frekans ile belirlenir (Zhanga ve ark., 2022). Son yıllarda gıda endüstrisinde ultrasound uygulamaları ekstraksiyon, filtrasyon emülsifikasyon ve dayandırma sağlama gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır. Ayrıca meyve ve sebzelerde pestisitlerin yok edilmesinde de etkili olduğu anlaşılmıştır (Yuan ve ark., 2021). Üzerinde organofosfor pestisit (trichlorfon, dimethoate, dichlorvos, fenitrothion, ve chlorpyrifos) kalıntısı bulunan salatalıklarda yapılan bir çalışmada, 20 dakikalık ultrasound uygulamasının ardından kalıntı oranında %85'lik bir düşüş tespit edilmiştir (Liang ve ark., 2012). Su ile yıkama ve bazı kimyasal ajanlar kullanmak gibi geleneksel proseslerle ultrases yöntemi kıyaslandığında ultrases pestisit degradasyonunda çok daha etkili olabildiği bildirilmiştir. Ozonlu su (1 mg O₃/L), musluk suyu ve ultrases (40 kHz) yöntemleri ile 16 farklı pestisit bulunan çilek örneklerinde; ultrases yönteminde % 45–90 oranında, ozonlu su uygulamasında % 35-75 oranında, musluk suyu uygulamasında %20- 68 oranında pestisit degradasyonu sağlanmıştır (Lozowicka ve ark., 2016). Çin lahanasında iki ve üç frekanslı ultrases uygulaması ve kontrol grubu olarak su ile yapılan çalışmada dimetoat ve diazinon kalıntıları temizlenmeye çalışılmış ve dimetoat %20.10-72.42 diazinon %29.60-77.37 aralığında azalmış olup kontrol grubu olan su ile yıkamada ise dimetoat % 13.24-19.89 ve diazinon % 17.32-24.16 oranında azalma olmuştur (Alenyorege ve Haile, 2023). Ultrases işleminin pestisitlerin degradasyonu üzerindeki etkinliği güç, frekans, uygulanma süresi gibi operasyonel parametreler bağlı olduğu kadar uygulanacağı meyve ve sebzenin ayrıca kullanılan pestisit türevinin karakteristiğine de bağlıdır (Bilek ve Turantas, 2013).

Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları

Termal olmayan ve yeşil pastörizasyon olarak adlandırılan yüksek hidrostatik basınç esas olarak gıda güvenliği ve muhafazası alanında kullanılmaktadır. Patojenleri, bozulmalara neden olan bakterileri, sporları ve enzimleri etkisiz hale getirme yeteneğine sahiptir (Barba ve ark., 2015). Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının en önemli avantajlarından birisi kütle, boyut ve geometriden bağımsız olarak gıdaların tüm yönlerine uygulanan anlık ve tekdüze basınçtır (Wang ve ark., 2012). Bazı araştırmacılar yüksek hidrostatik basınç işleminden sonra pestisit oranında önemli düşüşler olduğunu bildirmiştir (Lizuka ve Shimizu, 2014). Yüksek hidrostatik basıncın pestisitler üzerine etkisine ilişkin tek çalışma numunelerin sıvı ortamlarla doğrudan temas halinde işleme tabi tutulmalarıdır. Yüksek hidrostatik basıncın pestisit kalıntıları üzerindeki etkisinin incelendiği şimdiye dek yapılmış dört çalışmada (Lizuka ve ark., 2013; Iizuka ve Shimizu, 2014a; Iizuka ve Shimizu, 2014b) bütün sebzeler su veya alkollü çözeltiler içerisinde yüksek hidrostatik basınç ile işlenmiş ve sebzelerdeki pestisitlerin çevrelerindeki suya karıştığı bildirilmiştir (Nikolas ve ark.,2024). Nikolas ve ark(2024) bal numunelerini pestisit ile kontamine ederek yüksek hidrostatik basıncın pestisitlerin degradasyonuna olan etkisini incelemiş ve çalışmada kontamine ballara 40°C ve 25°C'de 1, 3, 6, 12 dakika 150, 400 ve 500 MPa basınç uygulanmış ve pestisit miktarında önemli oranda azalma (malathion %30.6 chlorpyrifoz 28.6 coumaphos %21 bromopropylate %15.7 tau-fluvalinate 10.6) görüldüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada balın kalite özelliklerinde önemli bir değişim olmazken antioksidatif özelliğinde artış tespit edilmiştir (Nikolas ve ark., 2024). Mekanik açıdan bakıldığında, meyve ve sebzeler yüksek basınçta işlendiğinde, pestisit molekülleri arasındaki hidrojen bağları önemli ölçüde etkilenecek hidrofobik etkileşimlerin

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

zayıflamasına neden olmuştur. Böylece pestisit molekülleri transfer ortamına taşınmış olmaktadır. Bu durum pestisitlerin, meyve ve sebze yüzeylerinden uzaklaşmasını açıklayabilir. Fakat yüksek hidrostatik basıncın toksik ara maddeler oluşturup oluşturmaması ile ilgili henüz yeterli çalışma yoktur (Lizuka, ve ark., 2013).

Vurgulu Elektrik Alan Uygulamaları

Vurgulu elektrik alan inaktif, patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara ve enzimlere karşı gıda ürünlerinin raf ömrünü kalitesini korumak için ortaya çıkan ısı olmayan bir uygulama yöntemidir. Isıl işlemlerle karşılaştırıldığında vurgulu elektrik alan kalite özellikleri üzerinde çok daha az olumsuz etki yaratmaktadır. Ayrıca biyoaktif bileşenleri ekstraksiyonu ve korunması, kütle ve ısı transferini arttırmada kullanılır (Xue ve ark., 2015). Termal işleme teknolojileri ile karşılaştırıldığında vurgulu elektrik alanın kalite özellikleri üzerinde ısı etkisinden kaçınıldığı için negatif etkisi daha az ve proses süresi daha kısadır (Ağcam ve ark., 2016). Vurgulu elektrik alan, harici elektrik alandan beslenen iki elektrot arasına koyulan gıdalara 1kV/cm ile 80 kV/cm arasında kısa darbelerle maruz bırakılmasını içeren bir uygulamadır. Uygulanan gıda maddesinin hücre membranlarının her iki tarafında da zıt yükler birikir. Bu olay hücre membranında elektroporasyon adı verilen geri tersinir veya geri döndürülemez gözeneklerin oluşmasına neden olur. Membran geçirgenliğinin bozulması ise uygulama koşullarına bağlıdır. Bu uygulama sırasında bazı yararlı kimyasal reaksiyonlarda gerçekleşir. Uygulamanın yapıldığı gıda maddesinin özelliklerine bağlı olarak elektrokimyasal karakterlerinde değişiklikler olur (Wang ve ark., 2018). Gıdalarda bulunan pestisit kalıntılarının gelince polar moleküllerin titreşimi ve rotasyonu ile bozunmaya uğrarlar ya da uygulama boyunca serbest radikallerin

oksidasyonu ile bozunmalar olur (Chen ve ark., 2009). Vurgulu elektrik alan uygulamasının pestisit kalıntılarının konsantrasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Pallarés ve ark., 2020). Vurgulu elektrik alanın pestisitler üzerindeki etkinliği pestisit özelliği, elektrik alan kuvveti, darbe şekli, darbe sayısı, darbe süresi ve darbeler arası duraklama gibi operasyonel parametrelere bağlıdır (Zhanga ve ark., 2022). Vurgulu elektrik alan uygulamanın diğer uygulamalara nazaran kurulum maliyetinin daha yüksek ve katı gıdalar gibi alanlarda uygulamaların sınırlı olması gibi dezavantajları da söz konusu olmaktadır (Pandiselvam ve ark., 2022). Yapılan bir çalışmada beyaz şaraptan 4 farklı fungusit çeşidi uzaklaştırılmaya çalışılmış ve beyaz şaraba primetanil, vinklozolin, siprodinil, prosimidon (%12'lik etanol içinde) eklenmiş ve 20 kV/cm 1 milisaniye vurgulu elektrik alan uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama sonunda primetanil, vinklozolin, siprodinil, prosimidon sırasıyla % 48, % 23, % 32, % 27 azaltılmıştır (Delsart ve ark., 2016). Ancak bu çalışmaları geniş gıda ürünleri yelpazesinde destekleyecek ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Ozon Uygulamaları

Ozon kolayca hidroksil gruplarına ve oksijen atomuna ayrılan pestisitleri dolaylı veya doğrudan oksitleyerek ayrıştıran renksiz bir gazdır (Pandiselvam ve ark., 2017; Wang ve ark., 2019). Ozon uygulamalarının organofosfor, orgnoklorinler, malathionlar, piretroitler, karbamatlar ve sık rastlanan diğer pestisit kalıntılarını degradasyona uğratma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Ozonlanmış sular pestisitleri hidroliz, fotoliz ve indirgenme oksidasyon yolu ile yok etmektedir (Wang ve ark., 2019). Souza ve arkadaşlarının (2018) limon ve difenokonazol pestisitlerinin limondan uzaklaştırılmasında ozonun gaz ve sulu formunu uygulamışlardır. Yaptıkları çalışmada 5 ve 10 g mL⁻¹ miktarında ozonun limon üzerinde var olan pestisitlerin %80'ini yok

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

ettiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada ozon uygulaması sonrası pestisitlerin parçalanma ürünlerine rastlamamışlardır. Ozon uygulamaları pestisit miktarını azaltsa da işlem kolay başarıya ulaşmamıştır. Birçok faktör; dozaj miktarı, ozonun sıvı veya gaz halinde olması, zaman ve sıcaklık koşulları, uygulanan yüzey ve gıdanın türü ozon uygulamasının verimliliğini etkilemiştir. Tüm faktörler belirli bir denge içerisinde uygulandığında bazı küçük negatif etkileri de olsa büyük oranda başarı sağlandığı bildirilmiştir. Ozon uygulamalarında uygulanan parametrelerin içerisinde dozaj bu nedenle çok önemlidir(Diksha ve ark., 2015). Kurutulmuş biberlerde yapılan bir diğer çalışmada ozon gaz halinde, kurutulmuş biberlerde bulunan malathion, klorpirifos, profenofos ve ethion olmak üzere dört organofosfatlı pestisitlerin parçalanması için başarıyla uygulanmış ve pestisitlerin sırasıyla 17.4- 27.4 -34.1 ve 18.0 dakikada yarılandığı, ozon uygulaması olmadan ise 66.6-75.7- 73.5 ve 120.9 dakikada yarılandığı bulunmuştur. Ozonlama işleminin söz konusu pestisitlerin yarılanma ömründe çok büyük etken olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ozonlama işleminin kurutulmuş biberin su aktivitesini, kapsisin içeriğini, rengini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir (Sintuya ve ark.,2018).

Radyolojik Teknoloji Uygulamaları

Radyasyon uzayda ya da bir madde de bir kaynaktan bir diğerine yayılan enerjidir (WHO, 2024). Işınlama teknolojisi gıdalarda mikroorganizmaları, parazitleri, böcekleri ve zirai ilaç kalıntılarını yok ederek gıdaları steril etmek ve korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır(Lima ve ark., 2018). Radyasyon teknolojiler yalnızca verimliliği nedeni ile değil aynı zamanda farklı matrislerdeki kirleticilerin arıtılmasında da çok yönlülüğü ve termal olmayan doğası ile ilgili tüm alanlara kullanışlı ve etkili bir alternatif sunmaktadır. Işınlama tekniği klorlu organik

bileşikler, aromatik hidrokarbonlar, polyflorilalkil maddeler, pestisitler, aromatik hidrokarbonlar gibi yeraltı kirleticilerini parçalama yeteneğine sahiptirler (Chmielewski, 2023). Radyasyon teknolojisi kontaminantların degradasyonu için gamma ışınlarının veya yüksek/düşük enerjili elektronların kullanımını içeren bir iyonizasyon radyasyonu çeşididir. Bu teknoloji gıda paketlenme ve gıdalarda koruma amaçlı kullanılmaktadır. Bu teknoloji uygulama sırasında toksik kimyasallara ihtiyaç duyulmadığından dolayı genel olarak zararlı olmayan teknoloji olarak kabul edilir ve topraktaki kontaminantların yok edilmesinde, sulu örneklerin daha iyi saflaştırılmasında iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Bao ve ark., 2022). Uygulama boyunca herhangi bir matristeki kirleticilerin dekontaminasyonu veya mineralizasyonu için yüksek oksitleyici ve indirgeyici radikaller ve diğer reaktif türler doğrudan ya da dolaylı olarak üretilmektedir (Chmielewski, 2023). Gama ışınları farklı organofosforlu pestisitlerin(klorfenvinfos, diazinon, dimetoat ve profenofos) musluk suyu, yeraltı suyu ve kontamine olmuş tarım sularında parçalanması ve uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (Khedr ve ark., 2019). Yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda malathion, cypermethrin pirimiphos-methyl kullanılarak sulu çözeltilerle, seçilen meyve ve sebzelerde (patates, soğan, hurma) pestisitlerin ortamdan uzaklaştırılmasında gamma ışınlarının rolü araştırılmış ve pestisitlerin radyasyona bağlı degradasyonunun sulu ortamlarda meyve ve sebzelere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Patates, soğan ve hurma sırası ile 0.05ppm, 8ppm, 8ppm malathion ile soğan ve üzüm 1 ppm pirimiphos-methyl ile patates ve soğan sırası ile 0.05 ve 0.1 ppm cypermethrin ile kontamine edilerek 1 kGy ışınlama yapılmış ve kontaminasyon seviyelerinin Maksimum Kalıntı Limitlerinin altına düşmediği gözlemlenmiştir. 0.05 ppm pirimiphos-methyl ile kontamine edilen patatese 1 kGy 1ppm pirimiphos-methyl

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

ile kontamine edilen üzüme 2 kGy 0.1 ppm pirimiphos-methyl ile kontamine edilen hurmaya 1kGy seviyesinde ışınlama yapıldığında Maksimum Kalıntı Limitlerinin altına düştüğü bulunmuş. Ayrıca 8 ppm malathion ve 2ppm cypermethrin ile kontamine edilen üzümlere 7 kGy ışınlama yapıldığında Maksimum Kalıntı Limitlerinin altına düştüğü bulunmuştur (Basfar ve ark., 2012).

Kombine Teknolojiler

Kombine teknolojiler bireysel teknolojilerin etkilerinden kaçınmak, sinerjistik etkileri geliştirmek dolayısıyla pestisit eliminasyonunu geliştirmek amacıyla birden fazla termal veya termal olmayan işleme teknolojisinin birleştirilmesini ifade etmektedir. Yalnızca işlem süresini kısaltmakla kalmamakta aynı zamanda meyve ve sebzelerin kalitesini de korumaktadır (Misra, 2015). Bununla beraber kombine yöntemlerin eliminasyon mekanizmaları teknolojilerin ve pestisitlerin türüne göre farklılık göstermektedir.

Sonuç

Ultrases, yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan ve ultraviyole ışınlama teknolojileri gibi çeşitli yeşil ve termal olmayan yeni teknolojiler gıdalarda besin kaybına neden olmayan ya da çok az kayıplara neden olan teknolojiler olduğu için son yıllarda sterilizasyon ve pastörizasyon işlemleri ile raf ömrünü uzatma amaçlı kullanım olanakları daha fazla araştırılmakta ve bazı gıda sanayi dallarında kullanılmaktadır. Bu teknolojiler raf ömrünü uzatmanın yanısıra toksik maddelerin uzaklaştırılmasında da son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Toksisitenin giderilmesi amacıyla yapılan bilimsel araştırmalara bakıldığında bu çalışmaların farklı gıda maddelerinde kullanım olanaklarının daha geniş bir şekilde çalışılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda ve bilimsel çalışmalarda özellikle toksik maddelerin parçalanma ürünlerinin gıdalardan uzaklaştırılması konusunda ısıl olmayan teknolojilerin kullanım olanaklarının yeterince araştırılmadığı görülmüştür. Dolayısıyla bu konu üzerinde çok daha fazla bilimsel araştırma yapılması gerekmektedir.

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

Kaynaklar

- Agcam,E., Akyildiz, A., Akdemir Evrendilek, G., (2016). A comparative assessment of long-term storage stability and quality attributes of orange juice in response to pulsed electric fields and heat treatments, Food and Bioproducts Processing 99: 90-98.
- Ahmed, A., Basfar, N., Khaled, A., Mohamed, O. A. A.,(2012). De-contamination of pesticide residues in food by ionizing radiation. Radiation Physics and Chemistry 81:473-478.
- Alenyorege ,E.A., Ma ,H., (2023). Removal of pesticides from fresh-cut Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *chinensis* L.) by sequential multi-frequency ultrasound cleaning treatments. Food and Humanity 1: 958–965.
- Ali, A., Wei, S., Liu, Z., Fan, X., Sun, Q., Xia, Q., Deng, C., (2021). Non-thermal processing technologies for the recovery of bioactive compounds from marine by-products. LWT, Food Science and Technology 147:111549.
- Azam, S.M.R., Ma, H., Xu, B., Devi, S., Siddique, M.A.B., Stanley, S.L., Bhandari, B., Zhu, J.,(2020). Efficacy of ultrasound treatment in the and removal of pesticide residues from fresh vegetables. Trends Food Science Technology. 97 : 417–432.
- Barba, F.J. . Terefe, N.S., Buckow, R., Knorr, D., Orlie, V.,(2015). New opportunities and perspectives of high pressure treatment to improve health and safety attributes of foods. Food Research International 77 : 725- 742.
- Bhargava, N., Mor, R.S., Kumar, K., Sharanagat, V.S., (2021). Advances in application of ultrasound in food processing. Ultrasonics Sonochemistry 70 : 105293.
- Bilek, S.E., Turantas, F., (2013). Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry. Int. J. Food Microbiol. 166 : 155-162.
- Chen,F., Zeng,L., Zhang, Y., Liao, X., Ge, Y., Hu, X., Jiang, L.,(2009). Degradation behavior of methamidophos and chlorpyrifos in apple juice treated with pulsed electric fields, Food Chemistry 112 :956-961.
- Chmielewski,A.G.(2023). Radiation technologies: The future is today. Radiation Physics and Chemistry, 213-111233.
- Delsart, C., Franc, C., Grimi, N., De Revel, G., Vorobiev, E., Peuchot, M. M. (2016). Effects of pulsed electric fields on four residual fungicides in white wines. (Eds.). 1st World Ceongress on electroporation and pulsed electric fields in biology. Medicine and Food & Environmental Technologies
- Fantke, P., Jolliet, O.,(2016). Life cycle human health impacts of 875 pesticides. Int J Life Cycle Assess 21:722–733.
- Fenik,J.,Tankiewicz,M.,Biziuk,M.,(2011).Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables, Trends in Analytical Chemistry 30:6
- Hernandez-Hernandez, H. M., Moreno-Vilet, L., Villanueva-Rodríguez, S. J. (2019). Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. Innovative. Food Science & Emerging Technologies 58: 102233.
- Kalyabina, V.P., Esimbekova, E.N., Kopylova, K.V., Kratasyuk, V.A., (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health. Toxicology Reports 8: 1179–1192.
- Kida, M., Ziembowicz, S., Koszelnik, K., Application of an ultrasonic field for the removal of selected pesticide., E3S Web Conferance. 49-6-00054
- Liang, Y., Wang, W., Shen, Y., Liu, Y., Liu, X.J., (2012). Effects of home preparation on organophosphorus pesticide residues in raw cucumber. Food Chemistry. 133 : 636-640.
- Lima, F., Vieira, K., Santos, M., deSouza, P.M., (2018). Descriptive Food Science. Diaz, A.V., Garcia-Gimeno, R.M.,(Ed.),138-146, IntechOpen Limited, London.

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

- Lizuka, T., Yahata, M., Shimizu, A., (2013). Potential mechanism involved in removal of hydrophobic pesticides from vegetables by hydrostatic pressure. *Journal of Food Engineering* 119 : 1-6
- Lizuka, T., Shimizu, A.,(2014). Removal of pesticide residue from Brussels sprouts by hydrostatic pressure, *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 22 : 70-75
- Lizuka, T., Shimizu, A., (2014). Removal of pesticide residue from cherry tomatoes by hydrostatic pressure (Part 2). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 26 :34–39.
- Lopez, A., Ruiz, P., Fuentes, E., Yus, V., Dualde, P., Miralles, P., Coscoll, C., (2024). Simultaneous direct determination of glyphosate and AMPA in the ambient air and inhalation risk assessment in a Mediterranean region (Spain). *Atmospheric Environments*. 317-120204.
- Lozowicka, B., Jankowska, M., Hrynko, I., Kaczynski, P., (2016). Removal of 16 pesticide residues from strawberries by washing with tap and ozone water, ultrasonic cleaning and boiling. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 51
- Misra, N.N.,(2015). The contribution of non-thermal and advanced oxidation technologies towards dissipation of pesticide residues. *Trends in Food Science & Technology* 45: 229-244.
- Oz, E. (2021). The impact of fat content and charcoal types on quality and the development of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons and heterocyclic aromatic amines formation of barbecued fish. *International Journal of Food Science & Technology*, 56 (2), 954–964.
- Pallarés,N., Tolosa,J., Gavahian,M., Barbara,F.J., Khaneghah,A.M., Ferre,E.,(2020). Pulsed Electric Fields to Obtain Healthier and Sustainable Food for Tomorrow, F.J. Barba, O. Parniakov, A. Wiktor (Ed) 141-152. Academic Press
- Pandiselvam,R., Kaavya ,R., Khanashyam,A.C Divya,V., Abdullah,S.K., Aurum ,F.S.,D akshyani,R., Kothakota ,A.,Ramesh,S.V., Khaneghah,A.M.,(2022). Research trends and emerging physical processing technologies in mitigation of pesticide residues on various food products. *Environmental Science and Pollution Research* 29:45131–45149.
- Pathak, V.M., Verma, V.K., Rawat, B.S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., Cunill, J.M., (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's ecofriendly management as bioremediation: a comprehensive. *Front. Microbiol.* Vol: 13.
- Pingret, D., Tixier, A.S.F., Chemat, F.,(2013). Degradation during application of ultrasound in food processing. *Food Control* 31: 593-606.
- Prosekov, A.Y., Ivanova, S.A. (2018). Food security: The challenge of the present. *Geoforum* 91: 73–77
- Qiburi,B., Dong, J., Zhen, D., Miao,Y., (2022). A Review on Ionizing Radiation-Based Technologies for the Remediation of Contaminated Groundwaters and Soils. *Chemical Engineering Journal* 446:136964.
- Rodrigues,A.A.Z., de Queiroz, M.E.L.R., Neves,A.A., de Oliveira,A.F., Prates, L.H.F., de Freitas, J.F., Heleno, F.F., Faroni, L.R.D.A., (2019) Use of ozone and detergent for removal of pesticides and improving storage quality of tomato, *Food Res. Int.* 125: 108626.
- Samandeep,D., Rehal,J., Kaur,J.,(2023). Removal of pesticide residues in food using ozone. *Food Chemistry Advances* 3:100512.
- Sidirokastritis, N.D., Karazafeiris,E., Tananaki, C., Varelzis,,P.,(2024). High hydrostatic pressure effect on the concentration of selected pesticides residues in spiked honey samples. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 91 : 103527.
- Silva, F.V.,(2020). Resistant moulds as pasteurization target for cold distributed high pressure and heat-assisted high pressure processed fruit products, *J. Food Eng.* 282: 109998.

Gıdalarda Bulunan Pestisitlerin Detoksifikasyonu İle İlgili Yeni (Isıl Olmayan) Uygulamalar

- Sintuya, P., Narkprasoma, K., Jaturonglumlerta, S., Whangchai, N., Peng-Ont, D., Varith^a, J., (2018). Effect of gaseous ozone fumigation on organophosphate pesticide degradation of dried chilies, ozone. Science & Engineering, Vol.40,No.6.
- Soria, A.C., Villamiel, M., (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food. Trends in Food Science & Technology 21: 323-331.
- Tang, F.H.M., Lenzen, M., McBratney, A., Maggi, F., (2021). Risk of pesticide pollution at the global scale. Nature Geoscience 213: 111233.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, (2024). Resmi Tarımsal İlaç İstatistikleri. Publishing [http:// tarimorman.gov.tr](http://tarimorman.gov.tr) Accessed 05 May 2024.
- Wang, S., Wang, J., Wang, T., Li, C., Wu, Z., (2019). Effects of ozone treatment on pesticide residues in food. International Journal of Food Science and Technology, 54, 301–312.
- Wang, C.Y., Huang, H.W., Hsu, C.P., Yang, B. B.,(2016) Recent advances in food processing using high hydrostatic pressure technology, Critical Reviews in Food Science and Nutrition 56 : 527-540
- Wang, Q., Li,Y., Sun, D.W., Zhu, Z.,(2018). Enhancing food processing by pulsed and high voltage electric fields: principles and applications. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 58 : 2285-2298.
- WHO.(2024) What Is Ionizing Radiation Available Publishing: http://www.who.int/ionizing_radiation/about/what_is-ir/en/ (accessed on 01 July 2024).
- Xue,D., Farid, M.M.,(2015). Pulsed electric field extraction of valuable compounds from white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Innovative Food Science & Emerging Technologies, 29 : 178-186.
- Yuan,S., Li,C., Zhang,Y., Yu,H.,Xie,Y.,Guo,Y.,Yao,W.,(2021). Ultrasound as an emerging technology for the elimination of chemical contaminants in Food. Trends in Food Science & Technology 109 : 374-385.
- Zeng,F., Gao, Q., Han, Z., Zeng,X.,You, S.J., (2016). Structural properties and digestibility of pulsed electric field treated waxy rice starch. Food Chemistry 194: 1313- 1319.
- Zhang, A.A., Sutarb, P.P., Bianc, Q., Fangd, X.M., Nia, J.B., Xiaoa, H.W., (2022). Pesticide residue elimination for fruits and vegetables: the mechanisms applications and future trends of thermal and nonthermal Technologies. Journal of Future Foods 2-3: 223–240.



Araştırma Makalesi

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

Emrah TURMUŞ^{1*}, Erdoğan GÜNEŞ²

ÖZ

Bu çalışma, Ankara'da faaliyet gösteren bitkisel gıda sanayi işletmelerinin ihracat faaliyetlerini ve sosyo-ekonomik yapılarını derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında, Ankara ilinde toplamda 60 adet bitkisel gıda işletmesinin ihracat faaliyetlerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların %71.67'sini oluşturan, toplamda 43 işletme üzerinde gerçekleştirilen anketler aracılığıyla veri toplanmıştır. İşletmelerin çoğunun işletme sahibi tarafından yönetildiği (%86.05), üretimde kullandıkları hammaddeyi genellikle diğer illerden temin ettikleri (%58.92) ve faaliyetlerini çoğunlukla ulusal çapta sürdürdükleri (%54.98) belirlenmiştir. İşletme ihracat faaliyetlerinin toplam ciro içindeki payının genellikle %1 ile %10 arasında sınırlı kaldığı ve bir kısmının (%25.58) reklam ve tanıtım faaliyetlerinden yeterince faydalanmadığı tespit edilmiştir. İşletmelerin karşılaştığı temel sorunlar arasında vergi yükü ve nitelikli işgücü eksikliği ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, ihracat sürecinde finansman yetersizliği, nitelikli personel bulunamaması, işgücü maliyetlerinin yüksekliği, nakliye sorunları, yüksek navlun hizmetleri, yetersiz ihracat teşvikleri ve döviz kuru dalgalanmalarının olumsuz etkisi gibi zorluklar da belirlenmiştir. Bu bulgular ışığında, işletmelerin daha etkili bir şekilde rekabet edebilmeleri için vergi düzenlemelerinde esneklik sağlanması, nitelikli işgücünün yetiştirilmesine yönelik destek programlarının uygulanması, finansman imkânlarının artırılması ve ihracat teşviklerinin iyileştirilmesi gibi çözüm önerileri öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bitkisel ürün, İhracat, Gıda, İşletme, Ankara.

A Research On The Structure and Problems Of Food Industry Firms Processing Plant Products and Exporting in Ankara Province

ABSTRACT

This study aims to thoroughly examine the export activities and socio-economic structures of plant-based food industry establishments operating in Ankara. Within the scope of the research, it was determined that a total of 60 plant-based food establishments are engaged in export activities in Ankara province. Data were collected through surveys conducted on 43 establishments, representing 71.67% of the participants. It was found that the majority of the establishments are managed by the owners themselves (86.05%), they generally source their raw materials from other cities (58.92%), and they mostly operate at the national level (54.98%). The study revealed that the share of export activities in the total turnover of the establishments generally remains between 1% and 10%, and some establishments (25.58%) do not sufficiently benefit from advertising and promotional activities. Among the main challenges faced by the establishments, tax burden and shortage of qualified workforce stand out prominently. Additionally, difficulties encountered during the export process such as high labor costs, inability to find qualified personnel, inadequate financing, transportation issues, high freight services, insufficient export incentives, and fluctuations in exchange rates were identified. In light of these findings, proposed solutions to enable establishments to compete more effectively include providing flexibility in tax regulations, implementing support programs for training qualified workforce, increasing financing opportunities, and improving export incentives.

Keywords: Plant Product, Export, Food, Business, Ankara.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-0822-1417, 0000-0002-4416-3405

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 27.05.2024

Kabul Tarihi: 25.11.2024

¹ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

² Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı

*E-posta: emrah.turmus@tarimorman.gov.tr

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

Giriş

Gıda sektörü günümüzde, tüm ülkelerde büyük bir gelişim göstererek, üretime, tüketime, işletmenin organizasyonlarına, ticaretine ve politikalarına etki etmiştir. Bu sektörün emek yoğun üretime sahip olması, istihdama katkısı, tarımsal ürünlerin değerlendirilmesi, sanayiye hammadde sağlaması ve toplumun sağlıklı beslenmesiyle ilişkilendirilir. Gıda sektörü, sosyo-ekonomik açıdan stratejik bir konuma gelmiştir (Anonim, 2019).

Sanayileşmenin ilk zamanlarında, gıda sanayi işletmeleri önemli bir rol oynamış ve bu önem zamanla artarak devam etmiştir. Türkiye'de gıda sanayisi, kalkınma ve yıllık planlardaki hedefler doğrultusunda sürekli olarak gelişmiş ve zaman içinde kamu himayesinden özel teşebbüs ağırlıklı bir yapıya dönüşmüştür (Uyanık, 2011). Uluslararası pazarlarda faaliyet gösteren işletmeler, gelirlerinin önemli bir kısmını uluslararası satışlardan elde etmekte ve bu genel satışların %30-50'sini oluşturmaktadır. İhracata yönelmek, büyümek isteyen işletmeler için büyük avantajlar sağlamaktadır (Paçaman, 2010).

Yapılan araştırmalarda, gıda üretimi yapan işletmelerin ihracat faaliyetlerindeki performansı, devamlılığı ve sürekliliği vurgulanmaktadır (Ersöz, 2014). Dünya'nın küreselleşmesiyle pazardaki payını artırmak isteyen işletmeler için etkin kaynak kullanımı ve maliyet azaltımının önemi artmaktadır. İhracat, ekonomik büyüme ve kalkınmanın anahtarı olarak görülmektedir (Paçaman, 2010).

İhracat, işletmenin kaynaklarının etkin kullanımında önemlidir. İşletmenin var olan kapasite varlığı, iç piyasadan fazla ise ihracat faaliyetiyle fazla kapasitenin değerlendirilmesi sağlanmaktadır (Kaynak ve Kothari 1984). Bu durumda, işletme verimliliğini artırarak daha fazla ürün veya hizmet üretebilmekte ve rekabetçi bir avantaj elde edebilmektedir. Ayrıca dış pazarlar iç piyasadan daha hızlı büyüyorsa, işletme için büyüme fırsatları da artmaktadır. Dış pazarlardaki büyüme potansiyeli, işletmenin büyüme hızını önemli ölçüde artırabilmektedir (Kırdar, 2005).

Ankara ilindeki gıda sanayi işletmeleri, üretim ve ihracatlarıyla ekonomiye katkı sunmaktadır. TÜİK verilerine göre, Türkiye'nin tarımsal

ihracat değeri yıllar içinde artarak 2023'te 27,26 milyar dolara ulaşmıştır. Özellikle bitkisel gıda ürünlerinin ihracatı, bu değerin önemli bir kısmını oluşturarak %70,91'lik bir payla 19,33 milyar doları bulmuştur. Ancak, Ankara ilinde bitkisel gıda ürünleri ihracat değerinde dalgalanmalar gözlemlenmiştir. 2023'te, Ankara'dan yapılan bitkisel gıda ürünleri ihracatı 446,50 milyon dolar olarak gerçekleşirken, aynı dönemde ithalat değeri 1 milyar 904 milyon dolar olarak kaydedilmiş ve bu durum net bir dış ticaret açığına yol açmıştır (Anonim, 2024). Ankara ili bitkisel gıda ürünleri ihracatında yaşanan sorunların araştırılması ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi, ihracatın istenilen düzeye ulaşamaması, dalgalanmaların yaşanması ve ithalat değerlerinin altında seyretmesi gibi nedenlerle oldukça önemlidir. Bu çalışma, işletmelerin ihracat miktarlarının artırılarak, istihdama ve yerel ekonomiye katkıda bulunmasını ve dış ticaret açığının kapanmasına etki edilmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda, Ankara ilinde faaliyet gösteren bitkisel gıda ürünleri işleyen ve ihracat yapan işletmelerin sosyo-ekonomik yapılarını, mevcut durumlarını, gelişimlerini, üretim ve ihracat süreçlerini incelemeyi, karşılaştıkları sorunları belirlemeyi ve problemlere çözüm önerileri geliştirerek sektörün gelişimine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmanın temel verileri, Ankara ilinde faaliyet gösteren ve bitkisel gıda ürünlerini işleyip ihracat yapan işletmelerden alınan anketlerle elde edilmiştir. Bu anketlerle, işletmelerin ekonomik yapıları, organizasyon düzenleri, maliyetler, finansman, üretim ve ihracat süreçleri değerlendirilmiştir. İkincil veriler ise ilgili konuda gerçekleştirilmiş ulusal ve uluslararası araştırmalar ile tezlere dayandırılarak derlenmiştir. Böylece farklı kaynaklardan elde edilen veriler karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir.

Çalışmada kullanılan "bitkisel gıda ürünü" terimi, Harmonize Sistem 2002 (HS-2) kategorisinde yer alan bitkisel kaynaklı gıdaları ifade etmektedir. "Bitkisel gıda ürünü işleyip ihracat faaliyetinde bulunan işletmeler" terimi ise, aynı sınıflandırmada yer alan ürünleri işleyip

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

ihracat faaliyetinde bulunan işletmeleri tanımlamaktadır.

TÜİK, Birleşmiş Milletler ve diğer istatistik veri tabanlarından alınan veriler, Harmonize Sistem 2002 (HS-2) kategorisindeki ürünlerle ilgilidir.

HS-2'de Bitkisel Gıdayı Oluşturan Ürün Grupları

07-Yenilen sebzeler ve bazı kök ve yumrular
08-Yenilen meyveler ve sert kabuklu meyveler
09-Kahve, çay, Paraguay çayı ve baharat
10-Hububat
11-Değirmencilik ürünleri, malt, nişasta, inülin, buğday gluteni
17-Şeker ve şeker mamülleri
18-Kakao ve kakao müstahzarları
19-Hububat, un, nişasta veya süt müstahzarları, pastacılık ürünleri
20-Sebzeler, meyveler, sert kabuklu meyveler ve bitkilerin diğer kısımlarından elde edilen müstahzarlar
21-Yenilen çeşitli gıda müstahzarları (kahve hülusalari, çay hülusalari, mayalar, soslar, diyet mamaları vb.)
22-Meşrubat, alkollü içkiler ve sirke
Aynı şekilde, "tarımsal ihracat" ve "tarımsal ithalat" kavramları da aynı sınıflandırmaya dayanmaktadır.
Çalışmada, 07, 08, 09, 10, 11, 17, 18, 19, 20, 21, 22 fasıl kodlarındaki ürünler dikkate alınmıştır.

HS-2'de Tarımsal Ürün Grupları

1-Canlı hayvanlar
2-Etler ve yenilen sakatat
3-Balıklar, kabuklu hayvanlar, yumuşakçalar ve suda yaşayan diğer omurgasız hayvanlar
4-Süt ürünleri, yumurtalar, tabii bal, diğer yenilebilir hayvansal menşeli ürünler
5-Diğer hayvansal menşeli ürünler (kıl, kemik, boynuz, fildişi, mercan, bağırsak, vb.)
6-Canlı ağaçlar ve diğer bitkiler, yumrular, kökler ve benzerleri, kesme çiçekler ve süs yaprakları
7-Yenilen sebzeler ve bazı kök ve yumrular
8-Yenilen meyveler ve sert kabuklu meyveler
9-Kahve, çay, Paraguay çayı ve baharat
10-Hububat
11-Değirmencilik ürünleri, malt, nişasta, inülin, buğday gluteni

12-Yağlı tohum ve meyveler, muhtelif tane, tohum ve meyveler, sanayide ve tıpta kullanılan bitkiler, saman ve kaba yem

13-Lak, sakız, reçine ve diğer bitkisel özsu ve hülusalari

14-Örölmeye elverişli bitkisel maddeler, tarifinin başka yerinde belirtilmeyen veya yer almayan bitkisel ürünler

15-Hayvansal ve bitkisel katı ve sıvı yağlar, yemeklik katı yağlar, hayvansal ve bitkisel mumlar

16-Et, balık, kabuklu hayvanlar, yumuşakçalar veya diğer su omurgasızlarının müstahzarları

17-Şeker ve şeker mamülleri

18-Kakao ve kakao müstahzarları

19-Hububat, un, nişasta veya süt müstahzarları, pastacılık ürünleri

20-Sebzeler, meyveler, sert kabuklu meyveler ve bitkilerin diğer kısımlarından elde edilen müstahzarlar

21-Yenilen çeşitli gıda müstahzarları (kahve hülusalari, çay hülusalari, mayalar, soslar, diyet mamaları, vb.)

22-Meşrubat, alkollü içkiler ve sirke

23-Gıda sanayinin kalıntı ve döküntüleri, hayvanlar için hazırlanmış kaba yemler

24-Tütün ve tütün yerine geçen işlenmiş maddeler

01 ile 24 arası fasıl kodlarındaki ürünler bu kapsamda değerlendirilmiştir.

Anket yapılacak işletmeler, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Gıda Güvenliği ve Bilgi Sistemi verilerine göre belirlenmiştir. Ankara ilinde bitkisel gıda ürünlerini işleyip ihracat yapan 60 işletme bulunmaktadır. Tüm işletmelerle görüşme yapılması hedeflenirken, bu çalışmaya gönüllü olarak katılan 43 işletme ile araştırma tamamlanmıştır.

Araştırma, Ankara ilinde faaliyet gösteren ve bitkisel gıda ürünleri işleyen işletmelerin ihracat süreçlerinde karşılaştıkları sorunları belirlemeyi ve kalıcı çözüm önerileri geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu amaç doğrultusunda, araştırma alanından elde edilen birincil verilere ek olarak, ikincil veriler de kullanılmıştır. İkincil veriler, işletmelerin ihracat sürecindeki gelişimleri ve karşılaştıkları sorunları oransal değişimlerle analiz etmek için kullanılmıştır. Araştırma kapsamında, mevcut ve toplanan bilgi ve veriler doğrultusunda ihracatta etkili faktörler ve

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

ilişkiler belirlenmiştir. Özellikle, işletmelerin ihracat ve diğer faaliyetlerinde karşılaştığı sorunlara yönelik tutumlarını, davranışlarını ve algılarını değerlendirmek amacıyla 5'li Likert ölçekli soru metodu kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

İşletmelerin Yönetici ve Personel Durumu

İşletmelerin bir kısmı, faaliyetlerini az kişi ile çok iş prensibini tercih etmektedir. Bir kişinin birden fazla görevinin olması genellikle işletmeler için bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Şahin ve Özüdoğru, 2019). Araştırma alanında da benzer durumlara rastlanılmıştır. Genellikle yöneticinin işletme sahibi olduğu profesyonel bir yöneticinin

olmadığı görülmektedir. İşletme sahibinin işletme fonksiyonlarını tek başına üstlenmesi işletmenin geleceğini ve başarısını bir kişinin beceri durumuna bağlı kılmaktadır. Bu durum, işletme sahibinin eğitim seviyesinin ne kadar önemli olduğunu belirtmektedir. İncelenen işletmelerin yönetim durumu ve eğitim düzeyi Çizelge 1'de sunulmuştur. Verilere göre, işletmelerin yaklaşık %86'sı işletme sahibi tarafından yönetilirken, %14'ü profesyonel bir yönetici tarafından yönetilmektedir. İşletme sahiplerinin eğitim düzeyine bakıldığında, yaklaşık %58'inin lisans, %22'sinin lise, %11'inin lisansüstü, %5'inin ön lisans ve %2'sinin ilköğretim mezunu olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. İşletmelerin yönetim durumu ve eğitim düzeyi

	N	(%)
İşletmenin Yönetim Şekli		
İşletme Sahibi	37	86.05
Profesyonel Yönetici	6	13.95
Toplam	43	100.00
İşletme Sahiplerinin Eğitim Düzeyi		
İlköğretim	2	2.06
Lise	22	22.68
Ön Lisans	5	5.15
Lisans	57	58.77
Lisansüstü	11	11.34
Toplam	97	100.00

Toplam personelin yaklaşık %48'i ilköğretim, %34'ü lise, %4'ü ön lisans, %12'si lisans ve %1'i lisansüstü eğitime sahiptir (Çizelge 2). İşletmelerde çalışan personelin neredeyse yarısının ilköğretim mezunu olması, işletmelerde işçi statüsünde çalışan personel sayısı ile doğrudan ilişkilendirilebilir.

Çizelge 2. İşletmelerde çalışan personelin öğrenim durumuna göre dağılımı

Öğrenim Durumu	N	(%)
İlköğretim	1 180	48.03
Lise	837	34.07
Ön lisans	112	4.56
Lisans	294	11.96
Lisansüstü	34	1.38
Toplam	2 457	100.00

Dış piyasalara açılmak isteyen işletmelerin, konuya vakıf ve yabancı dil bilen personele

ihtiyaçları vardır. Araştırma kapsamındaki işletmelerde, toplam çalışanların yalnızca %7.89'unun yabancı dil bildiği belirlenmiştir. Yabancı dil bilenlerin çoğunluğu (%79.90) lisans düzeyinde eğitim almıştır. Bu kişilerin yaklaşık %13'ü lisansüstü, %6'sı lise ve %1'i ön lisans mezunudur. Yabancı dil bilen çalışanların %63'ü erkeklerden, %37'si ise kadınlardan oluşmaktadır. Bu verilere göre, işletmelerde yabancı dil bilen personelin genellikle lisans düzeyinde eğitim aldığı ve çoğunluğunun erkeklerden oluştuğu görülmektedir.

İşletmelerin Üretim Durumları

Gıda sanayinde kullanılacak hammaddenin büyük bir kısmını tarım sektöründen temin edilmektedir. Ancak tarımsal ürünlerin hızla bozulabilme özelliği, işletmeleri hammaddeyi

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

mümkün olan en kısa sürede temin etme zorunluluğuyla karşı karşıya bırakmaktadır. Ayrıca bu işletmelerin hammaddeye yakın konumlanması, ekonomik avantajlar sağlayabilmektedir. Araştırma alanındaki işletmelerin hammaddelerini temin etme yöntemlerine bakıldığında, işletmelerin yaklaşık %59'unun hammaddeyi diğer illerden, %23'ünün il içinden, %15'inin yurt dışından ve %2'sinin kendi üretimlerinden temin ettiği görülmektedir (Çizelge 3). Ankara'daki bitkisel gıda ürünleri işleyen ve ihraç eden işletmelerin çoğunluğu, hammadde ihtiyaçlarını diğer illerden karşılamaktadır. İl içinden temin edilen

hammadde miktarının yetersiz olduğu göz önüne alındığında, bu durumun işletmeler için maliyet ve zaman açısından dezavantajlar oluşturabileceği düşünülmektedir.

İşletmelerin hammaddeleri temin etme yöntemlerine bakıldığında yaklaşık %63'ünün hammaddeyi peşin, %26'sının ise vadeli olarak aldığı belirlenmiştir. Ayrıca işletmeler düşük oranlarda sözleşmeli alım da yapmaktadır (Çizelge 3).

İşletmelerin hammadde temininde kullandığı finans kaynakları incelendiğinde yaklaşık %76'sı öz sermayeyi, %24'ü ise kredi kullanmayı tercih etmektedirler (Çizelge 3).

Çizelge 3. İşletmelerin hammadde durumu

	(%)
Hammadde temin yerlerinin dağılımı	İl içinden
	23.14
	Diğer illerden
	58.92
Hammadde temin etme yöntemi	Kendi üretiminden
	2.60
	Yurt dışından
	15.34
Hammadde temininde kullanılan finansal kaynakların dağılımı	Peşin alım
	63.16
	Vadeli alım
	26.32
Hammadde temininde kullanılan finansal kaynakların dağılımı	Sözleşmeli alım
	8.77
	Diğer
	1.75
Hammadde temininde kullanılan finansal kaynakların dağılımı	Öz sermaye
	75.82
Hammadde temininde kullanılan finansal kaynakların dağılımı	Kredi
	24.18

İncelenen işletmelerin neredeyse yarısı modern teknolojiye geçiş yapmayı tercih ederken (%49), %47'si modern teknolojiyi zaten kullanmakta ve sadece %5'i geleneksel yöntemlerle üretim yapmaktadır (Çizelge 4). Bu verilere göre, işletmelerin çoğunluğunun modern teknolojiyi tercih ettiği ve bu alanda geçiş sürecinde oldukları görülmektedir.

Çizelge 4. İşletmelerin teknoloji durumu

	(%)
Geleneksel	4.65
Modern	46.51
Modern teknolojiye geçiş	48.84

İşletmelerin bazıları hammadde temininde ciddi sorunlar yaşamaktadırlar. Sınırlı sermaye nedeniyle hammadde tedariki düşük miktarlarda gerçekleşmekte ve zamanında ulaştırılamamaktadır. Bu sorun özellikle yurt dışından tedarik edilen hammaddelerde daha belirgin hale gelmektedir. Ek olarak, temin

edilen hammaddelerin istenilen kalite düzeyinde olmadığı ve beklenenden daha uzun sürede ulaştığı gözlemlenmektedir. Bu durum, ürün sevkiyatlarının gecikmesine ve standartlaşmamış, düşük kaliteli ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Üretim maliyetleri de başka bir sorun alanıdır. İşletmeler, hammadde fiyatlarını düşük tutmak isterler ve genellikle düşük fiyatlı ürünleri tercih ederler. Ancak bu durum kaliteli ürünlerin talep görmesini engelleyebilmektedir. İşgücüne dayalı üretim anlayışı da maliyetleri düşürmeyi zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle, yeni teknolojik yatırımların önemi artmaktadır (Şahin ve Özüdoğru, 2019). İşletmeler, çözülemeyen sorunlar nedeniyle tam kapasiteyle çalışamamakta ve sipariş hacimleri düşmektedir. Kapasite kullanım oranlarına ilişkin dağılımı gösteren Çizelge 5'e göre işletmelerin çoğunluğu (%67), üretim kapasitesinin %50 ile %75 arasında olduğunu belirtirken, %26'sı ise %75 ile %100 arasında kapasiteyle çalıştıklarını

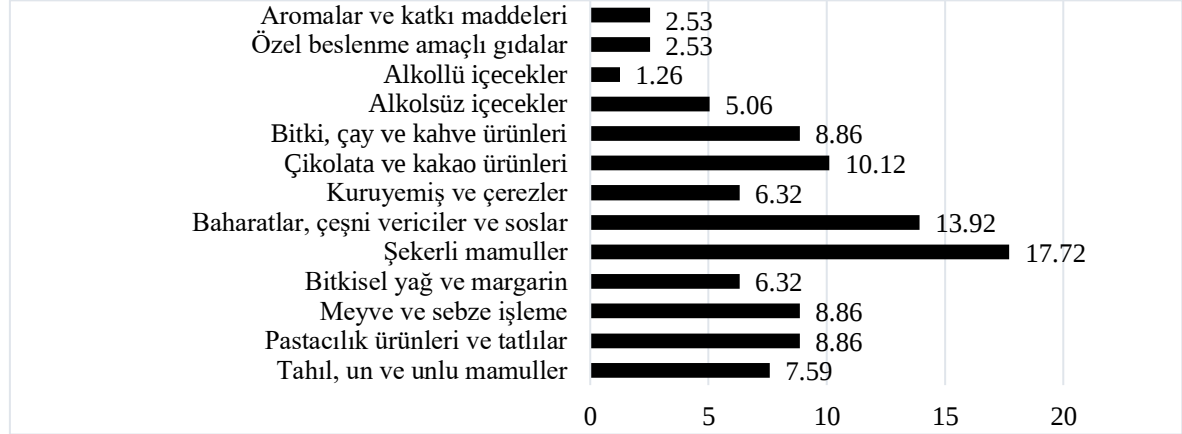
Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

ifade etmektedir. Sadece 3 işletme ise %50'nin altında kapasite kullanmaktadır. İşletmelerin bazı dönemlerde ürün üretimi aşamasında finansman eksikliği yaşadığı üretilen ürünlerde ise pazarlama sorunları ile karşılaştığı belirlenmiştir. Ayrıca işletme binasının durumu ve konumu, kullanılan makinalar gibi yetersiz üretim koşulları kapasite kullanımını etkileyen önemli etmenler arasında yer almaktadır.

Çizelge 5. İşletmelerin kapasite kullanım oranı (%)

	N	(%)
0 - 25	1	2.33
25 - 50	2	4.65
50 - 75	29	67.44
75 - 100	11	25.58
Toplam	43	100.00

Şekil 1. İşletmelerin alt faaliyet konularına göre dağılımı (%)



*Birden fazla yanıt işaretlenmiştir.

İşletmelerin alt faaliyet konularına göre dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. İşletmeler, üretim faaliyetlerini sürdürürken birden fazla alt faaliyet konusunda ürünler üretebilmektedirler. İncelenen işletmelerin yaklaşık %18'lik bir oranla en çok tercih ettiği ürün grubu, şekerli mamuller olarak belirlenmiştir. İşletmelerin alt faaliyet konularına göre dağılımı ise şu şekildedir: %14 baharatlar, çeşni vericiler ve soslar, %10 çikolata ve kakao ürünleri, %9 pastacılık ürünleri ve tatlılar, %9 meyve ve sebze işleme, %9 bitki, çay ve kahve ürünleri, %8 tahıl, un ve unlu mamuller, %6 bitkisel yağ ve margarin, %6 kuruyemiş ve çerezler, %5 alkolsüz içecekler, %3 özel beslenme amaçlı gıdalar, %3 aromalar ve katkı maddeleri ve %1 alkollü içeceklerdir.

Araştırma kapsamında incelenen işletmelerin üretim sorunlarıyla ilgili tutum ve davranışları 5'li Likert ölçeğinde değerlendirilmiştir. İşletmeler, vergilerin yüksekliğine (ortalama:

4.21) ve kalifiye eleman bulunamamasına (ortalama: 3.53) en çok katıldıklarını belirtmişlerdir. Ürün bedellerinin geç ödenmesi (ortalama: 3.28), gerekli kalitede hammadde bulunamaması (ortalama: 3.05), gerekli miktarda hammadde yetersizliği (ortalama: 2.88), ürün kalitesi düşüklüğü (ortalama: 2.84) ve ürün pazarlama ağı yetersizliği (ortalama: 2.56) konularına ise kararsız oldukları tespit edilmiştir. İşletmelerin yanlış kuruluş yeri seçimi (ortalama: 2.49) ve kapasite kullanım oranı düşüklüğüne (ortalama: 2.21) katılmadıkları belirlenmiştir (Çizelge 6).

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

Çizelge 6. İşletmelerin üretim sorunlarıyla ilgili tutum, davranış ve algıları

	Likert Ortalama	(%)
Ürün kalitesinin yetersizliği	2.84	56.8
Gerekli miktarda hammadde yetersizliği	2.88	57.6
Kaliteli hammaddenin bulanamaması	3.05	61.0
Kapasite kullanım oranı düşüklüğü	2.21	44.2
Kalifiye eleman bulanamaması	3.53	70.6
Ürün bedellerinin geç ödenmesi	3.28	65.6
Pazarlama ağının yetersizliği	2.56	51.2
Yüksek vergiler	4.21	84.2
Kuruluş yerinin seçimindeki yanlışlıklar	2.49	49.8

*Kesinlikle Katılıyorum:5, Katılıyorum:4, Kararsızım:3, Katılmıyorum:2, Kesinlikle Katılmıyorum:1

İşletmelerin Pazarlama Durumları

İşletmeler için pazarlama, özellikle doğal ve ekonomik krizlerin dünya pazarını daraltmasıyla, hayati bir öneme sahip hale gelmiştir. Modern teknoloji ve Ar-Ge çalışmalarıyla üretilen kaliteli mal ve hizmetlerin, etkili bir pazarlama ile sunulmaması durumunda elde edilecek kazanç oldukça düşük olabilir (Özgen ve Doğan, 1997).

İncelenen işletmelerin çoğunluğu (%55), ulusal düzeyde faaliyet gösterirken, %32'si uluslararası pazarda ve %13'ü ise bölgesel düzeyde faaliyetlerini sürdürmektedir (Çizelge 7). Dolayısıyla, Ankara'daki bitkisel gıda ürünü işleyen ve ihraç eden işletmelerin yaklaşık %55'i kendilerini ulusal olarak tanımlamaktadır. Ancak ürünlerin markalaşması ve daha fazla

ekonomik getiri sağlanabilmesi için uluslararası pazarın etkin bir şekilde kullanılması önemlidir. Reklam, bu markalaşma sürecinde kritik bir role sahiptir, çünkü dünya çapında erişim sağlayabilir. Ancak bazı işletmeler, bu fırsatı kullanmak yerine reklam harcamalarını gereksiz bulmaktadır.

Araştırma kapsamında incelenen işletmelerin yaklaşık %74'ü reklam yaparken, %26'sının reklam yapmadığı belirlenmiştir. Reklam yapan işletmelerin %36'sı eşantiyon dağıtımını tercih ederken, aynı oranda (%36) çeşitli diğer kanalları kullanmayı tercih etmektedir (pano, katalog, broşür, sosyal medya, borsa). %18'i radyo ve televizyon reklamlarını tercih ederken, %10'u ise dergi ve gazete gibi geleneksel reklam kanallarını tercih etmektedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. İşletmelerin faaliyet alanları ve reklam durumları

	(%)
Faaliyet alanı	Bölgesel
	Uluslararası
	Uluslararası
Reklam yapma durumu	Evet
	Hayır
Reklam kanalı	Dergi, gazete vb.
	Radyo, televizyon
	Eşantiyon
	Diğer

İncelenen işletmelerin çoğunluğu (%53), karayolu taşımacılığını tercih ederken, yaklaşık %45'i denizyolu taşımacılığını, %1'i ise havayolu taşımacılığını tercih etmektedir. Demiryolu taşımacılığı tercih edilmemiştir (Çizelge 8). İhracat ürünlerinin taşınmasında işletmelerin en çok tercih ettiği yöntemler

arasında karayolu ve denizyolu taşımacılığı yer almaktadır ve bu iki kullanım oranı birbirine oldukça yakındır. Türkiye'nin denizlerle çevrili olması, denizyolu taşımacılığının tercih edilmesini desteklemektedir. Ayrıca ilerleyen dönemlerde denizyolu taşımacılığının coğrafi konumunun avantajını daha da artırması

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

beklenmektedir. Havayolu taşımacılığının az tercih edilmesindeki ana neden maliyetlerin yüksek olmasıdır. Öte yandan, demiryolu taşımacılığının tercih edilmemesinin sebebi, ürünlerin muhafaza şartlarının sağlanmasındaki zorluklardır.

Çizelge 8. İşletmelerin ihrac ürünlerinde ulaşım tercihleri

Ulaşım tercihi	(%)	Ülkeler
Karayolu	53.49	Gürcistan, Bosno Hersek, Kosova, Moğolistan, Ürdün, Dubai, İsviçre, Avusturya, Afganistan, Çin, Libya, Belçika, Sırbistan, Mısır, Rusya, İran, Bulgaristan, Azerbaycan, İngiltere, Macaristan, Irak, Türkmenistan, Hollanda, Almanya, Fransa
Denizyolu	45.19	Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri, Suudi Arabistan, Katar, Güney Kore, Fas, İsrail, Çin, Libya, Cezayir, Lübnan, Ukrayna, Yemen, Umman, İtalya, Tayvan, Fransa, Avusturya, İspanya, Brezilya, Malezya, Bahreyn, KKTC, ABD, İngiltere, Kanada, Dubai
Havayolu	1.32	Irak, Çin, Japonya, ABD, Rusya
Demiryolu	-	-

Pazarlama kanalları, müşterilere ürünlerin istedikleri yerde ve zamanda, istedikleri şekilde ulaştırılmasını sağlayarak, aynı zamanda ürünler hakkında detaylı bilgiye erişim ve müşteri gereksinimlerinin karşılanmasında rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu durum, alıcıların memnuniyetini artırırken, işletmelerin piyasadaki konumunu güçlendirmektedir (Demirel, 2020). İşletmeler, dağıtım kanalı seçiminde dikkatli olmalı, hedef pazarın dağıtım yapısını iyi bilmeli ve bu yapıyı etkin bir şekilde denetlemelidir. Kara, hava, demiryolu, deniz taşımacılığı, internet ve boru hattı, uluslararası dağıtımda sıkça kullanılan yöntemler arasındadır (Keegan ve Green, 2015).

sağlarken, az bir kısmı (yaklaşık %7) KOSGEB aracılığıyla kaynak bulmaktadır. Kredi kullanmayan işletmelerin çoğu (%45) öz sermayesinin yeterli olduğunu belirtirken, diğerleri yüksek faiz ve ağır teminat şartlarından dolayı kredi kullanmaktan kaçınmaktadır (Çizelge 9).

İşletmelerin Ekonomik ve Finansal Durumları

İşletmelerin ekonomik ve finansal durumu, işletmenin büyüme ve fırsatları gerçekleştirme yeteneği açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle kuruluş aşamasındaki işletmelerin yetersiz öz sermayesi, büyüme ve yeni fırsatları değerlendirme konusunda zorluklar yaşamalarına neden olabilmektedir. Banka kredileri, bu tür işletmeler için yaygın bir finansman kaynağı olmasına rağmen, yüksek faiz oranları ve ağır teminat gereksinimleri gibi zorluklarla karşılaşabilmektedir (Müslümov, 2002). Araştırmaya göre, incelenen işletmelerin yaklaşık %63'ü kredi kullanırken, %37'si kullanmamaktadır. Kredi kullanan işletmelerin çoğu (yaklaşık %93) bu kredileri bankalardan

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

Çizelge 9. İşletmelerin kredi kullanma durumları

	İşletme Sayısı	(%)
Kredi kullanımı		
Evet	27	62.79
Hayır	16	37.21
Toplam	43	100.00
Kredi kullanım kaynakları		
Bankalar	27	93.10
KOSGEB	2	6.90
Esnaf ve sanatkârlar	-	-
Diğer	-	-
Toplam	29	100.00
Kredi kullanımındaki artış		
Arttı	15	55.56
Artmadı	12	44.44
Toplam	27	100.00
Kredi kullanılmama sebepleri		
Öz sermayenin yeterliliği	10	45.45
Kredi faizlerinin yüksekliği	7	31.82
Teminat şartlarının ağırlığı	5	22.73
Kredi veren kurumun az olması	-	-
Toplam	22	100.00

*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

İşletmelerin toplam ciroları içinde ihracatın payının dağılımını gösteren Çizelge 10'a göre, incelenen işletmelerin çoğunluğu (%1-%5 aralığında) ihracatın ciro içindeki payının düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, dokuz işletme (%6-%10 aralığında), sekiz işletme (%11-%25 aralığında), yedi işletme (%26-%50 aralığında) ve sekiz işletme ise (%51 ve üzeri) daha yüksek ihracat payına sahiptir. Bu verilere göre, Ankara ilindeki işletmelerin çoğunluğunun genellikle yurt içi piyasaya odaklandığı söylenebilmektedir.

Çizelge 10. İşletmelerde ihracatın toplam ciro içindeki payları

	N	(%)
%1 - 5	11	25.58
%6 - 10	9	20.94
%11 - 25	8	18.60
%26 - 50	7	16.28
%51 ve üzeri	8	18.60
Toplam	43	100.00

Araştırma kapsamında incelenen işletmelerin giderlerinin dağılımına bakıldığında, üretim giderleri yaklaşık %65'ini, yönetim giderleri %28'ini ve reklam ve tanıtım giderleri ise %7'sini oluşturduğu görülmüştür (Çizelge 11).

Çizelge 11. İşletme giderleri dağılımı

	(%)
Üretim giderleri	65.07
Yönetim giderleri	28.07
Reklam ve tanıtım giderleri	6.86

İşletmelerin İhracat Faaliyetleri

İncelenen işletmelerin büyük çoğunluğunun (yaklaşık %74) ihracata yönelik bir departmanı olduğu belirlenmiştir, ancak %25'i bu tür bir departmana sahip değildir. Araştırma kapsamında 41 işletmenin ihracat faaliyetlerini sürdürdüğü ve bu işletmelerin dış ticarete yönelik mevzuat bilgisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak 2 işletmenin bu konuda bilgisi olmadığı gözlemlenmiştir.

İncelenen işletmelerin HS-2 kategorisine göre en çok ihracat yaptığı ürün gruplarının dağılımına bakıldığında, işletmelerin en fazla şeker ve şekerli mamuller ürün grubunu ihraç ettiği, en az ihraç ettiği ürün grubunun ise kakao ve kakao müstahzarları olduğu görülmektedir. Bu durum, işletmelerin alt faaliyet konularıyla birlikte değerlendirildiğinde, incelenen işletmelerin yaklaşık %10'unun çikolata ve kakao ürünleri üretimi yaptığı, ancak bu ürünlerin ihracata yansımadağı görülmektedir. Dolayısıyla,

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

çikolata ve kakao ürünleri üretiminin daha çok yerel pazarlara yönelik olduğu söylenebilir. Türkiye'de ihracat yapılması yönünde işletmelere önemli teşvik fırsatları sunulmasına rağmen, işletmecilerin bu teşviklerden yeterince faydalandığı söylenemez (Ay ve Talaşlı, 2007). İşletmelere ihracat teşviklerinden faydalanıp faydalanmadıkları sorulduğunda, işletmelerin

yaklaşık %56'sının bu tür teşviklerden faydalanmadığı, %44'ünün ise faydalandığı belirtilmiştir. Teşviklerden faydalanan 19 işletmenin çoğunluğu, Ticaret Bakanlığı ve KOSGEB tarafından sağlanan teşviklerden yararlanmaktadır. Ancak bu işletmelerin yaklaşık %74'ü, aldıkları teşviklerin yetersiz olduğunu düşünmektedir (Çizelge 12).

Çizelge 12. İşletmelerin ihracat teşvik durumu ve kaynakları

	İşletme Sayısı	(%)
İhracat Teşviki Alma Durumu		
Evet	19	44.19
Hayır	24	55.81
Toplam	43	100.00
Teşvik kaynakları		
TÜBİTAK	1	3.12
Kalkınma Ajansları	2	6.25
Uluslararası Kuruluşlar	1	3.12
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	1	3.12
Tarım ve Orman Bakanlığı	2	6.25
KOSGEB	11	34.38
Ticaret Bakanlığı	14	43.75
Toplam	32	100.00
Teşvik yeterlilik durumu		
Yeterli	5	26.32
Yeterli değil	14	73.68
Toplam	19	100.00

*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

İşletmelerin İhracat Sorunları

Öztürk ve vd. (2004), “Yaş Meyve Sebze İhracatçı Firmalarının Yapısı, Sorunları ve Çözüm Önerileri” isimli çalışmalarında Bursa, Antalya, Trabzon, Mersin, Adana, 7 Hatay ve İzmir illerinde yaş sebze ve meyve ihraç eden 66 firma ile anket yolu ile toplanan verileri değerlendirmişlerdir. Yaş meyve ve sebze ihracatı faaliyetinde bulunan firmaların karşılaştıkları sorunları üretim, üreticiler ve ihracat yapan firmalardan kaynaklanan sorunlar olarak ele almışlardır. İhracat yapan firmalar ile ilgili sorunlar finansman yetersizliği, kaliteli ürün tedarik edilememesi, navlun hizmetlerinin yüksekliği, depolama koşullarının elverişsizliği, bürokratik engeller, teknolojiye ve Ar-Ge faaliyetlerine yeterli finansmanın ayrılmamasından kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Ulaş (2004), “Van İlindeki Tarıma Dayalı Sanayi İşletmelerinin Çalışma Alanları, Sosyo-Ekonomik Yapıları ve Kapasite Kullanım Durumları” adlı çalışmasında Van ilinde tarıma

dayalı sanayi alanında faaliyet gösteren işletmelerin çalışma alanları, yapıları ve kapasite kullanım durumlarını tespit ederek işletmelerin karşılaştıkları sorunları saptamayı ve bu sorunlara ilişkin çözüm önerileri geliştirmeyi hedeflemiştir. Araştırma verileri 44 tarıma dayalı sanayi işletmesinden kişisel görüşme yoluyla derlenmiş anket verilerine dayanmaktadır. Araştırma sonucunda işletmelerin ekonomik, teknik, yönetsel sorunları olduğu mali güçlükler ve talep yetersizliğinden kaynaklanan atıl kapasite sorununu yaşadıkları tespit edilmiştir. Ayrıca pazarlama güçlükleri, enerji pahalılığı, yeterli kalitede ve miktarda hammadde bulunamaması, kalifiye eleman ve finansman eksikliği karşılaşılan başlıca sorunlar olarak belirlenmiştir. Bu sorunlara yönelik bölgede yeterli miktarda ve kalitede hammadde üretimi teşvik edilerek ürünlerden elde edilen verimin artırılması, sözleşmeli tarım uygulamasının hayata geçirilmesi yönünde tarım politikalarının

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

geliştirilmesi ve finansman yetersizliği sorunu için kredi maliyetlerinin düşürülerek işletmelere uygun şartlarda uzun vadeli ve düşük faizli kredinin sağlanmasının gerektiği belirtilmiştir. Ay ve Talaşlı (2007), “Türkiye’de KOBİ’lerin İhracattaki Yeri ve Karşılaştıkları Sorunlar” adlı çalışmalarında işletmelerin ihracatta karşılaştığı sorunların temelinde yönetimin kurumsallaşamaması, üretim ölçeği ve kur riskinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca KOBİ’lerin ulusal seviyedeki ihracat sorunlarının; finansman yetersizliği, bilgi ve tecrübe eksikliği, bürokratik engeller, pazara erişim, teşvik yetersizliği ve kota sorunları olduğunu, KOBİ’lerin işletme seviyesindeki sorunlarının ise; hammadde temini, bilgi ve veriye erişim, iş gücü sorunları ve üretimde yaşanan aksaklıklar olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada teknolojiye gereken önemin verilmemesi, finansman yetersizliği ve döviz kuru değişikliği nedeniyle KOBİ’lerin çoğunluğunun dış piyasalara girmekte zorlandığı ifade edilmiştir. Keskin vd. (2009), “Bölgesel Gelişme Aracı Olarak KOBİ’ler ve İhracat Sorunları (Erzurum’da Bir Araştırma)” adlı çalışmalarında Erzurum İli Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren KOBİ’lerin ihracat sorunlarını araştırmışlar ve anket metodu kullanmışlardır. İhracat yapan firmaların karşılaştığı sorunlarının başında mevzuat ve bürokratik sorunlar, yaşanan ekonomik istikrarsızlıklar, ürünlerin dış piyasalar tarafından talep edilmemesi, finansman yetersizliği, dış pazarlar hakkında yeterli bilginin bulunmaması ve nitelikli eleman eksikliği olduğunu belirtmişlerdir. KOBİ’lerin ihracatta karşılaştığı sorunların çözümünde, profesyonel yönetim anlayışının benimsenmesini, nitelikli personel sayısının artırılmasını ve KOBİ’leri destekleyen kurum ve kuruluşlarla iş birliği içerisinde faaliyetlere devam edilmesini ifade etmişlerdir. Demirel (2020), “KOBİ’lerin İhracat Faaliyetlerinde Karşılaştıkları Sorunların İhracat Performansına Etkileri: Konya Tarım Makineleri Sektöründe Bir Araştırma” adlı çalışmada, KOBİ’lerin ihracat faaliyetlerinde karşılaştıkları sorunların ihracat performanslarına etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Konya ilinde Makine İhracatçıları Birliği’ne kayıtlı, 57 firma ile anket

uygulamıştır. Çalışma sonucunda, KOBİ’lerin yönetim, pazarlama, finansman, üretim fonksiyonlarıyla anlamlı ve negatif yönlü bir ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışan personel sayısına göre büyük işletmelerin ihracatlarının daha fazla gerçekleştiği ve işletmelerin ihracat gerçekleştirme yıllarının artmasıyla ihracatlarının da artış gösterdiği belirtilmiştir.

KOBİ’lerin ihracat performanslarının artırılmasına yönelik piyasa verilerini güncel olarak takip etmeleri, personel eğitimlerine önem vermeleri, uzman desteğinin temin edilmesi ve üniversiteler arasındaki iş birliği çalışmalarının geliştirilmesi önerilmiştir. Yapılan çalışmalarda işletmelerin karşılaştığı sorunlar sıklıkla ifade edilmiştir. Araştırma kapsamında incelenen işletmelerin ise ihracat faaliyetlerini sürdürürken karşılaştıkları sorunlar tespit etmeye yönelik tutum ve davranışlarını değerlendirmek üzere 5’li Likert ölçeği kullanılmıştır (Çizelge 13).

İşletmelerin en önemli sorunlarından biri, işgücü maliyetlerinin yüksekliğidir (3.77). Özellikle tazminat ücretleri, sosyal sigorta işveren payı, vergiler, mesai ücretleri ve sosyal yardımlar gibi faktörler işgücü maliyetlerini artırmaktadır. Aynı şekilde, işletmelerin nitelikli personel bulamamaları (3.51), mesleki ve teknik eğitim yetersizliği, tecrübe eksikliği ve değişimlere uyum sağlayamama gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır.

İşletmeler, ürün temini (3.00), üretim kapasitesi (2.74) ve ödeme ile ilgili sorunlar (3.47) konusunda kararsızdır. Modern üretim teknolojisi yetersizliği (2.49) ve depolama sorunlarına (2.28) ise genel olarak katılmamaktadırlar.

Ancak işletmeler, rekabet edebilme sorunu (3.12), dış pazarlar hakkında bilgi eksikliği (2.56), uluslararası fuar ve sergilere katılım sorunu (3.44), reklam ve satış geliştirme sorununu (3.35) ciddi bulmaktadırlar. Ayrıca öz sermaye yetersizliği, yüksek kredi faizleri ve ağır teminat şartları gibi finansman sorunlarını (3.60) önemli bulmaktadır.

İşletmeler ayrıca, ulusal ve uluslararası ekonomilerdeki fiyat dalgalanmalarından (4.33) ve lojistik maliyetlerin yüksekliğinden (4.02) ve navlun hizmetlerinin maliyetinden (4.28) ciddi şekilde etkilenmektedirler. İhracat sürecinde

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

sağlanan teşviklerin yetersiz olduğunu düşünmektedir (3.60). Son olarak, işletmeler, pandemi (COVID-19) nedeniyle yaşanan sorunlar (3.44), mevzuat sorunları (3.42), Ar-Ge sorunları (3.28),

bürokratik sorunlar (3.23) ve ihracat işlemlerinin uzun sürmesi sorunlarına (3.12) kararsız kalmışlardır. Bu sorunlar, ihracat faaliyetlerini etkileyen önemli faktörler olarak görülmektedir.

Çizelge 13. İşletmelerin ihracat faaliyetlerinde karşılaştıkları sorunlara yönelik tutum, davranış ve algıları

	Likert Ortalama	(%)
İhracat teşviklerinin yetersizliği	3.60	72.0
İşgücü maliyetlerinin yüksek olması	3.77	75.4
Nakliyyede yaşanan problemler	4.02	80.4
Finansman yetersizliği	3.60	72.0
Döviz kuru değişimleri	4.33	86.6
Ödeme sorunları	3.47	69.4
Rekabet sorunu	3.12	62.4
Dış pazarlar hakkında bilgi yetersizliği	2.56	51.2
Navlun hizmetlerin yüksekliği	4.28	85.6
Reklam satış ve geliştirme sorunları	3.35	67.0
Uluslararası fuar ve sergilere katılım sorunları	3.44	68.8
Nitelikli personel eksikliği	3.51	70.2
Mevzuat kaynaklı sorunlar	3.42	68.4
Ar-Ge sorunları	3.28	65.6
Ürün temininde yaşanan sorunları	3.00	60.0
Üretim kapasitesi sorunları	2.74	54.8
Depolama sorunları	2.28	45.6
Modern üretim teknoloji yetersizliği	2.49	49.8
İhracat işlemlerin uzun sürmesi	3.12	62.4
Bürokratik sorunlar	3.23	64.6
Pandemi (Covid-19) nedeniyle yaşanan sorunlar	3.44	68.8

*Kesinlikle Katılıyorum:5, Katılıyorum:4, Kararsızım:3, Katılmıyorum:2, Kesinlikle Katılmıyorum:1

Sonuç

Günümüzde küresel düzeyde artan rekabet ve üretim, arz ve talepteki değişimler kadar pazarlama konularının da önemini artırmaktadır. İşletmeler, dünyanın her yerine ulaşma fırsatı sunan reklam ve tanıtım faaliyetlerine daha fazla kaynak ayırarak ve etkin kullanarak rekabet avantajı elde etmeye çalışmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük ölçekli işletmelerin, pazarlama, reklam, tanıtım, sergi ve fuar gibi faaliyetleri yürütmek için ihracat birimleri bulundurması gerekmektedir. Bu eğilim, gelecekte araştırma yapmayı planlayan işletmeler için de geçerlidir. Ayrıca, dış pazarlara açılan işletmelerin nitelikli personellerden oluşan uzman ekipler oluşturması ve ihracatı artırma hedefleri doğrultusunda çalışmalar yürütmesi önemlidir. Personelin dış pazarlarla ilgili bilgi ve deneyim sahibi olması için seminer, kurs ve eğitimlere

katılması teşvik edilmeli, ilgili kurum ve kuruluşların yayınları takip edilmelidir. İşletme içinde özellikle ihracat biriminde çalışan personellere yabancı dil eğitimi sağlanması gerekmektedir. Küresel rekabet koşullarında işletmelerin profesyonel yönetici anlayışını benimsemesi ve yöneticilerin eğitim olanaklarından faydalanması tavsiye edilmektedir.

İşletmelerin yaklaşık %59'u, üretim aşamasında kullandıkları hammaddeyi farklı illerden tedarik etmektedir. Tarımsal ürünlerin kısa sürede bozulabileceği göz önünde bulundurularak, ürünlerin soğuk zincir sağlanarak frigorifikli araçlarla taşınması gerekmektedir. Hammaddeyle ilgili olası sorunların önüne geçebilmek için üretilen ürünün türüne göre fizibilite çalışmaları yapılmalı, nakliye ve tedarik konuları detaylı bir şekilde araştırılmalıdır.

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

Yüksek işgücü maliyetleri, kayıt dışı istihdamı artırırken aynı zamanda işletmelerin yatırımlarını kısıtlamaktadır. Bu durum, işletmelerin finansal kaynaklarını ihracat faaliyetlerinde kullanmalarını engellemektedir. Gıda sanayi işletmeleri, emek yoğun üretimlerinden dolayı düşük maliyetli işgücüne ihtiyaç duymakta ve yatırımlarını maliyeti daha düşük olan ülkelerde gerçekleştirmeyi tercih etmektedir. Bu nedenle, işgücü maliyetlerinin azaltılması için vergi yükünün hafifletilmesi ve istihdamı teşvik edici önlemler alınması gerekmektedir. Ayrıca işletmelerin maliyet artışlarından kaçınmaları için kalifiye personel istihdam etmeleri, modern teknolojiye geçiş yapmaları ve Türkiye İş Kurumu'nun sunduğu desteklerden yararlanmaları önemlidir. İşletmelerin finansman kaynaklarını kredi ve öz sermaye oluştururken yaklaşık %63'ü kredilerden, %37'si ise öz sermayelerinden karşılamaktadır. Genellikle kredi kullanan işletmeler, bankalar ve KOSGEB gibi kuruluşlar aracılığıyla kredi ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Kredi kullanmayan işletmelerin yaklaşık %55'inin kredi faizlerinin yüksekliği ve teminat şartlarının ağır olması nedeniyle kredi kullanmadığı tespit edilmiştir. Kredi faizlerinin düşürülmesi ve geri ödeme koşullarının uzun vadede kolaylaştırılması gibi önlemler alınarak, işletmelere ihracat faaliyetlerini destekleyici bir ortam sağlanabilir. Ayrıca, Türk Eximbank gibi kuruluşlardan kredi kaynağı oluşturulması da alternatif bir çözüm olabilir. İşletmeler, ihracat amaçlı ürettikleri ürünlerin lojistiğinde hızlı, güvenilir ve düşük maliyetli taşıma yöntemlerini tercih etmelidirler. Ankara ilinde faaliyet gösteren ihracat yapan işletmeler, genellikle yakın mesafedeki ve deniz limanına sahip olmayan ülkelere karayolu taşımacılığını tercih etmektedir. Limanı bulunan ülkelerde ise karayolu ve denizyolu taşımacılığı tercih edilmektedir. Hava yolu taşımacılığının maliyetlerinin yüksek olması daha az tercih edilmesine neden olmaktadır. Uzun mesafeli taşımacılıkta maliyetleri azaltmak için denizyolu-demiryolu kombine taşıma sisteminin geliştirilmesi faydalı olabilir. Navlun hizmetlerinin yüksek maliyeti, işletmelerin ürünlerini yurt dışındaki pazarlara ulaştırma maliyetlerini artırmaktadır. Bu maliyetleri

azaltmak için gümrük vergilerinin düşürülmesi, lojistik danışmanlığının geliştirilmesi ve kara, deniz, hava ve demiryolu taşımacılığı altyapısının güçlendirilmesi gerekmektedir. İşletmelerin yaklaşık %56'sı ihracat teşviklerinden yararlanmamaktadır. İhracata yönelik teşvikler, işletmelerin rekabet güçlerini artırmak ve ihraç pazarlarını genişletmek açısından önemlidir. Ancak teşviklerden yararlanan işletmelerin yaklaşık %74'ü bu teşvikleri yetersiz bulmaktadır. İhracatın artırılması için teşviklerin çeşitlendirilmesi ve artırılması gerekmektedir. Ayrıca işletmelerin, teşvikler hakkında bilgi almak ve kullanmak için Ankara'daki sivil toplum kuruluşları, sanayi ve ticaret odaları ve resmî kurumlarla iş birliği yapmaları faydalı olabilir. İşletmeler, tüketicilerin alışkanlıklarını anlamak ve yorumlamak için düzenli olarak anket çalışmaları yapmalıdır. Bu veriler ve analizler, Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına odaklanmak, tüketici taleplerine göre ürün çeşitliliğini artırmak ve yeni ürünler geliştirmek için kullanılmalıdır. Bu yaklaşım, mevcut ihracat potansiyelini artırırken, hedeflenen pazarlarda talep edilen ürünleri sunarak pazar ağını genişletmeye ve ihracat değerini artırmaya yardımcı olacağı düşünülmektedir. İşletmelere mevzuat konusunda bilgi ve eğitim sağlanmalı ve mevzuat değişiklikleri hakkında düzenli olarak bilgilendirilmelidirler. Bu yaklaşım, ihracat sürecinde olası sorunların önlenmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Anonim. (2019). Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, Gıda ve İçecek Sektörü Raporu, <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari-ve-yayinlar/mu0303011411> Erişim Tarihi:08.05.2020.
- Anonim. (2024). Dış Ticaret İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu Veri Tabanı, <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul>. Erişim Tarihi: 22.05.2024.
- Anonymous. 2024. Web sitesi: <https://comtrade.un.org/>. Erişim Tarihi: 21.05.2024

Ankara İlinde Bitkisel Ürün İşleyen ve İhracatında Bulunan Gıda Sanayi İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları Üzerine Bir Araştırma

- Ay, H. M. ve Talaşlı E. (2007). Türkiye’de KOBİ’lerin ihracattaki yeri ve karşılaştıkları sorunlar, *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F Dergisi Yerel Ekonomiler Özel Sayısı*, 173-184.
- Demirel, F. (2020). KOBİ’lerin ihracat faaliyetlerinde karşılaştıkları sorunların ihracat performansına etkileri: Konya tarım makineleri sektöründe bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret Anabilim Dalı, 133, Konya.
- Ersöz, S. (2014). Gıda sanayi dış ticareti ihracat performansı Mersin ili örneği. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Ana Bilim Dalı, 102, Mersin.
- Kaynak, E. ve Kothari, V. 1984. Export behavior o small and medium-sized manufacturers: some policy guidelines for international marketers. *management international review*, 24(2), 61-9.
- Keegan, W. J. Green, M. C. (2015). Küresel Pazarlama. Nobel akademik yayıncılık, 572, Ankara.
- Keskin, G., Koşan, A. K., Ayık, Y. Z., 2009. Bölgesel gelişme aracı olarak KOBİ’ler ve ihracat sorunları (Erzurum’da bir araştırma), *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13 (2): 279-290.
- Kırdar, Y. 2005. Dış pazarlara yönelme nedenleri ve stratejileri (Coca-Cola Örneği). *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(13), 233-245.
- KOSGEB. (2003). KOSGEB-Avrupa Eğitim Vakfı Araştırması Projesi Raporu, Türkiye’de KOBİ’ler için eğitim hizmetleri pazarı, kobi-ler-icin-egitim-hizmetleri-pazari.html Erişim Tarihi: 18.10.2021 Ankara.
- Müslümov, A. (2002). 21. Yüzyılda Türkiye’de KOBİ’ler: sorunlar, fırsatlar ve çözüm önerileri, Doğu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, 88, İstanbul.
- Özgen, H. ve Doğan, S. (1997). *Küçük ve orta ölçekli işletmelerin uluslararası pazarlara açılmada karşılaştıkları yönetim sorunları ve çözüm önerileri*, KOSGEB Yayınları, 43-54, Ankara.
- Öztürk, M., Ergun, E., Erkalı, S., Pezikoğlu, F., Uçar, M. 2004. Yaş meyve sebze ihracatçı firmalarının yapısı, sorunları ve çözüm önerileri. *Türkiye VI Tarım Ekonomisi Dergisi*, 333-340.
- Paçaman, H. E. (2010). Türkiye’deki işletmeler için ihracatın önemi, sorunları ve çözüm önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Kadir Has Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme MBA Yüksek Lisans Programı, 110, İstanbul.
- Şahin, B. D. ve Özudoğru, H. (2019). KOBİ’lerde üretim ve pazarlama sorunları: Ostim örneği. *Üçüncü Dergi Sosyal Ekonomi Dergisi*, 54(1), 320-333.
- Ulaş, F. 2004. Van ilindeki tarıma dayalı sanayi işletmelerinin çalışma alanları, sosyoekonomik yapıları ve kapasite kullanım durumları. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, 65, Van.
- Uyanık, M. (2011). Küresel ekonomik krizin tokat ili merkez ilçedeki gıda sanayii işletmeleri üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tokat.



Derleme Makale

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

Yavuzkan PAKSOY^{1*}, Nazan KOLUMAN²

ÖZ

Bu çalışmanın amacı atlarda fizyoterapi uygulamalarının kullanım alanları, faydaları ve yanlış uygulandığında meydana gelebilecek risk faktörlerini açıklamaktır. Bunun yanı sıra fizik tedavinin tarihçesi ve uygulama sonrasında atlarda meydana gelen davranış değişikliklerinden bahsedilmiştir. Fizik tedavi atlarda at sağlığı konusunda uzmanlaşmış ve fizyoterapi konusunda eğitim almış veteriner hekim ya da fizyoterapistler tarafından uygulanmaktadır. Fizik tedavide amaç atların ağrılarının azaltılması, hareket kapasitesinin artırılması ve kaybedilen fonksiyonların yerine getirilmesidir. Bu amaçlar doğrultusunda problemin türüne ve şiddetine göre uygun terapi yöntem ve teknikleri seçilerek ata uygulanır. Manuel terapi, elektroterapi, laser terapi, termal terapi yöntemleri, terapötik ultrason, hidroterapi, şok dalgası terapisi, manyetik alan terapisi ve terapötik egzersiz günümüzde atlara uygulanan önemli fizyoterapi uygulamaları arasındadır. Terapiyi uygulayacak kişinin at anatomisi, fizyolojisi ve davranışını iyi bilmesi, atın geçmişi hakkında bilgi edinmesi ve oluşabilecek yan etkiler konusunda hasta sahibini bilgilendirmesi gerekmektedir. Örneğin; kas spazmı olan bir ata sıcak uygulandığında ağrı ve gerginliği azalırken, kanser olan bir ata sıcak uygulaması sırasında kan dolaşımı hızlanacağı için kanser hücrelerinin yayılma ihtimali artar. Fizyoterapinin genel olarak bir tedavi yöntemi olmadığı, hekimin uyguladığı tedaviyi destekleyen alternatif bir tedavi yöntemi olduğu bilinmektedir. Yarış atlarında ağrıyı azaltmak ve performansı artırmak için son yıllarda popülerliği artan bu yöntemlerin, detaylı bir şekilde literatür taraması yapılarak ele alınan bu çalışmada at yetiştiricileri ve meslektaşlar için rehber olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: At, Davranış, Fizik Tedavi, Hayvan Refahı, Masaj.

Physiotherapy Applications' Importance in Horse Breeding

ABSTRACT

This study aims to clarify the regions of use, advantages, and potential risks associated with improper physiotherapy use in horses. The history of physical therapy was also discussed, as were the behavioral changes that take place in horses following the application. Veterinary professionals or physiotherapists with training in equine health administer physical treatment to horses. Physical therapy aims to recover lost functions, improve mobility, and lessen discomfort. According to these goals, suitable therapeutic approaches and strategies are chosen and used based on the nature and seriousness of the issue. Among the significant physiotherapy applications used on horses today are manual treatment, electrotherapy, laser therapy, thermal therapy techniques, therapeutic ultrasound, hydrotherapy, shock wave therapy, magnetic field therapy, and therapeutic exercise. In addition to learning about the horse's history and informing the patient's owner of any potential side effects, the individual administering the therapy should possess a solid understanding of the anatomy, physiology, and behavior of horses. For instance, applying heat to a horse experiencing muscle spasm reduces the discomfort and stress, but applying heat to a horse suffering from cancer increases the risk of the cancer cells spreading since the blood circulation speeds up. It is well recognized that physiotherapy is an alternate treatment approach that supplements the doctor's treatment rather than a therapeutic method in and of itself. In this study, which is covered in detail by evaluating the literature, it is believed that these techniques, which have gained popularity recently to lessen pain and enhance performance in racehorses, will serve as a guide for colleagues and horse breeders.

Keywords: Horse, Behavior, Physical Therapy, Animal Welfare, Massage

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 08.11.2024

Kabul Tarihi: 20.01.2025

¹Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Veteriner Fakültesi, Zootekni Anabilim Dalı, Adana

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana

*E-posta: yavuzkan7@gmail.com

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-0935-7693, 0000-0002-1388-2298

Giriş

Bilim ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte önceden çığır açan yöntemler sıradan hale gelmiştir. Fizyoterapi mesleği de insan ve hayvan hekimliğinde her geçen gün yenilenen önemli alternatif tedavilerden birisidir. Fizyoterapi hastalık veya yaralanmaları tedavi etmek için fiziksel ajanların veya masaj ve egzersiz gibi uygulamaların terapötik olarak kullanımıdır. Fizyoterapinin asıl amacı fonksiyon ve yaşam kalitesini hastalara geri kazandırmaktır. Bunun yanı sıra sakatlık riskini azaltarak performansı artırır. Rahatsızlığın çeşidine ve derecesine göre farklı şekil ve tekniklerde uygulanmaktadır Prydie ve Hewitt (2015). İlk olarak insan hekimliğinde kullanılmaya başlayan fizyoterapi teknikleri, zamanla hayvan hekimliğinde de yerini almıştır. At fizyoterapisi yüksek profiline rağmen hala fizyoterapi mesleğinin gelişmekte olan bir alt disiplini (Mc Gowan ve ark., 2007; Brookers ve ark., 2024).

Genel olarak performans somut bir işi yapmaya yönelik aksiyon olarak ifade edilmektedir. Yapılması zorunlu sporla alakalı bir vazifeyi yerine getirebilmek için harcanan çabaya ise sportif performans adı verilir. Spor masajı genel olarak 3 bölümde ele alınmaktadır. Antrenman öncesi masajda; atın psikolojik olarak rahatlaması ve dokuların ısınması sağlanır. Müsabakadan 30 dakika-24 saat önce yapılır. Devre arası yapılan masaj; ara masaj olarak ifade edilen bu masaj türünde ortalama 10 dakika süre ile çok yağlı olmayan maddeler kullanılarak teknikler seri bir şekilde uygulanır. Atın toparlanma ve performansını koruması amaçlanır. Antrenman sonrası masaj; fizyolojik ve ruhsal toparlanmayı hızlandırarak dolaşım sistemi aktive edilir. Çoğunlukla kalp yönünde eflöraj ve petrisaj uygulanır. Müsabakadan sonra 20 dakika-4 saat süre içinde yapılır. Performans birçok faktörün etkisi altındadır (Bayraktar ve Kurtoğlu, 2004; Gürkan ve ark., 2018).

Performansı Etkileyen Faktörler

- **İrk ve Yaş:** Atlar ırklarına göre farklı yaşlarda sportif faaliyetlerine başlarlar. İngiliz ırkı atlar 2 yaşında yarış hayatlarına başlarken Arap ırkı atlar ise 3 yaşında yarış hayatlarına başlarlar. Engel atlama sporunda kullanılan yarım kan atlar ise 4 yaşında müsabakalara katılırlar. Genç erişkinlik dönemine kadar yarışlar yaş gruplarına göre planlanır. Çünkü başarı parametresinin doğru değerlendirilebilmesi için gelişim düzeyindeki farklılıkların ortadan kaldırılması gerekmektedir Aktürk ve Yüksek (2023).
- **Cinsiyet:** Düz koşu ve engel atlama müsabakalarında dişi ve erkek atlar genellikle bir arada yarışır. Fiziksel ve mental olarak iki cinsiyet arasında farklılık bulunmasından ötürü iki cinsiyete özgü yarışlarda düzenlenmektedir. Kas kitlesi, hormonal sistem, oksijenden yararlanma ve bazı davranışlar bu farklılıklar arasındadır Aktürk ve Yüksek (2023).
- **Genetik:** Atta mevcut olan kalıtsal özelliklerdir. Ana ve babadan gelen bu özellikler atın davranışını, eşgalini ve performansını etkilemektedir (Marcell ve ark. 2003).
- **Çevresel Şartlar:** Atlar sosyalleşmeyi seven duygusal hayvanlardır. Bakıcısından ilgi görmeyen ve kötü bakım-besleme koşullarına maruz kalan atlar yüksek performans gösteremezler. Uzman veteriner hekim kontrolünde rasyon düzenlenerek uygun çevre şartlarında barındırma önerilmektedir Paksoy ve Ünal (2010).
- **Binici:** Yüksek performans müsabaka sırasında at ve binici arasındaki uyumla doğrudan ilişkilidir. Atın formda olmaması veya binicinin müsabaka sırasında yanlış bir plan izlemesi performansı olumsuz etkilemektedir Paksoy ve Ünal (2010).

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

Fizyoterapinin Tarihçesi

Fizyoterapi veya daha çok kullanılan adı ile fizik tedavi, sağlık ile ilişkili alanlardan birisidir.

Fizyoterapi mesleğinin tarihçesi çok eski dönemlere dayanmaktadır. Hipokrat M.Ö. 460'lı yıllarda elle terapi ve hidroterapi teknikleri ile hastalarını tedavi etmiştir. Daha sonra Galen bu teknikleri geliştirmiştir. 18. yüzyılın başlarında ortopedi biliminin gelişmesi ile birlikte tıbbi masaj ve egzersiz hareketlerinin kullanımı Avrupa'da artmıştır Bakewell (1997). 1813 yılında kurulan Royal Merkez Jimnastik Enstitüsü ve 1894 yılında kurulan İngiliz Fizyoterapistler Derneği fizyoterapinin profesyonel tarihçesini oluşturmaktadır Knox (2008). Fizyoterapi alanındaki en önemli gelişmeler 19. yüzyılda görülmüştür. Özellikle ortopedistler ameliyat ettikleri hastalara fizyoterapiyi rutin olarak uygulamıştır. 1914 yılında 1. Dünya Savaşı sırasında Washington'da Walter Reed Ordu Hastanesi adı altında tarihteki ilk fizyoterapi okulu kurulmuştur Can (2016). Fizyoterapistler önceleri egzersiz, masaj ve traksiyon uygulamaları ile hastalarını tedavi ederken; 1940'lı yıllardan sonra manipülatif teknikleri kullanmaya başlamışlardır Can (2016). 1980'lerden sonra fizyoterapi ile uğraşan kişiler anatomi ve nörolojinin fizyoterapiden ayrı tutulamayacağını düşünerek lisans üstü eğitimlerini farklı bilim dallarında yapmaya başlamışlardır McGowan ve ark. (2007).

Türkiye'de fizyoterapistlik mesleği 1961 yılında Hacettepe üniversitesinde fizik tedavi ve rehabilitasyon yüksek okulunun kurulmasıyla başlamıştır. Bunu daha sonra İstanbul Üniversitesi (1986), 9 Eylül Üniversitesi (1993), Pamukkale Üniversitesi (1995), Abant İzzet Baysal Üniversitesi (1996), Dumlupınar Üniversitesi (1997) ve Başkent Üniversitesi (1998) Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü takip etmiştir. 1969 yılında Türkiye Fizyoterapistler Derneği kurulmuştur. Bu derneğin bilimsel yayın organı olarak Fizyoterapi Rehabilitasyon Dergisi 1973 yılında yayın hayatına başlamıştır Can (2016).

Kraliyet ailesinin bir üyesi olan Lord Mountbatten polo sporunda kullandığı topal olan 2 midillisine fizyoterapist Charles Strong'a

fizyoterapi yaptırdı. Hızlıca iyileşme gösteren atlar Strong'a ilham kaynağı oldu. Strong'un geliştirdiği Stronboks isimli cihaz elektrotlar aracılığıyla hayvanın problemlili bölgesine düşük frekanslı akım gönderiyordu. Hasarlı bölge uyarılarak kaslarda ritmik kasılmalar oluyor, kan akışı hızlanarak iyileşme sağlanıyordu. 1984 yılında Strong'un öğrencisi Winks Greene atlarla çalışmaya devam etti ve Hayvan Terapisinde Sertifikalı Fizyoterapistler Derneği'nin kurucuları arasında yer almıştır. 1989 yılında Hollanda Hayvan Terapisi Derneği, 1994 yılında Kanada At ve Hayvan Fiziksel Rehabilitasyon Bölümü ve 1998 yılında Avustralya Hayvan Fizyoterapisi Derneği kurulmuştur. Finlandiya, Belçika, İrlanda, Amerika Birleşik Devletleri, İsviçre, İsveç ve İspanya'da da dernek faaliyetleri sürdürülmüştür. 2011 yılında birçok ülke Hayvan Uygulamalarında Fizyoterapistler Uluslararası Birliği'nin üyesi olmuştur. 2014 yılından bu yana İspanyada Hayvanlarda Fizyoterapi Çalışma Grubu görev yapmaktadır Calatayud (2019).

Fizyoterapi Uygulamalarının Atçılıkta Kullanımı

İnekler, keçiler, koyunlar ve sığırlar gibi tarım hayvanlarının yanı sıra kedi ve tavşanlar gibi evcil hayvanlarda da fizyoterapi uygulamaları nadiren kullanılsa da atlar ve köpeklerde sıklıkla tercih edilmektedir. Kuşlar ve sürüngenler dahil birçok egzotik ve vahşi hayvan türünde uygulanabilmesine rağmen, anatomi ve davranışın çok iyi bilinmemesi bu alandaki gelişmeyi sınırlamaktadır Veenman (2006).

Anatomi, biyomekanik, davranış ve fizyolojilerinin iyi bilinmesinden ötürü fizyoterapi uygulamaları at hekimliğinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Atlarda fiziksel ve psikolojik sağlığa olan önemli kazanımlarından dolayı fizik tedavi uygulamaları atlarda performansı arttırmaktadır. Bunun yanı sıra ortopedik rahatsızlıklarda ameliyat sonrası iyileşmeyi hızlandırmaktadır. Sıcak veya soğuk olarak uygulanan termal terapi atlarda çok eski dönemlerden beri kullanılmaktadır. Genel olarak sıcak uygulaması kan akışını hızlandırır, doku metabolizmasını ve esnekliğini artırır. Buna karşın, soğuk terapi ise akut dönemdeki

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

yumuşak doku yaralanmasından kaynaklanan yangı ve ağrıyı azaltır Buchner ve Schildboeck (2010). Atlarda kullanılan fizyoterapi yöntemleri diğer hayvanlarda olduğu gibi insan hekimliğinden örnek alınmıştır. Binicilik sporları, bireylerin ve takımların at ve binicinin tedavisi, bakımı ve performansının artırılmasında fizyoterapistlerin profesyonel hizmetlerinden yararlandığı atletizm ve futbol gibi diğer uluslararası yarışma sporlarını hızla yakalamaktadır. At fizyoterapistinin popüler profiline karşın, hala fizyoterapi merkezinin gelişmekte olan bir alt dalıdır McGowan ve ark. (2007). Atlarda uygulanan fizyoterapinin temel alanı kas ve iskelet sistemi bozuklukları, nöromusküler rahatsızlıkların değerlendirilmesi, tedavi ve rehabilitasyonu desteklemektir. Bu amaçla at yetiştiriciliğinde çeşitli fizyoterapi yöntemleri kullanılmaktadır. Atlara uygulanan önemli fizik tedavi yöntemleri aşağıda verilmiştir.

1. Manuel Terapi: Fizyoterapinin atlara uygulanan en önemli alanlarından birisidir. Nöromusküler ve kas-iskelet bozukluklarının değerlendirilmesi, tedavisi ile rehabilitasyonunun teşvik edilmesi için uygulanır. Osteopati, kayropratik ve masaj terapisi atlarda uygulanmaktadır. Hastalığın şiddetine ve çeşidine göre terapi sırasındaki uygulanacak kuvvet değişmektedir. Terapi sonrasında vücutta genel bir gevşeme ve rahatlama görülmektedir. Atlarda masaj, eklem mobilizasyonu ve manipülasyon teknikleri ağrı ve gerginliği azaltmak için uygulanır. Mobilizasyon eklemlere, nöromusküler ve fasiyal dokulara uygulanmaktadır. Tekrar eden hareketler aktif ve pasif hareket kısıtlamalarını ortadan kaldırarak eklem içi ve çevresindeki yapılar üzerine olumlu etkileri vardır. Dokulardaki esneklik artarak, kaslar güçlenir ve duruş normale döner (Huntingford ve Bale, 2017; Haussler, 2018).

• **Yumuşak Doku ve Eklem Mobilizasyonu:** Ağrı ve iltihabı azaltır, yaralı dokuyu onarır, kaybolan hareket fonksiyonlarını geri kazandırır. Eklem mobilizasyonu eklem hareket aralığını geri kazandırmak, bağ dokularını germek ve normal duruşu sağlamak için pasif eklem hareketi aralığında tekrar eden hareketlerle karakterizedir. Bu teknikte yumuşak

dokunun yüzeysel ve derin katmanları elle manipüle edilir. Kas, tendon, fasya ve bağ bu dokular arasındadır. Dokular belirli bir şekilde mobilize edilmelidir. Bu nedenle eğitilmiş ve tecrübeli kişiler tarafından yapılmalıdır. Eklem normal hareket yönüne dik ve paralel ritmik salınımlar ve kayma hareketi uygulanır. Bunun sonucunda dokulardaki sertlik ve ağrının azalması amaçlanır. Bu masaj yönteminde bir takım sıralı teknikler tercih edilir (Haussler, 2010; 2018).

- **Stroking (Okşama):** Hekimin hazırlık yöntemi olarak bilinen bu uygulamada el veya parmak uçları kullanılarak tüylerin yönüne doğru masaj yapılır.

- **Eflöraj (Sıvazlama):** Eller hafifçe kapatılarak kan akış yönüne doğru masaj yapılacak bölgeye yağ sıvazlanır.

- **Petrisaj (Yoğurma):** Basınç uygulanarak kas ve yumuşak doku yoğurulur.

- **Strecthing (Sıkıştırma):** İki avuç içi deri üzerine konulur, ters yöne hareket ettirilerek dokunun iki el arasında sıkıştırılması sağlanır.

- **Tapotement (Darbeleme):** Bu teknikte, vücuda darbeleme yaparak uyarı oluşturulur ve dokuların dinçleştirilmesi sağlanır.

- **Vibrasyon (Titretme):** Genellikle respiratuar problemlerde kullanılmaktadır. Zayıf olan kasları istemli olarak kontraksiyon yaptırma işlemidir.

- **Friksiyon (Ovuşturma):** Küçük ve derin hareketlerle, başparmak kullanılarak hedef dokunun üzerine sirküler hareketler uygulanır.

- **Rollen (Yuvarlama):** Bu yöntemde hedef doku üzerine eller düz olarak yerleştirilir. Sonrasında parmak uçları ile başparmaklar dokuyu arkadan öne doğru yuvarlama hareketi yapar. Canlı ve ritmik uygulama sonrasında doku canlanır ve gevşeme sağlanır.

• **Manipülasyon:** Hedef doku ya da uzuvu belirli bir yöne doğru yüksek hızla itme ile karakterize olan bir uygulamadır. Ani hareket atın kontrolü dışındadır. Yüksek hızlı bir itmenin varlığı mobilizasyon ve manipülasyon arasındaki en önemli farktır. Diğer önemli fark ise manipülasyon daha derin dokulara ulaşabilirken, mobilizasyon teknikleri daha yüzeysel dokulara uygulanır. Uygulama genellikle lokalize ağrıyı ve eklem sertliğini

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

ortadan kaldırmak için uygulanır. Uygulama sırasında uygulanan ani basınç elastik direnç noktasını aştığı için bir “çatlama” sesi duyulabilir. Genel anestezi altında manipülasyon yapılabilmesine rağmen, davranışın takip edilememesi uygulamanın başarısı hakkında fikir sahibi olunamamasını sağlar (Haussler, 2009; 2018).

• **Pasif Germe Egzersizleri:** Abduksiyon, adduksiyon, ekstansiyon, fleksiyon, iç rotasyon ve dış rotasyon gibi eklem hareketleri hareket aralığını ifade eder. Bu hareket aralığı kas, tendon, bağ gibi dokularda ağrı ve şişlik olduğunda kısıtlanabilir. Hareketler aktif ya da pasif olabilir. Hareketin aktif olabilmesi için atın yardımı gereklidir. Pasif hareket aralığı hareketsizliğin olumsuz etkilerini önlemeye yaramaktadır. Bir gonyometre eklem açılarını ölçmek için kullanılır. Ölçümler tedaviden önce ve sonra yapılmaktadır (Huntingford ve Bale, 2017; Haussler, 2018).

2. Elektroterapi: İnsan ve hayvan terapistleri uzun zamandır elektrik akımını kullanarak hastalarını tedavi etmeye çalışmışlardır. Buradaki asıl amaç elektrik akımı ile uyarım oluşturarak kas gücünü artırmak, kas spazmını gidermek, hareket aralığını normal seviyede tutmak, yara iyileşmesini teşvik etmek, ağrı ve ödemi azaltmaktır. Yarış atları için önemli bir problem olan eklem ve kas hastalıklarında elektrik akımı kullanımı etkin ve yaygındır. Transkutanöz ve fonksiyonel elektriksel sinir uyarımı en çok tercih edilen tekniklerdir. Endorfin salgılayarak ağrı kesme mekanizmasını canlandırır. Bazı veteriner hekimler daha hızlı ve uzun etkili ağrı kontrolünü sağlayabilmek için akupunktur noktalarını ve eklem bölgelerini elektriksel uyarım için kullanmaktadır (Nur ve Teke, 1995; Goldberg ve Tomlinson, 2017; Altınkaya ve Çağatay, 2020).

3. Termal Terapi Yöntemleri: Deri üzerine sıcak (termoterapi) ya da soğuk (kriyoterapi) eski dönemlerden bu yana basit bir fizyoterapi yöntemidir. Yumuşak doku yaralanmalarında ağrı ve enfeksiyonu kontrol altına alabilmek için çoğunlukla soğuk terapi kullanılmaktadır. Kan akışını artırarak doku metabolizmasını ve

esnekliğini artırmak için ise sıcak terapi tercih edilir. İki yöntemde de kas-iskelet sistemi yaralanmalarının tedavi edilmesi sağlanmaktadır. İki tedavi yönteminin de metabolizma, ağrı, kas spazmı, enfeksiyon, ödem ve bağ dokusu esnekliği üzerine olumlu etkileri olsa da mekanizmaları birbirine zıttır. Genellikle kriyoterapinin azalttığı etkileri termoterapi artırır. Sıcak ve soğuk uygulamasının insanlar tarafından tercih edilmesinin en önemli nedenleri; ucuz, kolay ve yan etkilerinin basit önlemlerle önüne geçilebilmesidir (Nadler ve ark., 2004, Atalaia ve ark., 2021).

Kriyoterapi uygulamasında problemlili bölgedeki ısının uzaklaştırılarak doku sıcaklığını düşürmek amaçlanmaktadır. Soğuk uygulaması vazokonstriksiyona neden olarak kan akışını azaltır, enfeksiyonun ve kas spazmlarının azalmasına sebep olur. Doku reseptörlerinin aktivasyon eşiğini düşürerek, ağrı sinir sinyallerinin iletim hızını azaltır. Tekrar eden kriyoterapi uygulamaları yaralı doku üzerinde koruyucu bir etki yapar. Atlarda darbe ve zorlamaya bağlı olarak meydana gelen kemik üremesi ve eklem kireçlenmesi olgularında önemli bir konservatif tedavidir. Problemlili alan yeterince soğuyana kadar buzun doğrudan dokulara uygulanması basit ve etkili bir ağrı giderme yöntemidir. Soğuk uygulaması ameliyat ya da yaralanma sonrası 2 gün boyunca çok etkilidir. 15 derece ile 19 derece arasındaki doku ısısında soğuk uygulaması çok etkilidir. Soğuk uygulaması 30 dakikadan fazla yapılmamalıdır. Termoterapi kriyoterapi gibi analjezi sağlar ve kas tonusunu azaltır. Kan akışını artırarak besin, oksijen ve proteinin hasarlı bölgeye iletimini sağlar. Doku metabolitlerinin harekete geçmesi sayesinde, dokuların oksijenlenmesi, hücrelerin ve enzim sistemlerinin metabolik hızı artar. Metabolik hızın 2 kat artması için 10 derecelik doku sıcaklığı artışına ihtiyaç vardır. Yumuşak dokuların yüksek ısıda daha etkin bir şekilde gerilebildiği belirtilmiştir. Ortalama 45 derecede ısıtılan dokuların uzun süreli gerilmesi tendonların, kasların ve eklem kapsüllerinin uzayabilirliğini arttırmaktadır. Akut enfeksiyon geçtikten sonra ısı uygulanmalıdır. Germe egzersizlerinden önce ısı uygulaması eklem ve tendonların hareketliliğine yardımcı olur. Sıcak

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

paketler ve hidroterapi en yaygın kullanılan ısı kaynaklarıdır. Bu yöntemler sayesinde ortalama 1 cm derinliğe kadar deriye ısı nüfus etmesi sağlanır. 45 derecenin üzerinde ısı kaynağı kullanmak ağrı ve doku hasarına neden olabilir. Eğer 45 derecenin üzerinde ısı kaynağı kullanılacak ise bu kaynak birkaç kat nemli havlu ile sarılmalıdır. Sıcak terapisi 30 dakikadan fazla sürede yapılmamalıdır. Dokuların battaniye gibi kalın bir madde ile sarılması lokalize kan akışını arttırarak kas sertliğini ve ağrıyı kontrol altında tutar. Bu yöntem atçılık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Nadler ve ark., 2004; Millis ve Levine, 2013).

4. Laser Terapi: Uyarılmış radyasyon emülsiyonu ile ışık amplifikasyonu cümlesinin kısa hali “laser” terimidir (Abbreviation for Light Amplification by Stimulated). Elektromanyetik radyasyon üreten lazer cihazı sayesinde hücrelerin içerisine kızılötesi ışık gönderilir. Bu ışık sayesinde ağrı ve doku yaralanmalarının kontrolü sağlanır. Mitokondriyal solunum zincirinin bileşenlerinin aktivasyonu ve hücre çoğalmasının teşvik edilmesi etki mekanizmasını açıklamaktadır. Lazer ışığının düşük enerji ve yoğunlukta kullanılması önerilir. Lazer ışığı dokularda mitokondriler tarafından emilir. Hücrelerdeki ATP üretimini arttırarak, büyüme faktörlerinin ve sitokin reaksiyonlarının salınmasını teşvik eder. Doku iyileşmesi, ödem azaltılması, analjezik ve anti-inflamatuar etkisi vardır. Yarış atlarında asıcı bağ ve tendon hasarı için lazer tedavisi gün geçtikçe popülerleşmektedir (McGowan ve ark., 2007; Bromiley, 2013).

5. Terapötik Ultrason: 20. yüzyılın başlarında Titanik gemisinin batışının ardından araştırmacılar nesneleri bulabilmek için ses dalgaları üzerine çalışmaya başladılar. Üretilen mekanik enerji insan kulağının duyamayacağı ölçülerde idi. Bu enerji deri sıcaklığını değiştirmeden moleküler titreşim yoluyla derin dokulara ulaşabilmektedir. Teşhis ve tedavi için kullanılan bu yöntem zamanla veteriner alanda da önemli bir hale gelmiştir. Terapötik ultrasonun etkileri hücresel düzeyde meydana gelir, iyileşme ve rahatlamayı arttırır. Terapötik

ultrasonun ses dalgaları ortalama 5 cm derinliğe kadar dokuları etkiler. Kas ve iskelet sistemi yaralanmalarında tercih edilir. Deriyi tahriş etmeden ısı artışı sağlar. Kan akışını artırır, sinir sistemini uyarır, kolajen üretimini artırır ve kas spazmını azaltır. Ultrasonun terapötik etkileri hem biyolojik hem de termaldir. Ses dalgalarının yoğunluğu ne kadar yüksekse sıcaklık artışı o kadar hızlı olur. Ultrason enerjisi hava ile temasta zayıfladığı için, fazla hava ortadan kaldırılmalıdır. Bunun için sıkı bir temas ve suda çözünür jel kullanılır. Veteriner hekimlikte hayvanların kıl oranının fazla olması sebebiyle müdahale edilecek bölge tıraşlanır. Tendon, iç organlar ve kalp için farklı proplar kullanılmaktadır (Haussler, 2009; Bromiley, 2013; Okcuoğlu ve Yaprakcı, 2023).

6. Hidroterapi: Hidroterapi suda egzersiz yapmaktır. Ağrı kesici ve rahatlatıcı etkisinden yararlanılır. Suda egzersiz yapmak eklem hareketliliğini arttırır, vücut fonksiyonunu destekler, kas esnekliğinin korunmasını sağlar ve yaralanmalara iyi gelir. Suyun kaldırma kuvveti sayesinde kaybedilen fonksiyonların geri kazanımları sağlanır. Performans atlarının kas güçlendirme ve direnç kazanmaları amaçlanır. Diğer tedavilere kıyasla daha hızlı bir sürede kaybedilen fonksiyonların yerine getirilmesini amaçlar. At hekimliğinde yüzme ve su altı koşu bantları her geçen gün popülerliğini arttırmaktadır. At havuzlarında egzersiz sırasında atın başının her iki tarafındaki bakıcı ip yardımıyla kaza riskine karşı destek olur (Anteplioğlu, 1973; King, 2016).

7. Şok Dalgası Terapisi: Şok dalgası terapisi müdahale edilecek bölgeye yüksek enerjili ses dalgalarının yanı sıra akustik enerji uygulamasını içeren bir tedavidir. 1970’li yılların başlarında böbrek taşlarını kırmak için geliştirilmiştir. Günümüzde iyileşme sürecini uyarmak ve hızlandırmak için kullanılmaktadır. Hayvanlarda kemik iyileşimini teşvik etmek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Akustik ses dalgaları dokulardan geçerken eklem, bağ, tendon, kemik ve kırık gibi daha yoğun dokulara temas ederek enerjiyi dağıtırlar. Enerji dokularda biriktikçe, iyileşmeyi destekleyen biyolojik bir döngü başlar. Akut yaralanmalarda

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

bu tedavi önerilmez (Adair ve Phillips, 2017; Okcuoğlu ve Yaprakçı, 2023).

8. Manyetik Alan Terapisi: Elektromanyetik alanlar veteriner hekimlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Elektromanyetik alan tedavisi 1970'li yıllardan bu yana kemik kırıklarında kullanılmaktadır. İltihaplı ve dejeneratif kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarında atları tedavi etmek için uygulanmaktadır. Veteriner hekimlik alanında elektromanyetik alan teknikleri kemik ve yara onarımı, akut ve kronik ağrı kesici özelliklerinin yanı sıra yan etkisinin az olması nedeniyle de tercih edilmektedir. Yarış atlarında önemli problem olan kemik hasarı ve eklem kireçlenmelerinde tercih edilmektedir (Bromiley, 2013; Goldberg ve Tomlinson, 2017).

9. Terapötik Egzersiz: Tanı, atın yaşı, fiziksel durum ve semptomlar dikkate alınarak rehabilitasyon programında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Egzersizler sayesinde atın hareket aralığı, gücü, ağırlık taşıma kapasitesi, yürüme düzeni, vücut esnekliği, vücut dengesi ve duruşu düzenlenmektedir. Bunun yanı sıra ağrıyı, dayanıklılığı ve performansı da iyileştirir. Asıl amaç iyileşme süresi sırasında hasarlı dokunun kuvvetini

2. Vücudun bir bölümünün seğirmesi (Twitching): Rahatlayan kas grubunun istemsizce titremesidir. Müdahale edilen kas grubu ile bağlantılı olan başka bir kas grubu da seçilebilir.

3. Dudakların sallanması (Quivering of the lips): Rahatlama sonucunda baş ve boyun kasları gevşeyen atın dudak kasları da gevşemektedir. Özellikle alt dudağın aşağıya doğru sarkması ile karakterizedir.

4. Nefes tutma ya da hızlanması (Change in breathing): Vücudundaki negatif enerjiyi uzaklaştıran atın tansiyonunda iniş çıkışlar meydana gelmektedir. Bunun sonucunda nabız sayısı ve solunum sayısında değişimler gözlenir. Bu durum, atın nefes alıp verme sıklığını etkilemektedir.

5. İç çekmek (Sighing): Rahatlayan ve tansiyonu düşen atın derin nefes almasıdır.

6. Başı yere düşürme (Dropping the head): Atlar anatomik yapıları sayesinde ayakta

artırmaktır. Atlarda egzersizler sırasında yokuşlu araziler tercih edilebilir. Atlarda 2 tip kas olduğu bilinmektedir. Tip 1 kas lifleri genel olarak dayanıklılığı tip 2 kas lifleri ise hızı temsil etmektedir.

Kullanılmayan kaslar hareketsizleşerek kas gücü azalır. Egzersizler sayesinde kas yeteneğini kısa bir sürede geri kazanmaktadır. At eğitimleri sırasında kullanılan Pessoa (kas antrenmanı yardımcı ekipmanı) ve Equiband yardımcı ekipmanlar kasların daha fazla çalışmasını sağlar. Bir takım engel ve denge tahtaları atları eğitmek için kullanılmaktadır. Bu yardımcı ekipmanlar sayesinde kardiyovasküler sistem, nöromusküler sistem, kas ve iskelet sistemi uyarılmaktadır. Rehabilitasyonun en büyük amacı atın dayanıklılığını artırmak, forma girmesini sağlamak ya da kaybettiği fonksiyonlarını geri kazandırmaktır (Huntingford ve Bale, 2017; Haussler, 2018; Okcuoğlu ve Yaprakçı, 2023).

Fizik Tedavi Sonrası Atlarda Görülen Önemli Davranışlar

1. Göz kapaklarını kırıştırma (Blinking): Atın göz kapaklarını kısarak hızlı bir tempoda açıp kapamasıdır. Genellikle rahatlamanın başında görülmektedir.

dinlenebilirler. Bu dinlenme sırasında başlarını yere doğru eğler. Gerginliği azalan atın başını yere doğru düşürmesidir.

7. Yumuşama (Softening): Gergin, sinirli ve huzursuz bir atın probleminin giderilerek, daha sakin ve esnek bir hale gelmesidir.

8. Aptal yüz ifadesi (Foolish facial expression): Rahatlayan ve uykusu gelen bir atın mimiklerinin azalmasıdır.

9. Yalanma (Licking): Atlar çoğunlukla rahatladıklarında, bir şey yiyip içtikten sonra yalanma davranışı gösterirler. Atın dilini dışarıya çıkararak dudaklarını yalamasıdır. Rahatlamanın derecesine göre dilin görünüm alanı artar.

10. Çiğneme (Chewing): Rahatlayan atın ağzında bir besin maddesi olmamasına rağmen dişlerini gıcırdatmasıdır. Atların sebepsizce de bu davranışı sergiledikleri unutulmamalı, her çiğneme davranışı sergilemenin rahatlama ifadesi olmayacağı dikkate alınmalıdır.

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

11.Burun çalma (Snorting): Atlarda görülen normal bir davranıştır. Ağzını kapatan at dışarıya ağzından ve burnundan hava üfler, dudakları birbirine çarparak güçlü bir ses çıkarır. Rahatlama sonucunda bu davranışın sergilenmesidir. Sağlıklı atların günün belirli bölümlerinde (örneğin; antrenman sonrası) bu davranışı sergileyerek, solunum yollarını temizlemesi istenmektedir.

12.Hapşurma (Sneezing): Genellikle burun çalma ile birlikte görülmesine rağmen nadiren olmaktadır. Rahatlama sonucunda mayışan atın vücut sistemlerini yeniden canlandırmak için başvurduğu bir davranıştır. Özellikle solunum sistemi yavaşladığı ya da tıkanıldığı zaman görülmektedir.

13.İnleme (Grunting): Derin rahatlama sırasında, atın nefes verirken ses çıkarmasıdır.

14.Sallanma (Shaking): Rahatlayan atın gevşeyen ayak ve bacak kaslarından dolayı yere düşecek gibi hareketler sergilemesidir.

15.Esneme (Yawning): İleri derecede rahatlamanın bir simgesi olarak atın esnemesidir. Rahatlamanın seviyesine göre esneme sayısı artmaktadır.

21.Üst dudağı kıvrırma (Flehmen): At kafasını yukarıya kaldırarak üst dudağını açar ve dişleri görünür.

16.İkinci göz kapağını geri yuvarlama (Rolling back the second eyelid): Rahatlayan atın gözünü açık tutmakta zorlanarak, istemsizce üçüncü göz kapağını göstermesidir.

17.Vücudu germe ve esnetme (Stretching and flexing): Rahatlayan atın ileriye ya da geriye doğru genleşerek gerginliğini atmasıdır.

18.Yerinde duramama (Fidgeting): Ağrı veya gerginliği azalan atın rahatlayarak, hareket etmek istemesidir.

19.Bir ayağını dinlendirme (Resting one foot): Atlar sahip oldukları Lacertus fibrosuz ligamenti sayesinde cubiti eklemelerini kilitleyerek yere düşmeden ayakta dinlenebilirler. Bu sırada sırayla arka bacaklarından bir tanesini geriye doğru boşa düşürüp, dinlenmesini sağlarlar. Rahatlayan atın bu davranışı sergilemesidir.

20.Kulakların yana düşmesi (Ears fall to the side): Dikkatli ve meraklı olan bir at kulaklarını dik tutar. Sinirli ve tehlikeyi sezen bir at kulaklarını geriye doğru yatırır. Hasta ya da rahatlamış bir at ise kulaklarını genellikle yanlara doğru yatırmaktadır.

- Eklem hareket açıklığının artması ve gerginliğin azaltılması sağlanır.
- Hipotonik vücut bölgelerinin tonusu artar Shakeshaft ve Tabor (2020).

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Avantajları

- At davranışlarını düzenler.
- Gerginliği azaltır.
- Stresi azaltır.
- Ağrıyı azaltır.
- Kas spazmını giderir.
- İyileşmeyi hızlandırır.
- İskelet kas problemlerini giderir.
- Kas gücünü artırır.
- Atın yürüyüş biçimini düzenler.
- Atın duruşunu normal bir hale getirir.
- Fizyoterapi uygulamaları sırasında hastalık teşhisleri konulabilir.
- Kardiyovasküler sistem üzerine olumlu etkileri vardır: kan akışını hızlandırır, tansiyonu düzenler.
- Yaşlı atlarda fonksiyonların kaybedilmemesini teşvik eder.

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Kontreindikasyonları

- Gebelik durumunda annede stres hormonlarının salgılanması ve yavruda oluşabilecek hasarın önlenmesi için çok gerek olmadıkça yapılması önerilmemektedir.
- Hastanın kanser gibi metastatik bir hastalığı varsa özellikle bu bölgede elektroterapi uygulamalarının kullanılması önerilmemektedir. Egzersiz terapisinde hastanın kolaylıkla yorulması göz önünde bulundurulmalıdır.
- Fizyoterapi uygulamalarının dolaşım sistemini aktive ettiği bilinmektedir. Dolaşımın aşırı hızlanması şok ya da ölüme sebep olabilir.
- Fizyoterapi uygulaması sırasında miyopati varlığından şüphe edilirse uygulama durdurularak veteriner hekime yönlendirilmelidir.

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

- Hayvanlarda ağrı ya da agresyon varlığında gerekli koruyucu önlemler alınmalıdır. Aksi halde at ve terapist risk altındadır. Önlem olarak at ilgilisi tarafından bir ip ile tutulabilir ya da veteriner hekim kontrolünde sedatif bir ilaç kullanılabilir. Bazı atların yalnızca kendi ahırında sakin kaldığı ve fizyoterapi uygulamasının ahırında yapılabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Şok dalgası ve elektromanyetik terapisinin boyun bölgesi ve omuriliğe yakın bölgelerde uygulanması önerilmez. Aynı şekilde bu uygulamaların taylarda yüksek frekansta kullanılması durumunda ödem ya da beyaz alanların oluşumuna yol açabilir.
- Şok tedavisi gibi aşırı enerjinin yüklendiği terapilerde doku hasarı meydana gelebilir.

Sonuç

Sonuç olarak, detaylı olarak yapılan literatür taraması gösteriyor ki; fizyoterapi fizyolojik ve psikolojik olarak at sağlığının yanı sıra performansı da olumlu olarak etkilemektedir. Masajın olumlu etkilerine karşın doğru biçimde, uygun sürede, uzman veteriner hekim ya da fizyoterapist tarafından yapılmadığı durumlarda olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir. Çalışma çıktıları fizyoterapinin at performansını ve refahını iyileştirerek, at yetiştiriciliğine maddi ve manevi olarak yarar sağladığını göstermektedir.

- Büyük sinir ve kan damarlarının üzerine aşırı basınç uygulanmasının yırtılma ya da daralmaya yol açabilir.

Kemiğe uzun süreli yüksek miktarda uyaran verilmesi kemik hasarına yol açabilir.

- Enfeksiyon varlığında bakterilerin yayılması tetiklenebilir.
- Hidroterapide kullanılan su temiz değilse at enfeksiyona maruz kalabilir.
- Uzun süreli yüzme egzersizlerinde solunum problemleri görülebilir.
- Gereğinden fazla yapılan terapiler atta alışkanlık yaparak atı strese sokar. Uygulama sırasında bir an önce hareketlerin bitmesini isteyen at rahatlatma sağlayamaz.
- Atın ilgisinden yeterince bilgi alınmalı, yanlış fizyoterapi uygulamasının atın problemini daha da artırabileceği unutulmamalıdır (Prydie ve Hewitt, 2015; Masterson ve Reinhold, 2022).

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

Kaynaklar

- Adair, S., Phillips, D. (2017) Equine rehabilitation. Physical rehabilitation for veterinary technicians and nurses, 347-376.
- Aktürk, O., Yüksek, S. (2023) Masajın sporcu performansı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Kafkas Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3, 1.
- Altınkaya, N., Çağatay, S. (2020) Köpeklerde spinal yaralanmalar sonrası fizyoterapi uygulamaları: olgu sunumları. *İzmir Democracy University Health Sciences Journal*, 3 (3): 214-223.
- Antepioğlu, H. (1973) Atların ekstremitte hastalıklarında uygulanan fizik tedavi yöntemleri ve sonuçları-2. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20 (04): 0-0.
- Atalaia, T., Prazeres, J., Abrentes, J., Clayton, H. M. (2021) Equine rehabilitation: A scoping review of the literature. *Animals*, 11(6), 1508.
- Bayraktar, B., Kurtoğlu, M. (2004) Sporda performans ve performans artırma yöntemleri, *Klinik Gelişim Dergisi*, 269-296.
- Bakewell, S. (1997) Illustrations from the wellcome institute library: medical gymnastics and the cyriax collection. *Medical history*, 41 (04), 487-495.
- Brookers, W., Payne, R., Lea, R. (2024) Reporting outcome measures in veterinary physiotherapy with particular reference to the treatment of canine and equine joint cases in the UK. *Vet Record*, 194, 6.
- Bromiley, M. (2013) Equine injury, therapy and rehabilitation. John Wiley, Sons.
- Buchner, H. H. F., Schildboeck, U. (2010) Physiotherapy applied to the horse: a review. *Equine Veterinary Journal*, 26.
- Calatayud, M. (2019) A royal history of animal physiotherapy.
- Can, F. (2016) Fizyoterapi ve rehabilitasyonun mesleki gelişim tarihçesi. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 1 (3): 1-6.
- Goldberg, M. E., Tomlinson, J. E. (2017) Physical Rehabilitation for Veterinary Technicians and Nurses. John Wiley, Sons.
- Gürkan, A. C., Dalbudak, İ., Bakır, B., Dinç, A., Ali, G. K. (2018) Spor masajı. *İğdir Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 1 (1): 24-28.
- Haussler, K. K. (2009) Review of manual therapy techniques in equine practice. *Journal Of Equine Veterinary Science*, 29(12), 849-869.
- Haussler, K. K. (2010) The role of manual therapies in equine pain management. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 26(3), 579-601.
- Haussler, K. K. (2018) Equine manual therapies in sport horse practice. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 34(2), 375-389.
- Huntingford, J. L., Bale, J. (2017) Therapeutic Exercises Part 1: Land Exercises. Physical Rehabilitation for Veterinary Technicians and Nurses, 286.
- King, M. R. (2016) Principles and application of hydrotherapy for equine athletes. *Veterinary Clinics: Equine Practice*, 32(1), 115-126.
- Knox, B. (2008) History of the school of physiotherapy. School of Physiotherapy Centre for Physiotherapy Research.
- Marcell, T. J., Hawkins, S. A., Hyslop, D. M., Wiswell, R. A. (2003) Longitudinal analysis of lactate threshold in male and female master athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 35.
- Masterson, J., Reinhold, S. (2022) Beyond horse massage. A breakthrough interactive method for alleviating soreness, strain and tension, by USET endurance team equine massage therapist. The Masterson Method.
- McGowan, C. M., Goff, L., Stubbs, N. (2007) Animal physiotherapy: assessment, treatment and rehabilitation of animals. John Wiley & Sons, Limited.
- McGowan, C. M., Stubbs, N., Jull, G. A. (2007) Equine physiotherapy: a comparative view of the science underlying the profession. *Equine Veterinary Journal*, 39 (1): 90-94.
- Millis, D., Levine, D. (2013) Canine rehabilitation and physical therapy.

At Yetiştiriciliğinde Fizyoterapi Uygulamalarının Önemi

- Elsevier Health Sciences. (Levine & Bockstahler), 342.*
- Nadler, S. F., Weingand, K., Kruse, R. J. (2004) The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain Physician Journal*, 7(3), 395-400.
- Nur, İ. H., Teke, B. E. (1995) Evcil hayvanlarda akupunktur. *Van Veterinary Journal*, 6 (1-2): 7-12.
- Okcuoğlu, İ., Yaprakçı, M.V. (2023) Physical therapy and application methods in horses. *Veterinary Sciences and Management, İksad Yayınevi.*
- Paksoy, Y., Ünal, N. (2010) The factors affecting horse racing performance (A review). *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 50 (2): 91-101.
- Prydie, D., Hewitt, I. (2015) Practical physiotherapy for small animal practice. *Sözkesen Matbaacılık.*
- Shakeshaft, A., Tabor, G. (2020) The effect of a physiotherapy intervention on thoracolumbar posture in horses. *Animals*, 10 (11): 1977.
- Veenman, P. (2006) Animal physiotherapy. *Journal Of Bodywork And Movement Therapies*, 10 (4): 317-327.



Araştırma Makalesi

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

Ayşegül BURĞUT^{*1}, Mesut ADA¹, Nurgül TÜREMİŞ¹, Kamil EKİNCİ², Ebru KAFKAS¹

ÖZ

Bu çalışma, farklı solucan gübrelere topraksız yetiştiriciliği yapılan Rubygem çilek çeşidinin verimi ve meyve kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla, 2019-2020 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanında ısıtmasız cam serada yürütülmüştür. Rubygem çilek çeşidinin fideleri 2.5 L'lik saksılara 2:1 oranında torf:perlit karışımına dikilmiştir. Çalışmada, 4 farklı solucan gübresi (ardıç tohumu solucan gübresi, çiftlik gübresi solucan gübresi, çınar yaprağı solucan gübresi, mısır bitkisi solucan gübresi), Ekoflora ve kontrol uygulamalarının etkinliği araştırılmıştır. Ayrıca, solucan gübrelere 5 farklı doz (10, 20, 30, 40, 50 g saksı⁻¹) incelenmiştir. Farklı dozlarda uygulanan solucan gübrelere ortalama meyve ağırlığı (10.20 g) ve bitki başına verim değerleri (140.77 g) bakımından en iyi sonuç mısır bitkisi solucan gübresinin 20 g saksı⁻¹ uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca, bu doz meyvelerde SÇKM/Asit (%10.45) oranını da olumlu bir şekilde etkilemiştir.

Anahtar kelimeler: çilek, vermikompost, verim

Effect of Different Vermicompost Applications on Yield and Some Quality Criteria of Rubygem Strawberry Variety

ABSTRACT

This study was conducted between 2019 and 2020 in an unheated glass greenhouse at Çukurova University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Research and Application Area in order to determine the effect of different vermicomposts on the yield and fruit quality criteria of Rubygem strawberry cultivar grown in soilless cultivation systems. The seedlings of the Rubygem strawberry cultivar were planted in 2.5 L pots with a 2:1 peat:perlite mixture. The study investigated the effectiveness of four different vermicomposts (juniper berry seed vermicompost, dairy manure vermicompost, plane leaf vermicompost, corn plant vermicompost), Ekoflora, and a control application. In addition, five different dosages of vermicompost (10, 20, 30, 40, 50 g per pot) were examined. Among the different dosages of vermicomposts, the best results for average fruit weight (10.20 g) yield per plant (140.77 g) were obtained with 20 g per pot application of corn plant vermicompost. Additionally, this dosage positively affected the SSC/Acid ratio (%10.45) in the fruit.

Keywords: strawberry, vermicompost, yield.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-5708-9227, 0000-0003-1495-9311, 0000-0003-1817-7317, 0000-0002-2036-9281, 0000-0002-7083-5199

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 22.11.2024

Kabul Tarihi: 18.03.2025

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

*E-posta: aburgut@gmail.com

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

Giriş

Çilek, organik veya konvansiyonel olarak üretimi yapılan ve tüketici tarafından çok tercih edilen bir tarım ürünüdür. Tüketiciler tarafından çok yoğun bir biçimde istenmesi, yetiştiriciliğinin de önem kazanmasına neden olmuştur. Çilek, özellikle çocuklar tarafından da sevilerek tüketildiği için organik çilek yetiştiriciliği büyük önem taşımaktadır (Aksoy ve ark., 2002).

Çilek, *Rosales* takımının, *Rosaceae* familyasının *Fragaria* cinsine bağlı olup, tür adı *Fragaria x ananassa* L.'dir. Anavatanı Kuzey ve Güney Amerika'dır. Kuzey Yarımküre'nin ılıman bölgeleriyle birlikte, Güney Yarımküre'de de büyük ölçüde tarımı yapılmaktadır. Çilek, taze olarak tüketilebildiği gibi reçel, marmelat, dondurma, pasta ve likör yapımında da kullanılmaktadır (Aybak, 2000).

Dünya çilek üretim alanı 2022 yılı itibarı ile 397.603 ha olup, üretim miktarı ise 9.569.864,9 ton'dur. En fazla üretim yapan ilk 5 ülke sırasıyla; Çin (3.354.804,57 ton), ABD (1.261.890 ton), Türkiye (728.112 ton), Mısır (637.842,16 ton) ve Meksika (568.271,93 ton)'dır (FAO, 2024).

Türkiye konvansiyonel çilek üretimi 2023 yılında toplam 219.835 da alanda 676.818 ton olup, 71 ilde üretim yapılmıştır. En fazla üretim yapan ilk 5 il sırasıyla; 167.607 ton ile Mersin, 106.272 ton ile Aydın, 82.504 ton ile Çanakkale, 66.908 ton ile Konya ve 45.849 ton ile Bursa ili olmuştur. Adana ili 5.569 ton ile 17. sırada yer almaktadır (TÜİK, 2024). Türkiye organik çilek üretimi 2023 yılı itibarı ile 207,6 ha alanda yapılmakta olup, 5.177,47 ton'dur. En fazla üretim Konya (2.708,24 ton), Afyonkarahisar (1.619,50 ton) ve Bursa (472,24 ton) illerinde yapılmaktadır (Anonim, 2024).

Solucan gübresi (vermikompost); toprak yapısını düzenler, su tutma kapasitesini artırır. İçeriğinde bulunan bakteriler nedeniyle bitkilerin direncini artırır. İçerisinde yabancı ot tohumu bulunmaz. Doğal oldukları için bitkilere toksik etki yapmazlar (Demir ve ark., 2010). Zengin bir organik materyal olan vermikompost, toprak verimliliği ve bitki sağlığı bakımından da önemli bir role sahiptir. Vermikompost kullanımı, sürdürülebilir tarımda oldukça önemlidir. Türkiye'de vermikompost üretimi

2011 yılında başlamış olup, 2017 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı'nın izin verdiği 15 tesiste yaklaşık 20.000 ton katı solucan gübresi üretimi ile devam etmektedir (Bellitürk, 2018).

Bu çalışmada, Rubygem çeşidinde topraksız çilek yetiştiriciliğinde vermikompost kullanımı ile bitki gelişiminin optimum düzeye çıkması ve bunun sonucu olarak meyve kalitesi, sürdürülebilir verim ve erkencilik amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Denemede Kullanılan Bitki Materyali

Denemede bitki materyali olarak Rubygem çeşidinin frigo fideleri kullanılmıştır. Fideler Çiftar Tarım İşletmesinden temin edilmiştir.

Rubygem: Kısa gün çeşidi olup, erkenci ve tadı çok beğenilen bir çeşittir. Meyve eti sert olup, yola dayanımı iyidir. Meyveleri yüksek aromalı, sulu ve orta iriliktir. Meyve eti kırmızı, dış rengi ise parlak koyu kırmızıdır. İri ve albenili çanak yapraklara sahiptir. Yağmur zararına karşı orta derecede hassasiyet göstermektedir. Külleme hastalığına duyarlı, *Fusarium* solgunluğuna ve antraknoza karşı toleransı iyi olduğu bilinmektedir (Türemiş ve Ağaoğlu, 2013). Rubygem çeşidine ait frigo fideler 04.07.2019 tarihinde, 2:1 oranında torf:perlit karışımına 2.5 L'lik saksılara dikilmiştir.

Denemede Kullanılan Gübre Materyalleri

Gübre materyali olarak 4 farklı mama ile beslenmiş solucan gübresi (vermikompost) kullanılmıştır. Bu mamaların özellikleri;

1 No'lu Solucan Gübresi: Ardıç meyvesi tohumlarından elde edilen kompostlarla beslenmişlerdir. Ardıç meyveleri Isparta ilinde bulunan bir çiftlikten alınmıştır (Sülük ve ark., 2018).

2 No'lu Solucan Gübresi: Süt ineklerinin gübreleri ile beslenmişlerdir. Süleyman Demirel Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezindeki süt çiftliğinden alınmıştır (Sülük ve ark., 2018).

3 No'lu Solucan Gübresi: Çınar bitkisinin yaprakları ile beslenmişlerdir. Bu yapraklar Isparta ili Sav ilçesindeki tarlalardan toplanmıştır (Sülük ve ark., 2018).

4 No'lu Solucan Gübresi: Mısır bitkisi ile beslenmişlerdir. Bu yapraklar Isparta ili Sav

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

ilçesindeki tarlalardan toplanmıştır (Sülük ve ark., 2018).

Çalışmada; vermikompostun 0, 10, 20, 30, 40, 50 g saksı⁻¹ ve Ekoflora'nın (organik tarımda sertifikalı çiftlik gübresi) 30 g saksı⁻¹ dozları kullanılmıştır.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişebilmeleri için, dikimden 20 gün sonra denemede yer alan tüm bitkilere haftada 1 kez Botanica organik gübresi (5 L/da) ve her ay düzenli olarak yapraktan mikro element içeren gübre (200 ml/100 L) verilmiştir. Ayrıca, yaprak kurdu için, Delfin (100 g/100L su) kullanılmıştır.

Denemede İncelenen Parametreler

Ortalama meyve ağırlığı; meyveler tek tek 0.1 g'a duyarlı hassas terazide tartılmış ve ortalama sonuçlar "g" olarak belirlenmiştir (Türemiş, 2003).

Bitki başına verim; her tekerrürden toplanan meyveler 0.1 g'a duyarlı hassas terazi ile tartılarak, bitki sayısına bölünmüştür. Elde edilen sonuçlar "g" olarak belirlenmiştir.

SÇKM; taze meyvelerden rasgele seçilen meyve örneklerinin pres yardımıyla suları çıkarılmış ve suda çözünabilir kuru madde miktarı Atago marka digital SÇKM-Asit ölçer cihazın haznesine 0.2 mL meyve suyu damlatılıp alet okuması ile ölçülmüştür.

Titredilebilir asit içeriği; taze meyve suyunda asit içeriğini belirlemek için Atago marka digital SÇKM-Asit ölçer cihazın haznesine 0.2 mL meyve suyu damlatılıp üzeri 10 mL saf su ile tamamlanarak alet okuması ile belirlenmiştir.

SÇKM/Asit oranı; elde edilen SÇKM değerinin asit değerine bölünmesi ile hesaplanmıştır.

pH; taze meyvelerden çıkarılan meyve suyunda ve cam elektrotlu WTW marka pH metre ile ölçüm yapılmıştır (Türemiş, 2003).

Renk; L* (parlaklık), a*(-yeşil, +kırmızı), b*(-sarı, +mavi) olacak şekilde renk ölçer (Model CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japonya) ile meyvelerin ekvator bölgesinden birbirine zıt iki farklı yüzeyden ölçüm yapılması şeklinde doğrudan cihaz okuması ile belirlenmiştir (Öz ve Eker, 2016).

C vitamini; çilek meyvelerinde C vitamini analizleri Bozan ve ark (1997)'nin geliştirmiş olduğu yöntemle göre belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 15 istatistik paket programında Tesadüf Blokları Deneme Deseninde DUNCAN Çoklu Karşılaştırma Testine göre analizleri yapılmış değerlendirilmiştir (P <0.05) (SPSS Inc., Chicago, IL, USA, Burğut A. 2020).

Bulgular ve Tartışma

Rubygem çeşidine ait ilk çiçeklenme (Şekil 1) 17.02.2020 tarihinde 1 nolu solucan gübresinin 40 g ve 50 g'lık dozları ile 4 nolu solucan gübresinin 50 g'lık dozunda görülmüştür. Diğer uygulamalardaki çiçeklenmeler 06.03.2020 tarihinde başlamıştır. 08.02.2020 tarihini takip eden 4 gün boyunca hava sıcaklıkları 0°C'nin altına düştüğü için oluşan ilk çiçekler büyük ölçüde zarar görmüştür. Denemede yer alan bitkilerde ilk derim 26 Mart 2020 tarihinde 1 nolu solucan gübresinin 20 g'lık dozunda, 2 nolu solucan gübresinin 50 g'lık dozunda, 3 nolu solucan gübresinin 40 g ve 50 g'lık dozlarında, 4 nolu solucan gübresinin 50 g'lık dozunda ve Ekoflora gübre uygulamasında yapılmıştır.



Şekil 1. Denemede yer alan bitkilerin çiçeklenmesine ait bir görünüm.

Ortalama Meyve Ağırlığı Değerleri (g)

Çizelge 1 incelendiğinde, ortalama meyve ağırlığı değerleri üzerine gübrelerin ve gübre dozlarının istatistiksel olarak önemsiz olduğu, aylar bazında ise önemli olduğu görülmüştür (p<0.05)(Şekil 2). Ortalama meyve ağırlığı değerleri, nisan (12.85 g) ve mayıs (12.81 g) aylarında en yüksek tespit edilmiş olup bunu, haziran (7.64 g) ve mart (3.34 g) ayları takip etmiştir. Gübreler incelendiğinde en yüksek ortalama meyve ağırlıkları sırasıyla; 9.96 g ile

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

kontrol, 9.72 g ile Ekoflora, 9.25 g ile mısır bitkisi solucan gübresi, 9.07 g ile çınar yaprağı solucan gübresi, 9.05 g ile çiftlik gübresi solucan gübresi ve 9.00 g ile ardıç tohumu solucan gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Tripathi ve ark (2015), Chandler çilek çeşidinde farklı vermikompost dozları ile vermikompost dozlarına eklenen azotobakter kombinasyonlarında ortalama meyve ağırlığı değerlerini 4.41 g (kontrol) ile 8.75 g (6 kg ha⁻¹ azotobakteri + 30 ton ha⁻¹ vermikompost) arasında belirlemişlerdir. Sarkar ve Ibotui (2017), Festival çeşidinde yaptıkları çalışmada ortalama meyve ağırlığı değerlerini en düşük 2 ton ha⁻¹ vermikompost uygulamasında 9.12 g, en yüksek 8 ton ha⁻¹ vermikompost + azotobakter uygulamasında 14.73 g olarak tespit etmişlerdir. Soni ve ark (2018), Sweet Charlie çeşidinin ortalama meyve ağırlığı değerlerini 8.17 g (kontrol uygulaması) ile 11.83 g (%50 vermikompost + %50 tavuk gübresi + azotobakter uygulaması) arasında belirlemişlerdir. Yadav ve ark (2020), Camarosa çeşidinin vermikompost uygulanan parsellerinde ortalama meyve ağırlığı değerlerini 8.44-10.91 g arasında tespit etmişlerdir. Develi ve ark (2021), San Andreas çeşidinde yaptıkları çalışmada meyve ağırlıklarını 9.95 g (kontrol uygulaması) ile 19.5 g (60 g bitki⁻¹ vermikompost uygulaması) arasında bildirmişlerdir. Elde

edilen veriler; Tripathi ve ark (2015), Sarkar ve Ibotui (2017)'nin 2 ton ha⁻¹ vermikompost uygulaması, Soni ve ark (2018), Yadav ve ark (2020) ve Develi ve ark (2021)'nin kontrol uygulaması ile uyumluluk göstermektedir.



Şekil 2. Farklı gübrelerde yetişen Rubygem çeşidinin meyvelerine ait bir görünüm

Çizelge 1. Rubygem çeşidine ait ortalama meyve ağırlığı değerleri

Gübreler	Dozlar	Aylar					Gen. Ort.
		Mart c	Nisan a	Mayıs a	Haziran b	Ortalama	
Ardıç tohumu	10	0	12.37±1.02	15.10±1.45	8.34±1.06	8.95±5.96	9.00±5.39
	20	2.50±1.00	12.22±0.94	14.35±1.75	7.77±0.37	9.21±5.27	
	30	1.15±0.31	12.27±0.86	13.69±2.36	8.26±0.90	8.84±5.26	
	40	0	12.16±1.85	13.10±0.61	8.63±0.69	8.47±5.41	
	50	1.68±0.37	13.03±1.84	15.18±1.39	8.18±0.76	9.52±5.66	
Çiftlik gübresi	10	0	14.55±1.44	14.55±1.44	7.62±0.72	9.18±6.28	9.05±4.74
	20	1.42±0.84	12.47±0.75	13.58±3.47	7.56±0.15	8.76±5.36	
	30	2.97±0.94	13.12±0.97	11.19±2.26	6.88±1.12	8.54±5.00	
	40	5.32±1.18	11.61±3.01	13.01±2.63	7.74±0.76	9.42±4.09	
	50	7.73±3.44	10.01±0.54	11.78±3.36	7.97±0.72	9.37±2.77	
Çınar yaprağı	10	0	13.01±1.14	14.80±1.24	8.04±0.60	8.96±5.97	9.07±4.54
	20	0	13.82±1.45	11.67±1.78	7.22±0.79	8.18±5.56	
	30	8.44±3.99	13.94±1.17	11.15±2.15	6.60±0.62	10.03±4.09	
	40	8.07±2.77	9.71±0.40	11.37±1.35	6.35±0.32	8.84±4.02	
	50	7.94±1.38	10.20±1.78	10.80±2.43	8.38±0.26	9.33±2.68	
Mısır bitkisi	10	0	16.10±1.63	12.86±4.00	8.92±0.72	9.47±6.53	9.25±5.32
	20	4.34±1.68	17.07±0.94	11.34±2.35	8.06±0.78	10.20±4.30	

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

	30	0	12.85±1.81	11.24±1.64	6.86±0.72	7.74±5.26	
	40	8.61±1.34	10.39±1.21	12.97±3.51	6.53±0.26	9.63±4.10	
	50	7.41±1.32	11.54±0.99	10.85±2.40	7.08±0.22	9.22±3.68	
Ekoflora		2.68±0.37	15.63±3.51	13.36±1.45	7.20±1.20	9.72±3.05	
Kontrol		3.36±0.10	14.65±2.47	13.68±1.33	7.97±0.92	9.96±3.27	
Genel Ortalama		3.34±1.03	12.85±2.38	12.81±2.45	7.64±0.95		

p<0.05

Bitki Başına Verim (g) Değerleri

Elde edilen veriler ışığında yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, gübreler, gübre dozları ve aylar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05)(Çizelge 2). Rubygem çeşidinin bitki başına verim değerlerini aylar bazında değerlendirdiğimizde en yüksek verim nisan ayında (65.44 g bitki⁻¹) elde edilmiştir. En düşük verim ise 0.34 g bitki⁻¹ olarak mart ayında alınmıştır. Bitkiler mart ayının son haftasında verime başladıkları için bitki başına verim değerleri oldukça düşük görülmektedir.

Denemede kullanılan gübreler içerisinde en fazla verim sırasıyla; mısır bitkisi solucan gübresi, çınar yaprağı solucan gübresi, ardıç tohumu solucan gübresi, kontrol, çiftlik gübresi solucan gübresi ve ekoflora gübresinden elde edilmiştir. Denemede yer alan her gübrenin doz değerlendirmesi kendi içerisinde yapılmıştır. Ardıç tohumu solucan gübresinin en iyi verimi (114.10 g) 10 g saksı⁻¹ uygulanan dozundan elde edilmiştir. Bunu sırasıyla; 30 ve 40 g saksı⁻¹ (106.85 g ve 106.90 g) uygulamaları ile 20 ve 50 g saksı⁻¹ (99.05 g ve 99.68 g) uygulamaları takip etmiştir. Çiftlik gübresi solucan gübresi en iyi

verim sırasıyla; 20 g saksı⁻¹ (106.18 g), 10 g saksı⁻¹ (103.37 g), 30 g saksı⁻¹ (97.13 g), 40 g saksı⁻¹ (89.10 g) ve 50 g saksı⁻¹ (91.65 g) uygulamasından elde edilmiştir. Çınar yaprağı solucan gübresi en iyi verim 20 g saksı⁻¹ (128.71 g) uygulamasından elde edilmiştir. Mısır bitkisi solucan gübresi uygulamasında en iyi verim sırasıyla; 20 g saksı⁻¹ (140.78 g), 10 g saksı⁻¹ (130.44 g), 30 g saksı⁻¹ (111.68 g), 40 g saksı⁻¹ (96.27 g) ve 50 g saksı⁻¹ (94.98 g) uygulamalarında tespit edilmiştir. Sarkar ve Ibotui (2017), Festival çeşidinde yaptıkları çalışmada, bitki başına verim değerlerinin 55.29 g (2 ton ha⁻¹ vermikompost) ile 126.56 g (6 ton ha⁻¹ vermikompost + azotobakter) arasında olduğunu belirtmişlerdir. Soni ve ark (2018), Sweet Charlie çeşidinde 10 farklı organik gübre uygulaması denemişler ve bitki başına en yüksek verimi %50 vermikompost + %50 tavuk gübresi + azotobakter (144.77 g) ilavesi olan uygulamada belirlemişlerdir. Elde edilen veriler; Sarkar ve Ibotui (2017) ile Soni ve ark (2018) paralellik göstermektedir.

Çizelge 2. Rubygem çeşidinde ait bitki başına verim değerleri

Gübreler	Dozlar	Aylar			
		Mart D	Nisan A	Mayıs C	Haziran B
Ardıç tohumu ab	10 a	0	69.44±10.59	16.59±7.27	28.06±8.36
	20 c	0.25±0.05	59.94±9.98	19.34±3.50	19.51±4.27
	30 b	0.11±0.03	62.71±9.70	21.55±8.34	22.46±7.23
	40 b	0	59.68±5.40	19.53±3.35	27.69±2.54
	50 c	0.18±0.07	61.65±10.22	15.11±6.28	22.72±2.04
Çiftlik gübresi d	10 b	0	63.83±4.80	19.14±3.04	20.39±5.24
	20 a	0.14±0.08	72.22±5.36	10.12±2.25	21.69±2.61
	30 c	0.29±0.09	71.92±9.69	12.73±6.28	12.17±4.37
	40 d	0.53±0.07	49.82±5.95	22.73±4.12	16.00±3.15
	50 d	0.77±0.04	55.92±2.99	12.50±1.53	22.44±2.45
Çınar yaprağı ab	10 b	0	69.83±8.15	19.15±5.87	26.11±4.04
	20 a	0	89.44±8.28	13.28±2.36	25.98±3.10
	30 b	0.88±0.05	66.88±9.75	21.59±4.57	23.62±4.54
	40 d	0.81±0.07	48.13±4.16	10.90±1.69	15.06±3.38
	50 c	0.79±0.03	60.67±2.80	11.26±4.32	33.01±1.85

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

Mısır bitkisi a	10 ab	0	78.57±9.00	16.31±3.15	35.54±2.15
	20 a	0.43±0.07	94.21±10.49	19.17±7.81	26.96±7.12
	30 b	0	75.50±9.50	14.99±4.41	21.18±8.40
	40 c	0.86±0.03	59.04±8.46	16.42±4.94	19.94±3.63
	50 c	0.86±0.04	56.68±7.40	11.24±7.48	26.19±2.99
Ekoflora e		0.29±0.09	53.76±5.65	23.44±8.56	14.76±1.90
Kontrol c		0.39±0.05	57.93±6.63	23.23±6.39	20.58±3.15
Genel Ortalama		0.34±0.02	65.44±8.16	16.83±7.84	22.82±5.30

p<0.05

SÇKM (%) Değerleri

Denemede incelenen %SÇKM içerikleri bakımından gübreler, dozlar ve ayların istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.05)(Çizelge 3).

SÇKM (%) içerikleri ay bazında incelendiğinde, en yüksek SÇKM içeriği %7.00 ile haziran ayında, %6.79 ile mayıs ayında ve %5.71 ile nisan ayında belirlenmiştir. Gübre uygulamaları içerisinde en yüksek %SÇKM içeriği %6.71 ile çınar yaprağı solucan gübresinde elde edilmiştir. Bunu %6.56 ile ardıç tohumu solucan gübresi, %6.55 ile mısır bitkisi solucan gübresi, %6.32 ile çiftlik gübresi solucan gübresi %6.24 ile kontrol ve %6.15 ile Ekoflora uygulaması izlemiştir.

Ardıç tohumu solucan gübresi doz uygulamalarında en iyi sonucu sırasıyla; 30 g saksı⁻¹ (%6.84) ile 40 g saksı⁻¹ (%6.90) uygulamaları, 20 g saksı⁻¹ (%6.58) ile 50 g saksı⁻¹ (%6.39) uygulamaları ve 10 g saksı⁻¹ (%6.09) uygulamaları vermiştir. Çiftlik gübresi solucan gübresi uygulamasında en yüksek SÇKM içeriği 30 g saksı⁻¹ (%7.21) uygulamasında olup, bunu

40 g saksı⁻¹ (%6.55), 10 g saksı⁻¹ (%6.00) ile 50 g saksı⁻¹ (%6.06) ve 20 g saksı⁻¹ (%5.78) uygulamaları izlemiştir. Çınar yaprağı solucan gübresi uygulamasında en düşük SÇKM 10 g saksı⁻¹ (%6.56) uygulamasında tespit edilirken diğer uygulamaların tamamı en yüksek SÇKM içeriğine sahip tespit edilmiştir. Mısır bitkisi solucan gübresi uygulamasında en yüksek SÇKM içerikleri sırasıyla; 50 g saksı⁻¹ (%6.70), 10 g saksı⁻¹ (%6.66), 20 g saksı⁻¹ (%6.50) ile 30 g saksı⁻¹ (%6.51) ve 40 g saksı⁻¹ (%6.39) uygulamalarında saptanmıştır. Ekoflora (%6.15) ve kontrol (%6.24) uygulamaları tüm gübreler arasında en düşük SÇKM içeriğine sahip uygulamalar olmuştur. Tripathi ve ark (2015), Chandler çilek çeşidinde SÇKM değerlerini %6.54 (kontrol) ile %9.80 (6 kg ha⁻¹ azotobakteri + 30 ton ha⁻¹ vermikompost) arasında bildirmişlerdir. Sarkar ve Ibotui (2017), Festival çeşidine ait SÇKM değerlerini %6.8 ile %7.5 arasında tespit etmişlerdir. Elde edilen veriler; Tripathi ve ark (2015)'nin kontrol uygulaması ve Sarkar ve Ibotui (2017)'nin yaptığı çalışma ile uyumludur.

Çizelge 3. Rubygem çeşidinde ait %SÇKM değerleri

Gübreler	Dozları	Aylar				Gen. Ort.
		Nisan C	Mayıs B	Haziran A	Ortalama	
Ardıç tohumu ab	10 c	5.70±0.28	6.05±0.40	6.52±0.33	6.09±0.46	6.56±0.54
	20 b	5.87±0.29	6.95±0.26	6.92±0.20	6.58±0.57	
	30 a	5.75±0.10	6.97±0.48	7.80±0.31	6.84±0.53	
	40 a	5.90±0.34	7.22±0.38	7.60±0.41	6.90±0.61	
	50 b	5.82±0.29	6.65±0.33	6.70±0.33	6.39±0.51	
Çiftlik gübresi b	10 c	5.55±0.51	5.55±0.19	6.90±0.59	6.00±0.48	6.32±0.46
	20 d	5.85±0.38	5.70±0.48	5.80±0.40	5.78±0.39	
	30 a	5.85±0.45	7.77±0.55	8.02±0.53	7.21±0.43	
	40 b	6.00±0.42	6.75±0.19	6.90±0.43	6.55±0.55	
	50 c	5.90±0.28	6.50±0.47	5.80±0.24	6.06±0.48	
Çınar yaprağı a	10 b	5.47±0.30	6.70±0.39	7.52±0.35	6.56±0.33	6.71±0.44
	20 a	5.40±0.40	8.07±0.57	6.67±0.51	6.71±0.35	
	30 a	6.10±0.45	7.37±0.51	6.87±0.45	6.78±0.43	
	40 a	6.12±0.45	7.40±0.53	6.80±0.58	6.77±0.42	
	50 a	6.37±0.35	6.60±0.21	7.15±0.49	6.70±0.50	
Mısır	10 ab	5.45±0.20	6.47±0.17	8.07±0.42	6.66±0.39	6.55±0.35

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

bitkisi ab	20 b	4.90±0.16	7.22±0.37	7.40±0.40	6.50±0.32	
	30 b	5.05±0.17	7.02±0.42	7.47±0.37	6.51±0.41	
	40 c	5.52±0.33	6.97±0.35	6.67±0.36	6.39±0.39	
	50 a	5.52±0.30	7.17±0.37	7.40±0.21	6.70±0.41	
Ekoflora c		5.80±0.14	6.17±0.12	6.47±0.25	6.15±0.33	
Kontrol c		5.87±0.46	6.25±0.12	6.60±0.25	6.24±0.42	
Genel Ortalama		5.71±0.46	6.79±0.42	7.00±0.43		

p<0.05

pH Değerleri

Çizelge 4 incelendiğinde, pH değerlerinin gübreler, dozlar ve aylar bazında istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Aylar bazında pH değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 3.52 ile haziran ayında olduğu ve bunu 3.39 ile mayıs ve 3.33 ile nisan aylarının izlediği görülmektedir.

Gübre uygulamalarında en yüksek pH değerleri sırasıyla; 3.46 ile Ekoflora, 3.45 ile çiftlik gübresi solucan gübresi, 3.42 ile ardıç tohumu solucan gübresi, 3.40 ile çınar yaprağı solucan gübresi, 3.39 ile mısır bitkisi solucan gübresi ve 3.35 ile kontrol uygulaması olmuştur.

Ardıç tohumu solucan gübresi doz uygulamasında pH değerleri; 40 g saksı⁻¹ dozunun 3.45, 30 g saksı⁻¹ dozunun 3.44, 50 g saksı⁻¹ dozunun 3.42, 20 g saksı⁻¹ dozunun 3.41 ve 10 g saksı⁻¹ dozunun 3.39 olduğu görülmektedir. Çiftlik gübresi solucan gübresi

uygulamasında en yüksek pH 30 ve 40 g saksı⁻¹ uygulamalarında, en düşük ise 50 g saksı⁻¹ uygulamasında elde edilmiştir. Çınar yaprağı solucan gübresinde pH değerleri 3.34 (30 g saksı⁻¹) ile 3.45 (50 g saksı⁻¹) arasında değişim göstermiştir. Mısır bitkisi solucan gübresinde en düşük pH değeri 20 g saksı⁻¹ uygulamasında (3.36), en yüksek pH değeri ise 50 g saksı⁻¹ uygulamasında (3.41) belirlenmiştir. Adak ve Pekmezci (2012), torf:perlit ortamında yetişen Camarosa çeşidinin 2006-2007 yetiştirme döneminde pH içeriğini 3.21, 2007-2008 yetiştirme döneminde ise 3.40 olarak tespit etmişlerdir. Burğut (2018), ortalama pH değerlerini Camino Real çeşidinde 3.40, Camarosa çeşidinde 3.37 olarak belirlemiştir. Elde edilen veriler; Adak ve Pekmezci (2012) ve Burğut (2018) yaptıkları çalışmalar ile uyumludur.

Çizelge 4. Rubygem çeşidine ait pH değerleri

Gübreler	Dozları	Aylar				Gen. Ort.
		Nisan B	Mayıs B	Haziran A	Ortalama	
Ardıç tohumu ab	10 c	3.30±0.14	3.35±0.10	3.51±0.07	3.39±0.13	3.42±0.12
	20 b	3.33±0.06	3.41±0.14	3.50±0.16	3.41±0.13	
	30 ab	3.39±0.09	3.35±0.09	3.57±0.09	3.44±0.12	
	40 a	3.47±0.07	3.30±0.11	3.57±0.06	3.45±0.14	
	50 b	3.42±0.04	3.34±0.14	3.50±0.07	3.42±0.11	
Çiftlik gübresi a	10 ab	3.37±0.07	3.42±0.16	3.51±0.11	3.43±0.12	3.45±0.12
	20 ab	3.32±0.03	3.43±0.09	3.62±0.06	3.45±0.14	
	30 a	3.36±0.05	3.43±0.16	3.64±0.06	3.48±0.15	
	40 a	3.41±0.04	3.51±0.13	3.57±0.06	3.50±0.10	
	50 b	3.40±0.02	3.34±0.09	3.46±0.09	3.40±0.08	
Çınar yaprağı b	10 a	3.30±0.02	3.35±0.13	3.66±0.09	3.44±0.18	3.40±0.13
	20 ab	3.30±0.03	3.37±0.13	3.52±0.02	3.40±0.11	
	30 b	3.23±0.09	3.45±0.04	3.36±0.05	3.34±0.11	
	40 b	3.37±0.03	3.37±0.09	3.39±0.15	3.38±0.09	
	50 a	3.38±0.03	3.39±0.10	3.59±0.07	3.45±0.12	
Mısır bitkisi b	10 ab	3.28±0.03	3.31±0.05	3.58±0.07	3.39±0.14	3.39±0.12
	20 b	3.25±0.04	3.33±0.10	3.51±0.12	3.36±0.14	
	30 ab	3.30±0.05	3.33±0.11	3.52±0.10	3.38±0.13	
	40 a	3.32±0.04	3.44±0.07	3.45±0.09	3.40±0.09	

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

	50 a	3.28±0.02	3.41±0.09	3.54±0.04	3.41±0.12	
Ekoflora a		3.28±0.03	3.59±0.19	3.51±0.17	3.46±0.19	
Kontrol c		3.28±0.02	3.34±0.18	3.43±0.04	3.35±0.11	
Genel Ortalama		3.33±0.07	3.39±0.12	3.52±0.11		

p<0.05

Titre Edilebilir Asit (TA) Değerleri

Denemede incelenen TA içerikleri, gübreler, gübre dozları ve aylar bazında istatistiksel olarak farklılık göstermektedir (Çizelge 5). Aylar bazında en düşük TA içeriği 0.66 ile Mayıs ayında olurken en yüksek TA içeriği 0.78 ile Nisan ayında tespit edilmiştir.

TA içeriği en yüksek gübreler sırasıyla; 0.80 ile kontrol, 0.73 ile Ekoflora, 0.73 ile ardıç tohumu solucan gübresi, 0.72 ile mısır bitkisi solucan gübresi, 0.71 ile çiftlik gübresi solucan gübresi ve 0.70 ile çınar yaprağı solucan gübresinin olduğu gözlenmektedir.

Ardıç tohumu solucan gübresi uygulamasında en yüksek TA içeriği 20 g saksı⁻¹ (0.74) ile 50 g saksı⁻¹ (0.75) uygulamalarında, en düşük TA içeriği ise 40 g saksı⁻¹ (0.70) uygulamasında belirlenmiştir. Çiftlik gübresi solucan gübresi uygulamasında en yüksek TA içeriği 40 g saksı⁻¹ (0.72) ve 50 g saksı⁻¹ (0.73) uygulamalarında, en düşük TA içeriği 0.68 ile 20 g saksı⁻¹ Elde edilen veriler; Tripathi ve ark (2015) ile Sarkar ve Ibotui (2017)'nin yaptıkları çalışmalarla yakınlık göstermektedir.

uygulamasında gözlenmiştir. Çınar yaprağı solucan gübresi uygulamasında en yüksek TA içeriği 0.78 ile 30 g saksı⁻¹ uygulamasında tespit edilmiş olup diğer uygulamalar istatistiksel olarak alt grupta yer almıştır. Mısır bitkisi solucan gübresi uygulamasında en yüksek TA içerikleri 40 g saksı⁻¹ (0.78) ve 50 g saksı⁻¹ (0.79) uygulamalarından, en düşük ise 0.63 ile 20 g saksı⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir. Tripathi ve ark (2015), Chandler çilek çeşidinde titre edilebilir asit oranını 6 kg ha⁻¹ azotobakteri + 30 ton ha⁻¹ vermikompost uygulamasında %0.50, kontrol uygulamasında ise %0.67 bulmuşlardır. Sarkar ve Ibotui (2017), Festival çeşidine ait en düşük titre edilebilir asit değerini %0.68 ile 8 ton ha⁻¹ vermikompost + azotobakter uygulamasında, en yüksek asit değerini ise %0.82 ile kontrol uygulamasında belirlemiştir. Özkan (2019), yaptığı çalışmada Albion çeşidinin titre edilebilir asit içeriğini %0.28 ile %0.45 olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 5. Rubygem çeşidine ait TA değerleri

Gübreler	Dozları	Aylar				
		Nisan A	Mayıs C	Haziran B	Ortalama	Gen. Ort.
Ardıç tohumu bc	10 ab	0.83±0.04	0.62±0.05	0.67±0.06	0.71±0.08	0.73±0.08
	20 a	0.85±0.06	0.62±0.01	0.76±0.03	0.74±0.04	
	30 ab	0.78±0.07	0.66±0.03	0.76±0.04	0.73±0.07	
	40 b	0.70±0.06	0.65±0.03	0.75±0.01	0.70±0.06	
	50 a	0.83±0.04	0.67±0.04	0.76±0.05	0.75±0.08	
Çiftlik gübresi bc	10 ab	0.76±0.03	0.69±0.06	0.66±0.04	0.70±0.06	0.71±0.08
	20 b	0.77±0.05	0.68±0.04	0.58±0.05	0.68±0.09	
	30 ab	0.83±0.04	0.70±0.07	0.57±0.06	0.70±0.03	
	40 a	0.86±0.08	0.58±0.04	0.72±0.09	0.72±0.07	
	50 a	0.81±0.04	0.61±0.05	0.77±0.03	0.73±0.09	
Çınar yaprağı c	10 b	0.72±0.03	0.59±0.04	0.67±0.09	0.66±0.07	0.70±0.07
	20 b	0.74±0.03	0.65±0.04	0.62±0.07	0.67±0.07	
	30 a	0.83±0.07	0.64±0.03	0.88±0.08	0.78±0.06	
	40 b	0.81±0.06	0.63±0.02	0.60±0.04	0.68±0.05	
	50 b	0.79±0.05	0.59±0.03	0.71±0.08	0.69±0.09	
Mısır bitkisi bc	10 b	0.74±0.02	0.62±0.07	0.80±0.04	0.72±0.09	0.72±0.06
	20 c	0.68±0.08	0.67±0.02	0.55±0.01	0.63±0.07	
	30 b	0.77±0.04	0.64±0.03	0.69±0.06	0.70±0.06	

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

	40 a	0.89±0.03	0.75±0.04	0.72±0.08	0.78±0.09	
	50 a	0.78±0.03	0.67±0.04	0.91±0.03	0.79±0.08	
Ekoflora b		0.74±0.04	0.65±0.02	0.79±0.04	0.73±0.07	
Kontrol a		0.78±0.03	0.90±0.05	0.71±0.03	0.80±0.08	
Genel Ortalama		0.78±0.06	0.66±0.07	0.71±0.07		

p<0.05

SÇKM/Asit Oranı Değerleri

Çizelge 6 incelendiğinde, gübreler, gübre dozları ve ayların istatistiksel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Aylar bazında incelendiğinde, en yüksek SÇKM/Asit içeriğinin %10.36 ile Mayıs ayında olduğu ve bunu %9.99 ile Haziran ve %7.28 ile Nisan ayının izlediği görülmektedir.

Denemede kullanılan gübreler incelendiğinde, çınar yaprağı solucan gübresinin %9.81 ile en yüksek SÇKM/Asit oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu gübreyi sırasıyla; mısır bitkisi solucan gübresi (%9.20), çiftlik gübresi solucan gübresi (%9.16), ardıç tohumu solucan gübresi (%9.13), Ekoflora (%8.20) ve kontrol (%7.91) uygulaması izlemektedir.

Ardıç tohumu solucan gübresinin doz uygulamaları incelendiğinde, %SÇKM/Asit oranının en iyi olduğu doz 40 g saksı⁻¹ (%9.90) uygulaması olmuştur. Bunu; 30 g saksı⁻¹ (%9.40), 20 g saksı⁻¹ (%9.01), 10 g saksı⁻¹ (%8.75) ve 50 g saksı⁻¹ (%8.57) uygulamaları

takip etmiştir. Çiftlik gübresi solucan gübresi doz uygulamalarında en yüksek %SÇKM/TA içeriğinin %10.71 ile 30 g saksı⁻¹ uygulamasında olduğu gözlenmektedir. Çınar yaprağı solucan gübresi uygulamasında en yüksek %SÇKM/TA içerikleri sırasıyla; 20 g saksı⁻¹ (%10.20), 40 g saksı⁻¹ (%10.16), 10 g saksı⁻¹ (%10.02), 50 g saksı⁻¹ (%9.77) ve 30 g saksı⁻¹ (%8.89) olarak belirlenmiştir. Mısır bitkisi solucan gübresi uygulamasında en yüksek %SÇKM/TA %10.45 ile 20 g saksı⁻¹ uygulamasında, en düşük ise 40 g saksı⁻¹ (%8.26) ve 50 g saksı⁻¹ (%8.58) uygulamalarında tespit edilmiştir. Sarkar ve Ibotui (2017), Festival çeşidine ait en yüksek şeker/asit oranının 11.03 ile 8 ton ha⁻¹ vermikompost + azotobakter uygulamasında, en düşük şeker/asit oranının ise 8.70 ile kontrol uygulamasında olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmadan elde edilen veriler; Sarkar ve Ibotui (2017)'nin elde ettiği verilere paralellik göstermektedir.

Çizelge 6. Rubygem çeşidine ait SÇKM/TA oranı

Gübreler	Dozları	Aylar				Gen. Ort.
		Nisan C	Mayıs A	Haziran B	Ortalama	
Ardıç tohumu b	10 c	6.87±0.41	9.72±0.68	9.67±0.61	8.75±0.57	9.13±0.61
	20 b	6.92±0.38	11.08±0.63	9.04±0.62	9.01±0.64	
	30 ab	7.38±0.58	10.57±0.60	10.23±0.42	9.40±0.57	
	40 a	8.50±0.60	11.13±0.65	10.06±0.54	9.90±0.59	
	50 c	7.00±0.38	9.94±0.60	8.77±0.46	8.57±0.33	
Çiftlik gübresi b	10 c	7.28±0.59	8.06±0.58	10.45±0.47	8.60±0.60	9.16±0.60
	20 c	7.56±0.40	8.36±0.43	9.94±0.48	8.61±0.49	
	30 a	7.05±0.42	11.13±0.55	13.95±0.63	10.71±0.42	
	40 b	7.01±0.49	11.71±0.51	9.63±0.49	9.45±0.47	
	50 c	7.24±0.24	10.57±0.42	7.49±0.34	8.43±0.50	
Çınar yaprağı a	10 a	7.52±0.21	11.27±0.48	11.28±0.39	10.02±0.58	9.81±0.72
	20 a	7.27±0.48	12.49±0.51	10.85±0.49	10.20±0.54	
	30 c	7.35±0.59	11.44±0.65	7.90±0.42	8.89±0.55	
	40 a	7.57±0.44	11.64±0.34	11.28±0.52	10.16±0.64	
	50 b	8.08±0.40	11.17±0.54	10.07±0.49	9.77±0.48	
Mısır bitkisi b	10 b	7.31±0.21	10.52±0.41	10.08±0.34	9.30±0.52	9.20±0.53
	20 a	7.23±0.47	10.78±0.33	13.36±0.45	10.45±0.64	
	30 b	6.54±0.40	10.86±0.43	10.83±0.40	9.41±0.35	
	40 c	6.18±0.54	9.26±0.55	9.35±0.49	8.26±0.52	
	50 c	7.05±0.44	10.59±0.54	8.09±0.33	8.58±0.59	

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

Ekoflora c	7.81±0.55	8.65±0.33	8.13±0.48	8.20±0.49	
Kontrol c	7.49±0.48	6.96±0.44	9.28±0.56	7.91±0.52	
Genel Ortalama	7.28±0.54	10.36±0.58	9.99±0.68		

p<0.05

L Değerleri

Çizelge 7 incelendiğinde, L değeri üzerine gübrelerin ve gübre dozlarının istatistiksel olarak önemli olmadığı, ayların ise önemli olduğu görülmektedir.

En yüksek L değeri 41.85 ile Mayıs ayında tespit edilmiş olup, bunu 39.43 ile Nisan ve 39.01 ile Haziran aylarının takip ettiği görülmektedir. Adak (2010), Camarosa çeşidinde yaptığı çalışmada, torf ortamında yetişenlerde L değeri 31.68, kokopit ortamında yetişenlerde ise 33.55 olarak bildirmiştir. Singh ve ark (2010),

Chandler çeşidinin L değerini 33.1 ile 35.2 değerleri arasında tespit etmişlerdir. Adak ve Pekmezci (2012), torf:perlit ortamında yetişen Camarosa çeşidinde 2006-2007 yetiştirme döneminde L değerini 32.36, 2007-2008 döneminde 27.96 olarak belirlemişlerdir. Burğut (2018), Camino Real çeşidinin L değerini Nisan ayında 29.66, Mayıs ayında ise 27.74 olarak bildirmiştir. Görgüç ve ark (2019), Rubygem çeşidi meyvelerinde L değerini 15.38±2.28 olarak bildirmişlerdir. Denemeden elde edilen veriler; diğer araştırmacıların elde ettiği verilerden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 7. Rubygem çeşidine ait L değerleri

Gübreler	Dozları	Aylar				
		Nisan B	Mayıs A	Haziran B	Ortalama	Gen. Ort.
Ardıç tohumu	10	37.96±0.76	40.28±4.77	39.05±2.52	39.09±3.01	40.12±2.66
	20	39.53±1.56	42.44±1.74	40.64±4.09	40.87±2.76	
	30	39.69±0.73	40.61±1.46	39.15±1.22	39.81±1.23	
	40	40.93±0.61	41.30±4.33	37.08±0.67	39.77±3.05	
	50	39.65±1.01	44.39±1.88	39.09±0.63	41.04±2.74	
Çiftlik gübresi	10	40.02±0.99	40.14±2.58	37.94±1.06	39.37±1.87	40.42±2.43
	20	38.80±0.99	44.07±1.74	39.53±1.33	40.80±2.74	
	30	41.19±1.37	42.69±2.77	37.54±2.44	40.47±3.05	
	40	39.99±0.80	39.88±1.75	39.74±0.95	39.87±1.12	
	50	40.58±0.94	43.91±3.45	40.27±1.37	41.59±2.64	
Çınar yaprağı	10	39.92±0.97	40.43±3.47	37.33±0.60	39.23±2.38	40.24±2.07
	20	40.01±1.52	42.16±2.71	39.65±0.42	40.61±2.00	
	30	40.60±1.52	41.48±0.52	39.74±1.70	40.60±1.42	
	40	40.43±0.86	42.83±2.45	41.37±1.33	41.54±1.84	
	50	38.47±0.45	41.05±2.07	38.12±1.24	39.21±1.87	
Mısır bitkisi	10	38.82±0.59	40.33±1.61	36.32±1.00	38.49±2.01	39.74±2.51
	20	40.35±0.71	41.60±1.70	38.57±0.70	40.17±1.66	
	30	38.79±1.49	39.88±2.84	39.38±1.23	39.35±1.85	
	40	38.62±0.81	41.92±3.36	41.88±2.92	40.81±2.86	
	50	38.10±0.99	43.50±3.89	37.98±1.46	39.86±3.49	
Ekoflora		36.59±0.31	42.49±2.87	40.03±1.84	39.70±3.09	
Kontrol		38.40±0.79	43.34±1.59	37.87±0.53	39.87±2.75	
Genel Ortalama		39.43±1.42	41.85±2.76	39.01±2.00		

p<0.05

a Değerleri

Denemede yer alan meyvelerin “a” değerleri incelendiğinde, gübreler, gübre dozları ve aylar istatistiksel olarak farklılık göstermektedir (Çizelge 8). Meyvelerde en yüksek a değeri, 35.37 ile Haziran ayında tespit edilmiştir. Nisan

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

ayında a değeri 33.45, mayıs ayında ise 33.55 olarak belirlenmiştir.

Gübreler incelendiğinde, en yüksek a değeri sırasıyla; çiftlik gübresi solucan gübresi (34.32), çınar yaprağı solucan gübresi (34.55), mısır bitkisi solucan gübresi (34.27), ardıç tohumu solucan gübresi (33.96), Ekoflora (32.87) ve kontrol (32.37) grubu olmuştur.

Ardıç tohumu solucan gübresi uygulamasında en yüksek a değerleri; 20 g saksı⁻¹ (34.21) ve 30 g saksı⁻¹ (34.89) uygulamalarında saptanmıştır. En düşük a değerleri; 10 g saksı⁻¹ (33.43), 40 g saksı⁻¹ (33.41) ve 50 g saksı⁻¹ (33.86) uygulamalarında belirlenmiştir. Çınar yaprağı solucan gübresi uygulamasında en düşük a değeri 33.72 ile 10 g

saksı⁻¹ uygulamasında, en yüksek a değeri ise 35.26 ile 40 g saksı⁻¹ uygulamasında ölçülmüştür. Adak (2010), Camarosa çeşidi ile yaptığı çalışmada, torf ortamında yetişenlerde a değeri 34.31, kokopit ortamında yetişenlerde ise 34.96 olduğunu bildirmiştir. Singh ve ark (2010), Chandler çeşidine ait a değerinin 38.6-40.1 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Burğut (2018), Camino Real çeşidinin a değerini nisan ayında 42.10, mayıs ayında 44.79 olarak tespit etmiştir. Görgüç ve ark (2019), Rubygem çeşidi meyvelerinde a değerini 30.17±1.81 olarak tespit etmişlerdir. Elde edilen veriler; Adak (2010)'ın yaptığı çalışmanın verileri ile paralellik göstermektedir.

Çizelge 8. Rubygem çeşidine ait a değerleri

Gübreler	Dozları	Aylar				
		Nisan B	Mayıs B	Haziran A	Ortalama	Gen. Ort.
Ardıç tohumu ab	10 b	32.36±0.53	32.44±2.13	35.51±0.95	33.43±1.97	33.96±1.70
	20 a	33.44±1.41	33.33±0.89	35.88±1.29	34.21±1.65	
	30 a	34.35±1.17	33.68±0.93	36.63±0.95	34.89±1.61	
	40 b	33.65±0.49	31.67±0.71	34.91±1.44	33.41±1.64	
	50 b	34.04±1.12	32.74±0.86	34.82±1.55	33.86±1.41	
Çiftlik gübresi a	10	33.21±0.43	33.53±1.06	35.67±1.57	34.14±1.52	34.32±1.54
	20	33.32±0.52	34.29±0.63	35.62±1.25	34.41±1.25	
	30	34.70±1.24	34.11±0.52	34.29±2.72	34.37±1.60	
	40	34.06±1.40	34.21±0.67	36.06±1.92	34.78±1.60	
	50	33.22±0.92	32.98±2.25	35.59±0.74	33.93±1.81	
Çınar yaprağı a	10 c	33.58±0.85	32.84±0.82	34.73±1.12	33.72±1.17	34.55±1.43
	20 b	33.72±1.01	34.51±2.49	35.57±1.17	34.60±1.72	
	30 b	33.79±0.46	35.00±1.00	35.97±0.40	34.92±1.11	
	40 a	33.73±0.70	35.66±1.35	36.39±0.86	35.26±1.48	
	50 b	33.32±0.70	33.94±0.57	35.47±1.32	34.24±1.26	
Mısır Bitkisi a	10	32.93±1.28	33.10±1.15	35.22±0.36	33.75±1.42	34.27±1.47
	20	33.89±0.78	33.42±1.75	35.14±0.76	34.15±1.32	
	30	33.40±0.90	33.43±1.26	36.60±1.55	34.48±1.94	
	40	33.42±0.77	35.05±0.48	36.00±0.28	34.82±1.22	
	50	32.91±0.64	34.63±1.65	34.89±0.94	34.14±1.39	
Ekoflora b		32.68±1.14	32.39±1.25	33.55±1.51	32.87±1.29	
Kontrol b		32.26±1.07	31.21±0.58	33.64±0.82	32.37±1.29	
Genel Ortalama		33.45±1.00	33.55±1.55	35.37±1.38		

p<0.05

b Değerleri

Çizelge 9 incelendiğinde, çilek meyvelerinin b değerleri üzerine gübreler ve gübre dozlarının istatistiksel olarak önemli olmadığı, ayların ise istatistiksel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir.

En yüksek b değeri 28.10 ile mayıs ayında belirlenmiş olup, bunu 24.31 ile nisan ayı ve

22.78 ile haziran ayı izlemiştir. Adak (2010), Camarosa çeşidi ile yaptığı çalışmada, kokopit ortamında yetişenlerde b değeri 18.36, torf ortamında yetişenlerde 16.38 olarak belirlemiştir. Singh ve ark (2010) Chandler çeşidine ait b değerlerinin 28.6 ile 29.1 olarak bildirmişlerdir. Burğut (2018), Camino Real çeşidine ait b değerini nisan ayında 50.16, mayıs ayında 45.64 olarak tespit etmiştir. Görgüç ve

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

ark (2019), Rubygem çeşidi meyvelerinde b değerini 17.28 ± 2.41 olarak belirlemişlerdir. Çalışmada elde edilen veriler; Singh ve ark

(2010)'nın elde etmiş olduğu veriler ile yakınlık göstermektedir.

Çizelge 9. Rubygem çeşidine ait b değerleri

Gübreler	Dozları	Aylar				
		Nisan B	Mayıs A	Haziran C	Ortalama	Gen. Ort.
Ardıç tohumu	10	22.30±0.50	29.79±2.63	22.80±3.31	24.96±4.20	25.40±4.29
	20	24.49±1.89	30.85±2.57	23.95±5.22	26.43±4.57	
	30	24.83±0.54	27.29±2.03	22.10±1.91	24.74±2.66	
	40	25.58±0.96	27.74±6.05	19.36±1.05	24.22±4.93	
	50	24.08±1.81	32.63±3.35	23.19±0.92	26.63±4.89	
Çiftlik gübresi	10	24.44±1.20	26.08±4.07	21.73±2.18	24.08±3.11	25.37±4.13
	20	23.60±1.34	31.95±1.55	22.59±1.49	26.05±4.57	
	30	26.43±1.29	30.19±4.50	19.46±4.29	25.36±5.70	
	40	24.55±1.44	26.37±3.00	22.66±2.11	24.52±2.59	
	50	24.72±0.97	31.34±3.92	24.46±1.50	26.84±4.01	
Çınar yaprağı	10	23.88±2.26	24.39±2.03	24.40±2.90	24.22±2.21	25.25±3.35
	20	23.59±4.71	25.53±4.96	25.60±5.86	24.90±4.80	
	30	24.47±2.82	25.79±3.13	27.37±3.11	27.54±3.16	
	40	26.06±4.89	25.09±2.50	24.83±1.46	25.33±3.02	
	50	25.21±1.69	24.48±1.69	23.07±3.26	24.25±2.30	
Mısır bitkisi	10	23.14±0.59	27.16±2.24	18.79±0.67	23.03±3.78	24.37±3.84
	20	25.62±1.02	27.90±2.07	21.18±2.74	24.90±3.46	
	30	24.18±2.78	25.46±4.94	22.88±1.96	24.17±3.14	
	40	23.07±1.66	28.70±4.06	25.54±3.56	25.77±3.81	
	50	21.74±0.53	29.68±4.37	20.51±1.32	23.98±4.87	
Ekoflora		21.06±0.85	29.71±3.51	23.44±2.26	24.74±4.41	
Kontrol		22.77±2.08	30.01±2.58	21.18±1.18	24.65±4.41	
Genel Ortalama		24.31±2.52	28.10±3.89	22.78±3.24		

p<0.05

C vitamini Değerleri

Çizelge 10 incelendiğinde, çilek meyvesindeki C vitamini içeriği gübreler, gübre dozları ve aylar bakımından istatistiksel olarak farklılık göstermektedir. Aylar bazında değerlendirildiğinde, en yüksek C vitamini içeriği nisan ayında $52.44 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, haziran ayında $48.46 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ve mayıs ayında $39.80 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Gübreler bazında incelendiğinde, en yüksek C vitamini içeriği sırayısla; Ekoflora ($54.81 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), çınar yaprağı solucan gübresi ($49.84 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), kontrol uygulaması ($49.14 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), ardıç tohumu solucan gübresi ($45.46 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), mısır bitkisi solucan gübresi ($45.26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) ve çiftlik gübresi solucan gübresi ($45.02 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) uygulamasından elde edilmiştir.

Ardıç tohumu solucan gübresinde en yüksek C vitamini içeriği 10 g saksı^{-1} ($54.20 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) uygulamasında, en düşük ise 20 g saksı^{-1} (36.50

$\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) uygulamasında saptanmıştır. Çiftlik gübresi solucan gübresi uygulamasında en yüksek C vitamini değeri $52.10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ile 30 g saksı^{-1} uygulamasında, en düşük değer ise $40.08 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ile 50 g saksı^{-1} uygulamasında belirlenmiştir. Çınar yaprağı solucan gübresinde en yüksek C vitamini içeriği 20 g saksı^{-1} uygulamasında ($54.20 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), en düşük C vitamini içeriği 10 g saksı^{-1} uygulamasında ($45.52 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) olarak tespit edilmiştir. Mısır bitkisi solucan gübresinde C vitamini içeriği en yüksek 30 ve 40 g saksı^{-1} uygulamalarında ($46.67 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ve $47.10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) saptanmıştır. Singh ve ark (2010), Chandler çeşidi ile yaptıkları çalışmada C vitamini içeriğini 43.1 ile $47.3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Sarkar ve Ibotui (2017), Festival çeşidinde yaptıkları çalışmada, C vitamini içeriğini 46.49 ile $52.48 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ arasında tespit etmişlerdir. Çalışmada elde edilen veriler; Singh ve ark (2010), Tripathi ve ark (2015) ile

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

Sarkar ve Ibotui (2017)'nin çalışmaları ile uyumludur.

Çizelge 10. Rubygem çeşidine ait C vitamini içerikleri

Gübreler	Dozları	Aylar				
		Nisan A	Mayıs C	Haziran B	Ortalama	Gen. Ort.
Ardıç tohumu c	10 a	71.81±2.62	32.85±1.74	57.96±2.15	54.20±1.37	45.46±1.14
	20 d	32.98±1.38	36.79±1.77	39.72±1.15	36.50±1.24	
	30 c	47.75±1.97	34.36±1.52	52.78±1.56	44.96±1.31	
	40 b	43.52±1.31	52.52±1.32	54.19±1.31	50.08±1.63	
	50 c	44.39±1.43	40.40±1.91	39.87±1.73	41.55±1.91	
Çiftlik gübresi c	10 c	49.35±1.68	32.76±1.46	44.33±1.51	42.14±1.69	45.02±1.22
	20 b	52.22±1.28	40.75±1.73	47.30±1.26	46.75±1.47	
	30 a	51.18±2.84	52.74±1.95	52.38±1.41	52.10±2.50	
	40 b	53.93±1.59	30.29±1.89	47.78±1.47	44.00±1.30	
	50 c	54.91±1.39	26.65±1.76	38.70±1.80	40.08±1.32	
Çınar yaprağı b	10 d	54.17±1.16	32.25±1.15	47.14±1.39	45.52±1.30	49.84±2.45
	20 a	58.55±1.00	53.69±1.27	50.38±1.99	54.20±1.66	
	30 b	60.56±2.30	40.74±1.79	52.48±1.66	51.26±1.09	
	40 c	62.32±1.32	44.97±1.39	40.98±1.28	49.42±1.88	
	50 c	51.52±1.41	44.85±1.37	50.03±1.42	48.60±1.23	
Mısır bitkisi c	10 b	45.43±1.76	40.40±1.53	48.92±1.56	44.92±3.81	45.26±1.78
	20 b	44.66±2.78	38.35±1.35	47.74±1.37	43.58±1.93	
	30 a	45.91±1.77	44.83±1.80	49.27±1.08	46.67±1.02	
	40 a	50.50±1.81	43.75±1.33	47.04±1.11	47.10±1.49	
	50 b	44.68±1.86	35.46±1.81	52.00±2.04	44.04±1.60	
Ekoflora a		68.56±1.71	32.84±1.03	63.04±1.05	54.81±1.76	
Kontrol b		64.81±1.63	40.45±1.98	42.16±1.39	49.14±1.94	
Genel Ortalama		52.44±1.62	39.80±1.45	48.46±1.31		

p<0.05

Sonuç

Bu çalışmada, topraksız çilek yetiştiriciliğinde solucan gübresi kullanımının yararları araştırılmıştır. Rubygem çilek çeşidi 2:1 oranında torf:perlite ortamına dikilmiştir. Ortama 4 farklı solucan gübresi (ardıç meyvesi solucan gübresi, çiftlik gübresi solucan gübresi, çınar yaprağı solucan gübresi ve mısır bitkisi solucan gübresi) ve bu gübrelerin 5 farklı dozu (10, 20, 30, 40 ve 50 g) uygulanmıştır. Çalışmada ayrıca, Ekoflora gübresi (30 g saksı⁻¹) ile kontrol uygulaması da yer almıştır.

Elde edilen veriler ışığında; farklı dozlarda uygulanan solucan gübrelerinde ortalama meyve ağırlığı ve bitki başına verim bakımından en yüksek sonuç mısır bitkisi solucan gübresi uygulamasının 20 g saksı⁻¹ dozundan elde edilmiştir. Ayrıca, meyvenin SÇKM/Asit içeriğini de olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir.

Çilek yetiştiriciliğinde, gerek toprakta gerek topraksız yetiştiricilikte solucan gübresinin doğru dozları kullanıldığında toprak sağlığı, bitki gelişimi ve meyve kalite kriterleri olumlu yönde etkilenecektir.

Teşekkür

Bu makale, Çukurova Üniversitesi Bireysel Araştırma Projesi Birimi tarafından FBA-2019-12137 kodu ile desteklenen Bireysel Araştırma Projesinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Aksoy, U., Altındışli, A., ve İlter, E., 2002. Ekolojik Tarımın Tarihçesi ve Gelişimi. Organik Tarım (Ders Notları), İzmir Tarım İl Müdürlüğü, ETO ve Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, İzmir, S: 1-8.
- Adak, N., 2010. Camarosa Çilek Çeşidinde Değişik EC Düzeylerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Batı Karadeniz Tarımsal

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

- Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 27(2): 22-33.
- Adak, N., Pekmezi, M., 2012. Topraksız Çilek Yetiştiriciliğinde Fide Tipi ve Yetiştirme Ortamının Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2012, 49(2):135-142.
- Anonim, 2024. Organik Çilek Üretimi. tarimorman.gov.tr
- Aybak, H.Ç., 2000. Çilek Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık. 118 s.
- Bellitürk, K., 2018. Vemicomposting in Turkey: Challenges and Opportunities in Future. Eurasian Journal of Forest Sci., 2018, 6(4): 32-41.
- Bozan, B., Başer, K.H.C., Kara, S., 1997. Quantitative Determination of Naphthaquinones of *Arnebia densiflora* (Nordm.) Ledeb. by an Improved High-Performance Liquid Chromatographic Method. J. Chromatog. A 1997, 782, 133-136 [CrossRef].
- Burğut, A., 2018. Organik Tüplü Çilek Fidesi Üretim Tekniklerinin Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. 206 S.
- Burğut, A., 2020. Volatile Aromatic Composition and Antimicrobial Activity of Different Types of Honey. Progress in Nutrition, 22/3: 1-10.
- Demir, H., Polat, E., Sönmez, İ., 2010. Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi. Tarım Aktüel (14), 54-60.
- Develi, E.A., Yavuz, A., Erdoğan, Ü., 2021. Vermikompost Uygulamalarının San Andreas (*Fragaria x ananassa* Duch) Çilek Çeşidinin Bazı Verim ve Kalite Değerlerine Etkisi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(sp): 2641-2648.
- FAO, 2024. Strawberry Production. fao.org/faostat/en/#data/QCL
- Görgüç, A., Yıldırım, A., Konuk Takma, D., Erten, E.S., Yılmaz, F.M., 2019. Aydın İlinde Yetiştirilen Ticari Çilek Çeşitlerinin Fiziksel, Kimyasal, Biyoaktif ve Aroma Özellikleri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg. 2019, 23(2): 131-141.
- Öz, A.T., ve Eker, T., 2016. Osmaniye Koşullarında Yetişen Osmanlı ve Rubygem Çilek Çeşitlerinin Kalite ve Fitokimyasal Bileşiminin Belirlenmesi. Bahçe 45 (Özel Sayı 2): 195-199.
- Özkan, G., 2019. Sera Şartlarında Yetiştirilen Çilekte (*Fragaria x ananassa* L.) Organik Gübre Uygulaması ile *Bombus* Arılarının (*Bombus terrestris*) Kullanımının Meyvelerin Biyokimyasal İçerikleri Üzerine Etkileri. GÜFBED/GUSTIJ (2019), 9(3): 569-574.
- Sarkar, A. and Ibouti, 2017. Efficacy of Vermicompost and Azotobacter on Growth, Yield and Quality of Strawberry cv. Festival. J. Soils and Crops, 27 (2): 1-5.
- Singh, R., Gupta, R.K., Patil, R.T., Sharma, R.R., Asrey, R., Kumar, A., Jangra, K.K., 2010. Sequential Foliar Application of Vermicompost Leachates Improves Marketable Fruit Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Scientia Hort. 124 (2010), 34-39.
- Soni, S., Kanawjia, A., Chaurasiya, R., Chauhan, P.S., Kumar, R., Dubey, S., 2018. Effect of Organic Manure and Biofertilizers on Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Sweet Charlie. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2018; SP2: 128-132.
- Sülük, K., Şevik, F., Kumbul, B.S., Tosun, İ., Ekinci, K., 2018. Investigation of Compostability of Oil Extracted Juniper Berry Seeds with Different Organic Wastes. 2-4 May 2018 YTU Congress Center İstanbul Türkiye,” presented at the EurAsia Waste Management Symposium, İstanbul, 2018.
- Tripathi, V.K., Kumar, S., Gupta, A.K., 2015. Influence of *Azotobacter* and Vermicompost on Growth, Flowering, Yield and Quality of Strawberry cv. Chandler. Indian J. Hort. 72(2), June 2015: 201-205.
- TÜİK, 2024. İllere Göre Çilek Üretim Değerleri. www.data.tuik.gov.tr
- Türemiş, N., 2003. Yeni Bazı Çilek Çeşitlerinin Kıbrıs Koşullarındaki Adaptasyonu. KKTC/TAGEP 5.2.3.4 Nolu Proje Sonuç Raporu.
- Türemiş, N., ve Ağaoğlu S. 2013. Çilek (Bölüm 2) (Ed. Sabit Ağaoğlu ve Resul Gerçekcioğlu) Üzümsü Meyveler Ankara

Farklı Vermikompost Uygulamalarının Rubygem Çilek Çeşidinde Verim ve Bazı Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları. No:
1, S: 55-117.

Yadav, P., Mishra, K.K., Yadav, A.K., Pandey, G., Kumar, V., 2020. Effect of Organic Manure, NPK and Mulching on Better Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Camarosa. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2020; 9(2): 1489-1495.



Araştırma Makalesi

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

Bekir Gökçen MAZI^{1*}, Merve ÇOBAN BAYRAM¹

ABSTRACT

This study aimed to develop cocoa hazelnut spread with reduced sugar content by partially or fully substituting sucrose with a stevia-inulin (90:10, w/w) mixture. The control sample contained no inulin or stevia, while other formulations had sucrose replaced at 50, 60, 70, 80, and 100% levels. The impact of these substitutions on oil and ash content, total aflatoxins, aflatoxin B1 (AFB1), peroxide value (PV), free fatty acid (FFA) content, total aerobic plate counts (APC), yeast/mold counts were assessed over a 3-month storage period (SP). Sensory evaluation was also conducted. The oil content averaged 32.8%, and the inulin-stevia addition led to a slight rise in ash content. Aflatoxin levels stayed within acceptable safety limits. PVs ranged from 0.085 to 0.248 meq O₂/kg, while FFA content varied between 0.304 to 0.365%. The PVs increased over time, particularly in control and samples with lower inulin-stevia content. Samples with higher levels of inulin-stevia (80, 100%) demonstrated greater oxidative stability, showing lower PV and FFA content. The addition of inulin-stevia also enhanced microbial stability, as seen in the reduced APC and yeast/mold counts in samples with higher substitution levels. Sensory evaluation showed that all samples performed similarly in terms of color, consistency, appearance, and spreadability, with the control scoring highest overall. Samples with a 50% sucrose replacement closely resembled the control across all sensory attributes.

Keywords: Consumer acceptability, functional food, lipid oxidation, self-life, sugar reduction

Azaltılmış Şeker İçeriğine Sahip Kakaolu Fındık Ezmesi: Stevia-İnülin İkamesinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özellikler Üzerindeki Etkisi

ÖZ

Bu çalışma, sakkarozun kısmen veya tamamen stevia-inülin (90:10, w/w) karışımı ile ikame edilmesi yoluyla azaltılmış şeker içeriğine sahip kakao-fındık ezmesi geliştirmeyi amaçlamıştır. Kontrol örneği inülin veya stevia içermemekte olup, diğer formülasyonlarda sakkarozun %50, %60, %70, %80 ve %100 oranlarında ikame edilmesi sağlanmıştır. Bu değişimlerin yağ ve kül içeriği, toplam aflatoksin ve aflatoksin B1 (AFB1) düzeyleri, peroksit değeri (PV), serbest yağ asidi (FFA) içeriği, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (APC) ve maya/küf sayıları üzerindeki etkileri 3 aylık depolama süreci (SP) boyunca değerlendirilmiştir. Ayrıca duyu analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yağ içeriği ortalama %32.8 olarak belirlenmiş, inülin-stevia ilavesi kül içeriğinde hafif bir artışa neden olmuştur. Aflatoksin seviyeleri kabul edilebilir güvenlik limitleri içinde kalmıştır. Peroksit değerleri 0.085 ile 0.248 meq O₂/kg arasında değişirken, serbest yağ asidi (FFA) içeriği %0.304 ile %0.365 arasında bulunmuştur. Depolama süresi boyunca PV değerleri artış göstermiş, özellikle kontrol grubu ve daha düşük inülin-stevia içeriğine sahip örneklerde bu artış daha belirgin olmuştur. Yüksek inülin-stevia içeriğine (%80, %100) sahip örnekler, daha düşük PV ve FFA içeriği ile daha yüksek oksidatif stabilite sergilemiştir. İnülin-stevia ilavesinin mikrobiyal stabiliteyi de artırdığı, özellikle yüksek ikame seviyelerine sahip örneklerde APC ve maya/küf sayılarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Duyusal analiz sonuçları, tüm örneklerin renk, kıvam, görünüm ve sürülebilirlik açısından benzer performans gösterdiğini, ancak kontrol örneğinin genel olarak en yüksek puanı aldığını ortaya koymuştur. Sakkarozun %50 oranında ikame edildiği örnekler, duyu özellikler açısından kontrole en yakın sonuçları vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tüketici kabulü, fonksiyonel gıdalar, lipit oksidasyonu, raf ömrü, şeker azaltımı

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-3478-6243, 0000-0002-9755-3036

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 07.03.2025

Kabul Tarihi: 23.03.2025

¹ Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

*E-posta: bgmazi@odu.edu.tr; bgmazi@gmail.com

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

Introduction

Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) are widely recognized for their rich nutritional profile, containing high levels of monounsaturated fatty acids, proteins, dietary fiber, vitamins (particularly vitamin E), minerals, phytosterols, and a variety of polyphenols (Özdemir and Devres, 1999; Karaosmanoğlu, 2022). Hazelnut consumption has been linked to several health benefits, including improved heart health, reduced inflammation, and better cholesterol regulation (Brown et al., 2022; Shataer et al., 2021). Given these nutritional benefits, hazelnuts have become a core ingredient in a variety of food products.

The demand for hazelnut-based products is primarily driven by the confectionery industry, which uses a significant portion of the world's hazelnut supply. Cocoa hazelnut spread is a sweet, creamy confection made primarily from roasted hazelnuts, cocoa, sugar, and vegetable oils. Cocoa hazelnut spreads are gaining global popularity, particularly due to their rich, creamy texture and sweet, chocolate-like taste, making them a staple in many households. However, one of the major concerns with these products is their high sugar content. As consumers become more aware of the detrimental effects of high sugar diets (Arshad et al., 2022), there has been a growing demand for reduced-sugar alternatives in food products. To address this concern, researchers and food manufacturers have explored strategies to reduce sugars in foods without compromising taste or texture (Gomes et al., 2023; McKenzie and Lee, 2022).

Stevia, a natural sweetener derived from the *Stevia rebaudiana* plant, has emerged as a popular alternative to sugar due to its zero-calorie nature and high sweetness intensity-up to 200-300 times sweeter than sucrose (Gasmalla et al., 2014). Stevia's use in food products has been extensively studied, showing promise as a sugar replacement that can maintain the sensory properties of the final product (Schiatti-Sisó et al., 2023). Inulin, a dietary fiber found in plants such as chicory root, has also been explored as fat and sugar replacers and ability to improve the texture and mouthfeel of food products (Jackson et al., 2023; Shoaib et al., 2016). Studies suggest that inulin can enhance gut health by promoting the growth of beneficial bacteria, making it an attractive ingredient for developing healthier food products (Shoaib et al., 2016).

Previous studies have explored the potential of incorporating stevia and inulin into various food products (Schiatti-Sisó et al., 2023; Shoaib et al., 2016). Inulin and stevia have been used as ingredients in chocolate formulations by several researchers (Konar et al., 2018; Aidoo et al., 2015; Shourideh et al., 2012; Shah et al., 2010). However, there is limited research focused on reducing sugar content in cocoa hazelnut spreads. In chocolate spread formulations, alternatives to sucrose, such as inulin-maltitol, apple pomace, and grape pomace, have been explored for their potential in sugar reduction (Büker et al., 2021; Acan et al., 2021; Tolve et al., 2021). Given the rising health concerns and the need for functional foods with lower sugar content, this study seeks to contribute to the literature by formulating a dietary fiber-enriched, reduced-sugar cocoa hazelnut paste using stevia and inulin.

The aim of this study is to produce cocoa hazelnut paste with reduced sugar content by partially or fully replacing the sugar with stevia and inulin. Specifically, the study will examine the chemical, physical, microbiological, and sensory properties of the reformulated spreads, as well as monitor changes during storage. This research not only provides valuable insights into sugar reduction in cocoa hazelnut spreads but also contributes to the development of functional food products that align with modern health trends.

Materials and methods

Materials

Hazelnut puree, hazelnut oil, and whey powder generously supplied by Karimex Gıda (Ordu, Türkiye). Skim milk powder (Enka, Konya, Türkiye), cocoa powder (Altınmarka, İstanbul, Türkiye), inulin sourced from chicory root (Orafti® HSI, Beneo-Orafti, Tienen, Belgium), and stevia (Egepak, İzmir, Türkiye) were used in the formulations of cocoa hazelnut spreads. The sweetness level of inulin is 30%.

Cocoa Hazelnut Spread Preparation

Production of cocoa hazelnut spreads were performed in the pilot production plant of Karimex Gıda company. The control sample (C) contained neither inulin nor stevia. To study the effects of the use of stevia and inulin, 50, 60, 70, 80, and 100% of the sucrose in control formulation was replaced with inulin-stevia (90:10, w/w) mixture. Formulation of each sample was given in

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

Table 1. The production of cocoa hazelnut spreads began with the mixing of oil, powdered sugar, and hazelnut puree at 40°C for 20 min. Afterward, inulin, stevia, lecithin, cocoa powder, whey powder, and skim milk powder were added, and mixing continued for an additional 40 min. The mixture was then transferred to a ball mill and processed at 60°C for 1.5 h. Once the milling was complete, the mixture was cooled to 40°C and tempered at 27-29°C. After tempering, the spread formulations were filled into jars at 29°C.

Table 1. Composition of cocoa hazelnut spread samples

Ingredients	Quantity (g)					
	C*	IS50	IS60	IS70	IS80	IS100
Palm oil	20	20	20	20	20	20
Hazelnut puree	13	13	13	13	13	13
Whey powder	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Cocoa powder	5	5	5	5	5	5
Hazelnut oil	5	5	5	5	5	5
SMP*	4	4	4	4	4	4
Lecithin	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sucrose	45	22.5	18.0	13.5	9.0	-
Inulin	-	20.25	24.3	28.35	32.40	40.5
Stevia	-	2.25	2.70	3.15	3.60	4.50
Total (%)	100	100	100	100	100	100

*C: control, SMP: skim milk powder

Methods

The physicochemical analyses were carried out according to the reference method of the Turkish Standard Institute (TSE), namely the ash content (TS 2131 ISO 928, 2001), the peroxide value (TS EN ISO 3960, 2010), the free fatty acid content (TS EN ISO 660, 2010). Determination of fat content and aflatoxin analysis were carried out according to AOAC official methods 991.36 and 999.07, respectively (AOAC, 2000).

Microbiological Analysis

A 10 g portion of the sample was aseptically transferred into 90 mL of sterile peptone water and homogenized into a sterile stomacher bag. Serial dilutions were performed as necessary. For the enumeration of total mesophilic aerobic bacteria, an aliquot of the homogenized sample was inoculated onto Plate Count Agar (PCA) plates (Merck, 105463) and incubated at 37°C for 24 h under aerobic conditions. Similarly, for the enumeration of yeast and mold, an aliquot of the homogenized sample was inoculated onto Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC)

agar plates (Merck, 100466) and incubated at 25°C for 72 h. Following the respective incubation periods, colony counts were performed, and the results were expressed as colony-forming units per gram (CFU/g) of the sample.

Sensory analysis

The sensory properties of the samples were evaluated by a semi-trained panel comprising 10 individuals (6 females, 4 males) aged between 20 and 40 years. Panelists were selected from male and female candidates who neither smoke nor have allergies to hazelnuts or other components. The panelists were instructed to evaluate the color, taste, odor, consistency, appearance, flavor, aroma, and spreadability of the samples using a 5-point hedonic scale (5: Very good, 4: Good, 3: Neither good nor bad, 2: Bad, 1: Very bad). The mean scores given by the panelists for each sample were calculated.

Storage stability

The storage stability of hazelnut spread samples was assessed by storing them at 19°C (± 1) and 65% (± 5) relative humidity in capped glass containers for a period of three months. To evaluate the impact of storage on product quality, free fatty acid (FFA) content, peroxide value (PV), and microbiological parameters were analyzed at monthly intervals throughout the storage period.

Statistical Analysis

The data were assessed using a one-way and/or two-way analysis of variance (ANOVA). Differences among individual means were compared by using Tukey Comparison test ($p \leq 0.05$) (Minitab, Version 17).

Results and Discussion

The oil and ash contents of the cocoa hazelnut spread samples were presented in Table 2. Cocoa hazelnut samples had about 32.8% oil content, and ash content ranging between 1.21 and 1.27 %. According to Turkish Standard Institute 'Hazelnut Paste' standard (TS 8371, 2022), the minimum oil content in cocoa hazelnut paste is specified as 28%, while the maximum ash content is specified as 1.5%. Both the oil content and ash content of the samples remained within the specified standards published by Turkish Standards Institute (TSE). The reduction of sugar and the addition of inulin and stevia increased the ash content. Ash content represents the total mineral content in food. Inulin, derived from chicory root, naturally

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

contains minerals such as calcium, sodium, potassium, magnesium, iron which contribute to the overall ash content (Mudannayake et al., 2015).

Table 2. Oil content, ash content, total aflatoxin and aflatoxin B1 (AFB1) contents of cocoa hazelnut spread samples

Formulation	Oil content (%)	Ash content (%)	Total Aflatoxin (µg/kg)	Aflatoxin B1 (AFB1) (µg/kg)
Control	32.81±0.02A	1.21±0.00D	2.67±0.02A	1.13±0.00AB
IS50	32.83±0.03A	1.23±0.01C	2.69±0.00A	1.16±0.05A
IS60	32.83±0.03A	1.25±0.01B	2.69±0.00A	1.13±0.00AB
IS70	32.83±0.05A	1.25±0.00B	2.58±0.00A	1.12±0.00AB
IS80	32.83±0.00A	1.26±0.01B	1.73±0.29B	1.11±0.01AB
IS100	32.85±0.03A	1.27±0.00A	1.56±0.01B	1.10±0.00B

*Means ± standard deviation within a column followed by different letters is significantly different ($p \leq 0.05$).

Aflatoxin contamination in hazelnuts is a significant concern for food safety, particularly due to the health risks associated with aflatoxins, especially aflatoxin B1 (AFB1) (Savatore et al., 2023). AFB1 is classified as human carcinogen belonging to Group 1 by the International Agency for Research on Cancer (IARC, 2002). Long-term exposure to AFB1 through food can lead to liver cancer, especially in populations with high dietary intake of aflatoxin-contaminated foods (Cao et al., 2022). Most countries enforce strict limits on aflatoxin levels in food products to safeguard public health. In the European Union (EU), for hazelnuts intended for direct human consumption or use as ingredient in foodstuffs, the maximum allowable level for aflatoxin B1 (AFB1) is set at 5 µg/kg (ppb), while the total aflatoxin limit (including B1, B2, G1, and G2) is 10 µg/kg (EU, 2010). In this study, the total aflatoxin levels in cocoa hazelnut spread samples ranged from 1.558 to 2.689 µg/kg, while AFB1 levels ranged from 1.101 to 1.158 µg/kg. Aflatoxin levels of the samples remained within the specified standards.

Peroxide Value (PV)

Cocoa hazelnut spread samples contain hazelnut oil which is rich in unsaturated fatty acids (Taş and Gökmen, 2015). Unsaturated fatty acids are particularly susceptible to oxidation through a process known as autoxidation (Shahidi and Zhong, 2010; Frankel, 1991). This is a self-sustaining reaction where unsaturated fats react with oxygen to form lipid peroxides. Peroxide value (PV) is one of the most commonly used quality indicators for monitoring oil oxidation during storage (Zhang et al., 2021). It is an indicator of the initial stages of oxidation. Given the high unsaturated fat content in cocoa hazelnut

spreads, monitoring the PV during storage is essential for evaluating product quality and stability. PVs of cocoa hazelnut spread samples were presented in Table 3. The storage period and formulation were identified as significant factors affecting the PV (Table 4). PV of samples increased with increasing storage time. PV of the samples stored for 1, 2, and 3 months ranged from 0.085 to 0.180, 0.092 to 0.213, and 0.110 to 0.248, respectively. According to Turkish Standard Institute 'Hazelnut Paste' standard (TS 8371, 2022), the maximum PV is specified as 5 meq O₂/kg. The PV levels of the cocoa hazelnut spread samples remained well below the specified standard during the 3-months storage period. Similar findings have been obtained in various studies regarding the effect of storage on the peroxide values of nut pastes. Gamlı and Hayoğlu (2007) showed that packaging type and storage period affected PV of pistachio nut paste. For the paste stored in a sealed glass jar, they observed a steady increase in PV from an initial value of 0.05 to 0.23 meq O₂/kg at 4°C and to 0.29 at 20 °C after 3 months of storage. Ciftci and Ozilgen (2019) observed an increase in PV of tightly covered almond paste stored for 31 days at various temperatures (4, 20, 30, and 60 °C). In their study, they found that the PV increased from an initial value of 0.00 meq O₂/kg to around 1.2-1.6 meq O₂/kg at 20°C, and to around 3.0-4.0 at 30°C. In a different study, Shakerardekani et al. (2015) reported an increase in PV of pistachio spread (with palm olein) from 0.05 to 4.9 meq O₂/kg after being stored in capped glass containers under accelerated autoxidation conditions (60 °C) for 25 days. Even if packed, small amounts of oxygen can remain in the headspace of the container. This residual oxygen can initiate the oxidation of

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

unsaturated fats in the samples (Johnson et al., 2015). Johnson et al. (2017) investigated the impact of oxygen reduction on lipid oxidation kinetics in a 1.0% fish oil-in-water emulsion and reported that nearly complete oxygen removal is required to protect oxygen-sensitive ingredients. Once initiated, the free radical reactions can continue to drive up the peroxide values, even in low-oxygen conditions, leading to peroxide formation over time. In their study, Mexis et al. (2010) used active and modified atmosphere packaging to reduce oxygen level for the preservation of dark chocolate with hazelnuts and recorded PV ranging from 0.8 to 4.38 meq O₂/kg chocolate fat after 12 months of storage in the dark at 20°C.

Hazelnuts contain natural antioxidants, such as tocopherols, that protect the fats from oxidation (Frankel, 1991; Shahidi and Zhong, 2010; Pycia et al., 2019). However, these antioxidants can degrade or become less effective over time, leaving the fats more vulnerable to oxidation and contributing to a rise in PV as storage progresses. In their study, Lobbuono et al. (2023) detected a reduction in tocopherol content (particularly α - and δ -tocopherols) in the oil phase of hazelnut paste samples stored at 40°C in open containers, likely due to the antioxidant action of tocopherols, which reacted with oxygen and free radicals over time.

IS80 and IS100 samples had lower PVs compared to the other samples and the control. The PVs of these samples remained stable after the second month of storage. The PVs of IS50 and IS70 samples were statistically similar to that of the control. Lower PVs in cocoa hazelnut spreads with high inulin content suggests that inulin may

contribute to oxidative stability. This aligns with studies indicating that inulin can act as a prebiotic fiber with some antioxidant activity (Shang et al., 2018; Pasqualetti et al., 2014; Mu et al., 2021), potentially slowing lipid oxidation in food systems. Li et al. (2020) prepared emulsion gels containing olive oil and Jerusalem artichoke inulin, showing that inulin exhibited antioxidant activity by delaying or inhibiting the formation of conjugated dienes in linoleic acid oxidation. Stevia may also contribute to oxidative stability (Singh et al., 2012). Stoyanova et al. (2011) compared the ROS (reactive oxygen species) scavenging capacities of inulin and stevioside with that of sucrose and showed that both inulin and stevioside are superior scavengers of both hydroxyl and superoxide radicals, demonstrating greater effectiveness than sucrose.

Free Fatty Acid (FFA)

The increase in free fatty acid (FFA) content in oil during storage is a key indicator of oil quality degradation. The FFA contents of cocoa hazelnut spread samples were presented in Table 3. All FFA values, ranging between 0.304 to 0.365 %, remained well below the maximum permissible FFA level of 1.5% set by the Turkish Standards Institute (TS 8371, 2022). The FFA values were influenced by the formulation (Table 4). The FFA values of IS50 sample were similar to those of control during storage while all other samples had lower FFA values compared to both the control and IS50 sample. In general, increasing the inulin-stevia ratio was associated with a decrease in FFA level. This indicates that the extent of sucrose replacement may play a role in formation of free fatty acids during cocoa hazelnut spread processing.

Table 3. Free fatty acid (FFA) and peroxide value (PV) of the cocoa hazelnut spread samples

Property	SP	Control	IS50	IS60	IS70	IS80	IS100
FFA (%)	0	0.361±0.001A**a	0.359±0.000Bc	0.342±0.000Cb	0.331±0.001Da	0.321±0.001Eb	0.305±0.001Fa
	1	0.362±0.001Aa	0.361±0.001Ab	0.343±0.000Bb	0.332±0.001Ca	0.322±0.000Da	0.304±0.001Ea
	2	0.364±0.002Aa	0.363±0.001Ab	0.346±0.001Ba	0.332±0.003Ca	0.323±0.001Da	0.304±0.001Ea
	3	0.365±0.002Aa	0.365±0.001Aa	0.347±0.001Ba	0.333±0.001Ca	0.324±0.001Da	0.304±0.000Ea
PV (meq O ₂ /kg)	0	0.000±0.000Ad	0.000±0.000Ad	0.000±0.000Ad	0.000±0.000Ac	0.000±0.000Ab	0.000±0.000Ac
	1	0.120±0.009BCc	0.137±0.003Bc	0.180±0.013Ac	0.127±0.018Bb	0.108±0.003CDa	0.085±0.010Db
	2	0.148±0.012BCb	0.160±0.005Bb	0.213±0.016Ab	0.158±0.018Bb	0.117±0.008CDa	0.092±0.015Dab
	3	0.195±0.009Ba	0.207±0.016Ba	0.248±0.008Aa	0.208±0.008Ba	0.117±0.008Ca	0.110±0.005Ca

SP: Storage period (month), Values represent mean±standard deviation.

*For each property, capital letters shown in the same row compare the effect of the formulations for the given storage period ($P \leq 0.05$).

**For each property, lowercase letters in the same column compare the effect of storage period for the given formulation ($P \leq 0.05$).

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

Table 4. Two-way ANOVA results for formulation (F) and storage period (SP) effects on free fatty acid and peroxide value

	Free fatty acid					Peroxide value			
Source	DF	Adj MS	F-value	P-value	DF	Adj MS	F-value	P-value	
F	5	0.006197	5021.48	0.000*	5	0.012186	136.03	0.000	
SP	3	0.000034	27.71	0.000	3	0.113012	1261.53	0.000	
F X SP	15	0.000004	3.38	0.001	15	0.001789	19.97	0.000	
Error	47	0.000001			48	0.000090			
Total	70				71				
R-sq	99.82%				99.00%				

*p ≤ 0.05 denotes significant effect of main factors (F, SP) or interaction (FXSP)

During storage, FFA contents of the control, IS70, and IS100 samples remained nearly constant, while a slight increase in FFA levels was observed in the other samples. FFA formation is primarily due to the hydrolysis of triglycerides, which breaks down into free fatty acids and glycerol, usually catalyzed by enzymes from the source or contaminating microorganisms or external factors like moisture, temperature, and light exposure (Talbot, 2016). The activity of lipase is substantially reduced by the roasting process (Özdemir and Devres, 1999). Any trace amounts of lipase enzyme may lead to a slow increase in FFA during storage. Our results align with the data reported by Covaliov et al. (2022), who observed a slight increase in FFA in walnut paste, prepared using roasted walnuts, powdered sugar, cocoa and dark chocolate, from 0.10 to 0.17 g oleic acid/ 100 g during storage in closed jars kept in the dark. Our results are also in agreement with the data obtained by Shakerardekani et al. (2015), who reported a slight increase in FFA values (from 0.53 to 0.68 % oleic acid) of pistachio spread prepared with 58.3% pistachio paste, 25% icing sugar, and 16.7% red palm olein after being stored in capped glass containers at 60 °C for 25 days.

Microbiological Analysis

Table 5 shows the total aerobic plate counts (APC) (CFU/g) of cocoa hazelnut spread samples over a 3-month storage period. Initially, APC levels across all samples were similar, showing no significant differences until the end of the first month. However, after the second month, variations in APC levels became prominent, with samples containing higher percentages of inulin-stevia (IS80 and IS100) showing stable APC, whereas others exhibited an increase. By the end of the third month, samples containing inulin-stevia generally exhibited lower APC than the control, with the control sample having the highest APC and the IS80 and IS90 samples the lowest.

The yeast/mold counts of cocoa hazelnut spread samples were presented in Table 6. Yeast and mold counts showed no significant differences by the end of the first month, but by the end of the second month, significant differences emerged. Similar to the APC results, yeast and mold counts remained stable in the IS80 and IS100 samples throughout storage, while they increased in other formulations. At the end of the storage period, the control sample exhibited the highest yeast/mold counts, whereas the IS80 and IS100 samples had the lowest.

The findings suggest that replacing part of the sucrose in cocoa hazelnut spreads with inulin-stevia enhanced microbial stability. This effect may be partly attributed to the antimicrobial properties of stevia. Research has demonstrated that stevia exhibits antimicrobial effects, potentially due to its phytochemical components, such as rebaudioside and stevioside (Kumari and Chandra, 2015; Puri and Sharma, 2011; Debnath, 2008; Singh et al., 2012). These compounds may inhibit microbial growth to some extent, which could explain the lower APC and yeast/mold counts in formulations with higher stevia content. Inulin also likely contributes to microbial stability, depending on its concentration. As a prebiotic fiber with water-binding properties, inulin can lower water activity, as demonstrated by Berk et al. (2024) who found that replacing sugar with inulin-stevia in cocoa hazelnut paste formulations led to lower water activity values. This reduction in water activity helps limit microbial growth, as microorganisms need available water to thrive. Studies have shown that reduced water activity can extend the shelf life of food products, making inulin an effective sugar substitute for improving microbial stability. The combination of inulin and stevia may have had a cumulative effect on microbial stability, creating a less favorable environment for aerobic bacteria, yeast, and molds

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

especially in higher substitution levels like IS80 and IS100.

Table 5. Changes in total aerobic plate count (APC) (CFU/g) in cocoa hazelnut spread samples during storage

Formulation	Storage period (month)			
	0	1	2	3
Control	193.33±2.89A*c**	193.33±2.89Ac	216.67±2.89Ab	235.00±0.00Aa
IS50	193.33±2.89Ac	193.33±2.89Ac	203.33±2.89Bb	226.67±2.89Aa
IS60	185.00±5.00Ab	185.00±5.00Ab	195.00±5.00Bab	205.00±5.00Ba
IS70	186.67±2.89Ab	186.67±2.89Ab	195.00±5.00Bab	196.67±2.89Ba
IS80	186.67±2.89Aa	186.67±2.89Aa	185.00±0.00Ca	183.33±2.89Ca
IS100	186.67±2.89Aa	186.67±2.89Aa	183.33±2.89Ca	185.00±5.00Ca

Values represent mean±standard deviation.

*Capital letters shown in the same column compare the effect of the formulations for the given storage period ($P \leq 0.05$).

**Lowercase letters in the same row compare the effect of storage period for the given formulation ($P \leq 0.05$).

Table 6. Changes in yeast/mold counts in cocoa hazelnut spread samples during storage

Formulation	Storage period (month)			
	0	1	2	3
Control	12.50±0.50A*c**	12.50±0.50Ac	14.67±0.29Ab	16.50±0.50Aa
IS50	12.33±0.29Ab	12.33±0.29Ab	13.67±0.29Ba	14.50±0.50Ba
IS60	11.67±0.58Ab	11.67±0.58Ab	13.33±0.29BCa	13.67±0.29Ba
IS70	11.50±0.00Ac	11.50±0.00Ac	12.50±0.50CDb	13.50±0.00BCa
IS80	11.83±0.29Aa	11.83±0.29Aa	11.67±0.29DEa	12.33±0.29Da
IS100	11.83±0.29Aab	11.83±0.29Aab	11.50±0.00Eb	12.50±0.50CDa

Values represent mean±standard deviation.

*Capital letters shown in the same column compare the effect of the formulations for the given storage period ($P \leq 0.05$).

**Lowercase letters in the same row compare the effect of storage period for the given formulation ($P \leq 0.05$).

Sensory Analysis

Sensory evaluation was conducted to assess the color, taste, odor, consistency, appearance, flavor, aroma, and spreadability of the cocoa hazelnut spread samples. The results (Table 7), based on a 5-point hedonic scale, revealed that the control sample generally received the highest scores across all attributes. However, formulations with up to 50% sucrose replacement (IS50) demonstrated sensory properties comparable to the control, making them the most acceptable reduced-sugar alternatives. The color scores of the samples did not show significant differences ($p > 0.05$), indicating that replacing sucrose with the stevia-inulin mixture did not have a major impact on the visual appeal of the spreads. The control

(4.40 ± 0.52) and IS50 (4.20 ± 0.42) samples had the highest color scores, while IS60, IS70, and IS80 samples showed slightly lower values. The appearance scores followed a similar trend, with control (4.30 ± 0.48) receiving the highest rating, while IS60 (3.60 ± 0.52) had the lowest. The taste scores revealed that increasing the inulin-stevia substitution beyond 50% negatively impacted overall acceptability. The control sample had the highest taste rating (4.50 ± 0.71), followed by IS50 (4.30 ± 0.82). The taste scores decreased in higher substitution levels, with IS80 (3.60 ± 0.52) receiving the lowest score. A similar trend was observed for aroma, where the control sample (4.70 ± 0.48) was rated the highest, while IS60, IS70, and IS100 received lower scores.

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

Consistency and spreadability were not significantly affected by the sugar replacement levels ($p > 0.05$). All samples showed comparable spreadability, with values ranging from 4.20 (control) to 3.50 (IS70). The IS80 and IS100 samples retained their consistency and spreadability, indicating that the inulin-stevia mixture did not adversely impact textural attributes. Among the reduced-sugar samples,

IS50 exhibited the most similar sensory profile to the control, maintaining high ratings for taste, aroma, consistency, and spreadability. In contrast, formulations with higher substitution levels (IS70, IS80, IS100) exhibited noticeable declines in taste and aroma scores, suggesting that excessive inulin-stevia substitution may impact consumer acceptability.

Table 7. Sensory analysis

Sensory parameter	Control	IS50	IS60	IS70	IS80	IS100
Color	4.40±0.52A*	4.20±0.42A	3.90±0.74A	4.00±0.00A	4.00±0.67A	4.10±0.74A
Taste	4.50±0.71A	4.30±0.82AB	3.90±0.32AB	3.70±0.48AB	3.60±0.52B	4.00±0.67AB
Smell	4.40±0.52A	3.90±0.57ABC	3.50±0.53BC	3.20±0.42C	4.20±0.63AB	4.10±0.74AB
Consistency	4.20±0.63A	4.20±0.79A	3.70±0.48A	3.40±0.97A	3.90±0.57A	4.10±0.99A
Appearance	4.30±0.48A	4.00±0.00A	3.60±0.52A	3.80±0.63A	4.00±0.67A	3.80±1.03A
Flavor	4.00±0.47A	4.00±0.67A	3.50±0.53A	3.70±0.48A	4.10±0.88A	4.20±0.79A
Aroma	4.70±0.48A	4.30±0.48AB	3.60±0.52B	3.90±0.32B	4.00±0.67AB	3.80±0.92B
Spreadability	4.20±0.42A	4.10±0.74A	3.90±0.57A	3.50±0.53A	4.20±0.42A	4.20±0.79A

Values represent mean±standard deviation.

*Capital letters shown in the same column compare the effect of the formulations for the given sensory parameter ($P \leq 0.05$).

Conclusion

The formulation with the highest inulin-stevia ratio (IS100) demonstrated the lowest peroxide values and stable free fatty acid content over the storage period, suggesting enhanced oxidative stability. Incorporating inulin-stevia as a sucrose replacement in cocoa hazelnut spreads significantly impacted microbial stability, specifically in terms of aerobic plate counts (APC) and yeast/mold counts, during storage. Increasing the inulin-stevia ratio in the formulation appears to be effective in suppressing bacterial growth, particularly in the IS80 and IS100 samples. Sensory evaluation revealed that all samples scored similarly on attributes such as color, consistency, and spreadability, with the control sample achieving the highest overall sensory scores. Samples with 50% sucrose replacement were closest to the control in terms of all sensory attributes. These findings suggest that up to 50% sucrose replacement with inulin-stevia can be achieved without significantly compromising sensory attributes, making it a promising formulation for reduced-sugar cocoa hazelnut spreads. However, higher substitution levels may require optimization in formulation to maintain consumer acceptability, particularly in terms of taste and aroma.

The results of this study indicate that substituting sucrose with an inulin-stevia mixture not only reduces sugar content but also contributes to the oxidative and microbial stability of the cocoa hazelnut spread. This has implications for producing healthier spreads with lower sugar and improved stability, appealing to consumers seeking reduced-sugar options without compromising shelf life or quality.

References

- Acan, B. G., Kilicli, M., Bursa, K., Toker, O. S., Palabiyik, I., Gulcu, M., Yaman, M., Gunes, R., & Konar, N. (2021) Effect of grape pomace usage in chocolate spread formulation on textural, rheological and digestibility properties. *LWT – Food Sci. Technol* 138: 110451.
- Aidoo, R. P., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2015) Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT – Food Sci. Technol* 62: 592-597.
- AOAC (2000) Official methods of analysis, 17th edn., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

- Arshad, S., Rehman, T., Saif, S., Rajoka, M. S. R., Ranjha, M. M. A. N., Hassoun, A., ... & Aadil, R. M. (2022) Replacement of refined sugar by natural sweeteners: Focus on potential health benefits. *Heliyon* 8(9).
- Berk, B., Cosar, S., Mazı, B. G., & Oztop, M. H. (2024) Textural, rheological, melting properties, particle size distribution, and NMR relaxometry of cocoa hazelnut spread with inulin-stevia addition as sugar replacer. *J Texture Stud* 55(2): e12834.
- Brown, R., Ware, L., & Tey, S. L. (2022) Effects of hazelnut consumption on cardiometabolic risk factors and acceptance: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 19(5): 2880.
- Büker, M., Angın, P., Nurman, N., Pirouzian, H. R., Akdeniz, E., Tokar, O. S., Sagdic, O., & Tamtürk, F. (2021) Effects of apple pomace as a sucrose substitute on the quality characteristics of compound chocolate and spread. *J Food Process Preserv* 45(10): e15773.
- Cao, W., Yu, P., Yang, K., & Cao, D. (2022) Aflatoxin B1: Metabolism, toxicology, and its involvement in oxidative stress and cancer development. *Toxicol Mech Methods* 32(6): 395-419.
- Ciftci, D., Ozilgen, S. (2019) Evaluation of kinetic parameters in prevention of quality loss in stored almond pastes with added natural antioxidant. *J Food Sci Technol* 56(1): 483-490.
- Covaliov, E., Siminiuc, R., & Popovici, V. (2022) Walnut paste: A healthy alternative for Nutella consumers. *EPHELS* 8: 28-35.
- Debnath, M. (2008) Clonal propagation and antimicrobial activity of an endemic medicinal plant *Stevia rebaudiana*. *J Med Plants Res* 2(2): 45-51.
- EU (2010) Amending Regulation (EC) No. 1881/2006, Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. *Off J Eur Union* 165: 8-12.
- Frankel, E. N. (1991) Recent advances in lipid oxidation. *J Sci Food Agric* 54(4): 495-511.
- Gamlı, Ö. F., & Hayoğlu, İ. (2007) The effect of the different packaging and storage conditions on the quality of pistachio nut paste. *J Food Eng* 78(2): 443-448.
- Gasmalla, M. A. A., Yang, R., & Hua, X. (2014) *Stevia rebaudiana* Bertoni: An alternative sugar replacer and its application in food industry. *Food Eng Rev* 6: 150-162.
- Gomes, A., Bourbon, A. I., Peixoto, A. R., Silva, A. S., Tasso, A., Almeida, C., ... & Alves, V. D. (2023) Strategies for the reduction of sugar in food products: *Food Structure Engineering and Design for Improved Nutrition, Health and Well-Being*, M. A. P. R. Cerqueira & L. M. P. Castro (Eds.), 219-241, Academic Press.
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (2002) Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum* 82: 1-556.
- Jackson, P. P. J., Wijeyesekera, A. & Rastall, R. A. (2023) Inulin-type fructans and short-chain fructooligosaccharides-their role within the food industry as fat and sugar replacers and texture modifiers-what needs to be considered! *Food Sci Nutr* 11: 17-38
- Johnson, D. R., & Decker, E. A. (2015) The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review. *Annu Rev Food Sci Technol* 6(1): 171-190.
- Johnson, D. R., Gisder, J., Lew, L., Goddard, J. M., & Decker, E. A. (2017) Is oxygen reduction a viable antioxidant strategy for oil-in-water emulsions? *Eur J Lipid Sci Technol* 119(6): 1600285.
- Karaosmanoğlu, H. (2022) Lipid characteristics, bioactive properties, and mineral content in hazelnut grown under different cultivation systems. *J Food Process Preserv* 46(7): e16717.
- Konar, N. (2013) Influence of conching temperature and some bulk sweeteners on physical and rheological properties of prebiotic milk chocolate containing inulin. *Eur Food Res Technol* 236: 135-143.
- Kumari, M., & Chandra, S. (2015) Stevioside glycosides from in vitro cultures of *Stevia rebaudiana* and antimicrobial assay. *Braz J Bot* 38: 761-770.
- Li, F., Gunenc, A., & Hosseinian, F. (2020) Developing emulsion gels by incorporating Jerusalem artichoke inulin and investigating their lipid oxidative stability. *Food Prod Process Nutr* 2: 1-11.
- Lobuono, C., Fiorentini, C., Dordoni, R., Bassani, A., & Spigno, G. (2023) Use of vegetable proteins for stabilization of hazelnut paste. *Chem Eng Trans* 102: 31-36.
- McKenzie, E., & Lee, S. Y. (2022) Sugar reduction methods and their application in confections: a review. *Food Sci Biotechnol* 31(4): 387-398.

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

- Mexis, S. F., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., & Kontominas, M. G. (2010) Effect of active and modified atmosphere packaging on quality retention of dark chocolate with hazelnuts. *IFSET* 11(1): 177-186.
- Mu, Y., Gao, W., Lv, S., Li, F., Lu, Y., & Zhao, C. (2021) The antioxidant capacity and antioxidant system of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers in relation to inulin during storage at different low temperatures. *Ind Crops Prod* 161: 113229.
- Mudannayake, D. C., Wimalasiri, K. M., Silva, K. F., & Ajlouni, S. (2015). Comparison of properties of new sources of partially purified inulin to those of commercially pure chicory inulin. *J Food Sci* 80(5): C950-C960.
- Özdemir, M., & Devres, O. (1999) Turkish hazelnuts: properties and effect of microbiological and chemical changes on quality. *Food Rev Int* 15(3): 309-333.
- Pasqualetti, V., Altomare, A., Guarino, M. P. L., Locato, V., Cocca, S., Cimini, S., ... & Cicala, M. (2014) Antioxidant activity of inulin and its role in the prevention of human colonic muscle cell impairment induced by lipopolysaccharide mucosal exposure. *PloS one* 9(5): e98031.
- Puri, M., & Sharma, D. (2011) Antibacterial activity of stevioside towards food-borne pathogenic bacteria. *Eng Life Sci* 11(3): 326-329.
- Pycia, K., Kapusta, I., & Jaworska, G. (2019) Changes in antioxidant activity, profile, and content of polyphenols and tocopherols in common hazel seed (*Corylus avellana* L.) depending on variety and harvest date. *Molecules* 25(1): 43.
- Salvatore, M. M., Andolfi, A., & Nicoletti, R. (2023) Mycotoxin contamination in hazelnut: current status, analytical strategies, and future prospects. *Toxins* 15(2): 99.
- Schiatti-Sisó, I. P., Quintana, S. E., & García-Zapateiro, L. A. (2023) Stevia (*Stevia rebaudiana*) as a common sugar substitute and its application in food matrices: an updated review. *J Food Sci Technol* 60(5): 1483-1492.
- Shah, A. B., Jones, G. P., & Vasiljevic, T. (2010) Sucrose-free chocolate sweetened with *Stevia rebaudiana* extract and containing different bulking agents-effects on physicochemical and sensory properties. *IJFST* 45(7): 1426-1435.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010) Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chem Soc Rev* 39(11): 4067-4079.
- Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H. M., & Chin, N. L. (2015). Oxidative stability of pistachio (*Pistacia vera* L.) paste and spreads. *JAOCs* 92(7): 1015-1021.
- Shang, H. M., Zhou, H. Z., Yang, J. Y., Li, R., Song, H., & Wu, H. X. (2018) In vitro and in vivo antioxidant activities of inulin. *PloS one* 13(2): e0192273.
- Shataer, D., Li, J., Duan, X. M., Liu, L., Xin, X. L., & Aisa, H. A. (2021) Chemical composition of the hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and its anti-inflammatory, antimicrobial, and antioxidant activities. *J Agric Food Chem* 69(14): 4111-4119.
- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., ... & Niazi, S. (2016) Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydr Polym* 147: 444-454.
- Shourideh, M., Taslimi, A., Azizi, M. H., & Mohammadifar, M. A. (2012) Effects of D-tagatose and inulin on some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *IJBBB* 2(5): 314-319.
- Singh, S. U. N. A. N. D. A., Garg, V. E. E. N. A., Yadav, D. E. E. P. A. K., Beg, M. N., & Sharma, N. I. D. H. I. (2012) In vitro antioxidative and antibacterial activities of various parts of *Stevia rebaudiana* (Bertoni). *Int J Pharm Pharm Sci* 4(3): 468-473.
- Stoyanova, S., Geuns, J., Hideg, E., & Van Den Ende, W. (2011) The food additives inulin and stevioside counteract oxidative stress. *Intl J Food Sci Nutr* 62(3): 207-214.
- Talbot, G. (2016) The stability and shelf life of fats and oils: *The Stability and Shelf Life of Food*. P. Subramaniam (Ed.), 461-503, Woodhead Publishing.
- Taş, N. G., & Gökmen, V. (2015) Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey. *J Food Compos Anal* 44: 115-121.
- Tolve, R., Tchuénbou-Magaia, F. L., Verderese, D., Simonato, B., Puggia, D., Galgano, F., Zamboni, A., & Favati, F. (2021) Physicochemical and sensory acceptability of no added sugar chocolate spreads fortified with multiple micronutrients. *Food Chem* 364: 130386
- TS 2131 ISO 928 (2001) The reference method of the Turkish Standard Institute, Spices and condiment - Determination of total ash.
- TS 8371 (2022) Turkish Standard Institute, Hazelnut Paste Standard.
- TS EN ISO 3960 (2010) The reference method of the Turkish Standard Institute, Animal and

Reduced-Sugar Cocoa Hazelnut Spread: The Effect of Stevia-Inulin Substitution on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Properties

- vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Iodometric (visual) endpoint determination.
- TS EN ISO 660 (2010) The reference method of the Turkish Standard Institute, Animal and
- vegetable fats and oils - Determination of acid value and acidity.
- Zhang, N., Li, Y., Wen, S., Sun, Y., Chen, J., Gao, Y., ... & Yu, X. (2021) Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. *Food Chem* 358: 129834.



Araştırma Makalesi

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayrık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

Cem KORKMAZ*¹, İlyas KACAR²

ÖZ

Bu çalışmada iç yer fıstığı eleme-sınıflandırma süreci, ayrık eleman yöntemine (DEM) dayanan Ansys Rocky DEM® yazılımı ile simüle edilmiştir. Simülasyon 63 gün 18 saat 27 dakika sürmüştür. İç yer fıstığının hasarına, elek metal yüzeyinin aşınmasına ve elek değiştirilme sıklığının artmasına neden olan sürtünme kuvvetinin, zamana bağlı değişimi verisi toplanmıştır. Bu çalışma, parçacık simülasyonları ve sinir ağları kullanarak iç yer fıstığı sınıflandırma süreçlerinin iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Sürtünme kuvvetinin modellenmesi ve kestirimi, bir yapay öğrenme yöntemi olan doğrusal olmayan oto-gerilemeli (NAR) sinir ağları ile gerçekleştirilmiştir. Ağda, her birinde sırası ile 100 ve 50 adet nöron bulunan, 2 adet saklı katman bulunmaktadır. Modeli eğitmek için Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Elde edilen iç yer fıstığı sınıflandırma modeli, 0.97 korelasyona ve 3.58 N kadarlık hataya (RMSE) sahiptir. Ortalama mutlak hatanın yüzdesi ise %3.30 seviyesindedir. Modelden elde edilen sonuçlar ile DEM simülasyonundan elde edilen veriler arasında oldukça iyi bir doğrusal ilişki elde edilmiştir. Ayrıca NAR ağı, veriye herhangi bir ön işlem yapılması gereksinimini ortadan kaldırmıştır. Üstelik ağı eğitimi esnasında toplam 10 adet iterasyon yapılmış ve hesaplamalar 129.8 s sürmüştür. Ağ, DEM simülasyonlarından elde edilen sürtünme kuvvetinin modellenmesi ve kestiriminde yüksek performans göstermiştir. Bu teknik, sektörde performans iyileştirmesine katkı sağlayabilecektir. Doğrudan tarım endüstrisi için ve dolaylı olarak da, ürün kalitesini artırma ve üretim süreçlerini optimize etme potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: İç yer fıstığı sınıflandırma, Ayrık eleman yöntemi, Doğrusal olmayan oto-gerilemeli sinir ağı, Modelleme, Kestirim

Modelling of Friction Data Obtained from Discrete Element Simulation of Peanut Kernel Grading Machine Using Nonlinear Auto-Regressive Network

ABSTRACT

In this study, the peanut kernel screening-grading process was simulated with Ansys Rocky DEM® software based on the discrete element method (DEM). The simulation lasted 63 days, 18 hours and 27 minutes. Data on the time-dependent variation of the friction force, which causes breakage to the peanut kernels, wear of the screen metal surface and increased frequency of screen replacement, were collected. This study aimed to improve the peanut kernel grading process using particle simulation and neural networks. The modelling and estimation of the friction force was performed with nonlinear autoregressive (NAR) neural networks, a machine learning method. The network had two hidden layers, each with 100 and 50 neurons respectively. Levenberg-Marquardt algorithm was used for training. The resulting peanut kernel classification model had a correlation of 0.97 and an error of 3.58 N (RMSE). The average absolute error was 3.30%. There was a very good correlation between the results obtained from the model and the data collected from the DEM simulation. In addition, the NAR network eliminated the need for any pre-process on the data. Moreover, a total of 10 iterations were performed during the training of the network and the calculations took 129.8 s. The network showed high performance in modelling and prediction of the friction force obtained from the DEM simulations. This technique can contribute to performance improvement in the sector. Directly for the agricultural industry and indirectly it has the potential to improve product quality and optimize production processes.

Keywords: Peanut kernel classification, Discrete element method, Nonlinear autoregressive neural network, Modelling, Prediction

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-1062-4581, 0000-0002-5887-8807

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 12.07.2024

Kabul Tarihi: 18.04.2025

¹ Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü

*E-posta: ckorkmaz@cu.edu.tr

Giriş

Modelleme; araştırma ve birçok endüstriyel alanda uzun süredir kullanılan bir tekniktir. Bunlar esasen matematikteki fonksiyonlardır. Türkçe'de, modellerin yaptığı işi anlatmak için "*tahmin, temsil, modelleme, öngörü, kestirim, içgörü, sezgi, zan, ileri görüş, niyet okuma*" gibi ifadeler kullanılmaktadır (Larose ve Larose, 2014; Lawrence ve ark., 2006; Tyralis ve Papacharalampous, 2024). Modelleme; yapay zekâ (YZ), simülasyon ve eğri uydurma teknikleri ile yapılabilmektedir (Urang ve ark., 2020). Literatür araştırmalarında yaygın olarak, yapay öğrenme yöntemlerinin sadece deneysel veri üzerinde uygulanması gerektiği savunulsa da, simülasyonlardan üretilen veriler üzerinde de yapay öğrenme çalışmaları yapılmaktadır (Thon ve ark., 2022). Böylece çok uzun hesaplama zamanı alan simülasyonlar yerine daha kısa sürede başarılı kestirim yapılması mümkün olabilmektedir (Davydzenka ve Tahmasebi, 2022; Islam ve ark., 2024).

Yer fıstığı sınıflandırma elekleri, tarım ve gıda endüstrilerinde önemli bir role sahip olup, doğru bir şekilde çalışmamaları, ürün kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Sürtünme, elek yüzeyi ve fıstık taneleri arasındaki temas nedeniyle ortaya çıkan bir etkidir ve zaman ile değişebilmektedir. Üretim tesislerinde yüksek kapasiteli üretimde, fıstık kalitesi, enerji tüketimi ve özellikle elek malzemesinde oluşacak aşınmalardan kaynaklı değişim sıklığı gibi maliyetler oluşabilmektedir (Londhe ve ark., 2013; Nath ve ark., 2024). Sınıflama verimliliğinde sürtünmenin önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle sınıflandırma eleklerinde sürtünme kuvveti verisinin doğasından kaynaklanan doğrusal ve/veya doğrusal olmayan davranışların, YZ sayesinde modellenmesinin ve kestiriminin mümkün olabileceği ön görülebilmektedir (Daghistani ve Abuel-Naga, 2024).

Ayrık elemanlar yöntemi (DEM), tanecikli malzemelerin davranışını incelemek için hesaplamalı mekanik alanında yaygın olarak kullanılan sayısal bir yöntemdir (Donea ve ark., 2004). DEM, tek tek parçacıkları, temas kuvvetleri aracılığıyla birbirleriyle etkileşime giren ayrık elemanlar olarak modellemektedir. Bu yöntem, partikül-partikül, partikül-yüzey ve partikül-akışkan etkileşimlerinin ayrıntılı hesaplanmasını sağlayarak partikül akışları, çarpışmalar ve sıkıştırma gibi olayların karmaşık fiziklerinin analizine olanak tanımaktadır. Sürtünme, kırılma, aşınma, dönme, temas, kuvvet-moment, enerji, güç gibi pek çok boyutu hesaplayabilmektedir. DEM, yıllar boyunca yığın malzeme taşıma, jeoteknik mühendisliği, ilaç üretimi ve toz işleme gibi çeşitli mühendislik problemlerine uygulanmıştır (Cornejo ve ark., 2021). DEM'i hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) gibi akış simülasyonları ile birleştiren araştırmacılar, hem katı parçacıkları hem de akışkan fazları içeren çok fazlı sistemleri inceleyebilmişlerdir. Bu birleşik yaklaşım, silolar, akışkan yataklı sistemler, tamburlar veya siklonlar gibi endüstriyel ekipmanlarda çökme, karıştırma, ayrışma gibi süreçlerin analiz edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, son yıllarda, geleneksel DEM'i, düzgün parçacık hidrodinamiği (SPH) veya Lattice-Boltzmann metodu (LBM) gibi diğer sayısal tekniklerle birleştiren hibrit yöntemlerin geliştirilmesi, karmaşık çok fazlı akışların daha verimli simüle edilebilmesi için yeni yollar açmıştır (Wang, 2020; Yu ve ark., 2024a; Zhao ve ark., 2024). Bir üretim hattının kurulması, prosesin her aşamasının izlenmesi, bunun için merkezi otomasyon sistemi ve buna bağlı algılayıcılar, eyleyiciler kurmak önemli bir maliyet oluşturmaktadır. Sürecin DEM, HAD-DEM simülasyonunun yapılması sayesinde, hat üzerindeki parametrelerin sonuçlar üzerindeki etkisi gerçekçi bir biçimde elde edilebilmektedir. Ancak simülasyonların da uzun hesaplama

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

süreleri gerektirmesi maalesef ki bir dezavantajdır. Her ne kadar günümüzde güçlü bilgisayarlarla bu dezavantaj giderilebiliyor olsa da, güçlü bilgisayar temini bir başka maliyeti beraberinde getirebilmektedir. İşte bu maliyet ve sonuç doğruluğu arasında bir denge noktasını yakalayabilmek için YZ yöntemleri devreye girmektedir (de Sousa Junior ve ark., 2019). Böylece simülasyon sayesinde deneme-yanılma maliyetlerinden uzak bir biçimde optimum işletme şartları tespit edilebilmektedir (Martignoni ve ark., 2024). Gerçek işletme şartlarına en iyi doğruluk ve yakınlık elde edilebilmektedir (Doroszuk ve ark., 2021; Gelnar ve Zegzulka, 2019). Son yıllarda bu simülasyonların hız, doğruluk vb. yönünden avantajları nedeniyle kullanımı da artmıştır (Adamczyk ve ark., 2024; Jadidi ve ark., 2024; Le ve ark., 2024).

Zaman serisi kestirim modelleri, sadece mevcut veriyi modellemekle kalmamakta, veriye bakarak gelecekteki değerleri kestirilebilmektedir. Bu modeller genellikle istatistiksel yöntemler veya makine öğrenmesi (machine learning, ML) teknikleri ile oluşturulabilmektedir. Farklı zaman serisi kestirim modellerinin uygulanmasıyla, fıstık sınıflandırma eleklerindeki sürtünmenin zaman içinde nasıl değiştiğini anlamak mümkündür. Birçok istatistiksel yöntem farklı tipteki zaman serilerinin analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Oto-gerilemeli entegre hareketli ortalama (ARIMA, autoregressive integrated moving average) modelinin yanında Holt-Winters yöntemi gibi diğer istatistiksel yaklaşımlar da sürtünmenin zamana bağlı değişimini kestirmek için kullanılabilmektedir (Hyndman ve Athanasopoulos, 2021).

Zamana bağlı veri üzerinde doğrusal olmayan oto-gerilemeli (NAR, nonlinear autoregressive) ağlarının modelleme ve kestirim başarısından yararlanılmıştır. Dönen bir yel değirmeni miline gelen dinamik yüklerin oluşturduğu titreşim verilerinin kestiriminde, NAR yöntemi ile oldukça iyi bir başarı elde edilmiştir. Titreşim gibi zamana bağlı çok değişim gösteren verilerin kestirimi oldukça zordur. Makine parçalarına vereceği zararın önüne geçebilmek için kestirimci-bakım ve bunun için de erken-kestirim yapmak önemlidir (Jauregui-Correa, 2023).

Finans ve kontrol sistemleri de dâhil olmak üzere çeşitli alanlardaki NAR türündeki zaman serilerinin modellenmesi ve kestirimi için etkili bir araç olarak NAR ağı kullanılagelmektedir (Rindell, 2024). NAR modelleri, verilerdeki doğrusal olmayan bağımlılıkların yakalanmasına izin veren oto-gerilemeli (AR) modellerin ve sinir ağlarının kombinasyonuna dayanmaktadır. Bu modellerin doğruluk ve kestirim gücü açısından geleneksel doğrusal AR modellerinden daha iyi performans gösterdiği görülmüştür (He, 2024; Tiwari ve ark., 2022). Ancak ağların başarılı olabilmeleri için eğitilmeleri gerekmektedir. Eğitim süreci, kestirilen ve gerçek değerler arasındaki hatayı en aza indirmek amacıyla sahip geri yayılım (BP, back-propagation) veya parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO, particle swarm optimization) gibi algoritmalar kullanılarak ağınlıklarının optimize edilmesini içermektedir. Farklı NAR ağı türleri mevcut olup bunlardan bazıları NARX (harici girdili NAR, exogenous NAR), NARMAX (harici girdili hareketli ortalama NAR, exogenous moving average NAR) ağlarıdır (Kelley ve Hagan, 2024).

Bununla birlikte kısa mesafeli seyahatler için trafik akışı ve hava durumu verilerinin kestiriminde uzun-kısa süreli bellek (LSTM, long-short term memory), kapılı tekrarlı birim (GRU, gated recurrent unit) türü derin öğrenme ağlarının, NAR ağına göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Walch ve ark., 2023). Müşterilerin elektrik tüketimindeki yük kestirimi, elektrik dağıtımı yapan bir firmanın enerji yönetimine, altyapı ve bütçe planlamasına olanak tanımaktadır. Çok geniş perspektifte model performansları araştırılmış, ARIMA modellerinin diğer sinir ağı modelleri ile hibritlenerek kullanılması sayesinde modellerin doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik davranışları kestirim başarısının arttığı belirtilmiştir (Eren ve Küçükdemiral, 2024).

"Dikkat mekanizması" kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Böylece bilişsel dikkati taklit eden derin öğrenme yöntemleri, girdi verileri arasında dikkat edilmesi gereken veriyi belirleyebilmektedir. Binalarda kullanılan soğutma sistemlerinin, günlük elektrik enerjisi tüketiminde önemli bir etkisinin olduğu, ARIMA

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

ve dikkat mekanizmasının hibrit kullanılmasıyla tespit edilmiştir (Cai ve Yang, 2024). Ayrıca, NAR modellerinin sıfırdan yeniden eğitilmesini gerektirmeden, akış verileriyle artımlı olarak eğitilmesini sağlayan çevrimiçi sıralı aşırı öğrenme makinesi (OS-ELM) gibi çevrimiçi öğrenme algoritmaları da verimliliği nedeniyle ilgi çekmektedir (Li ve ark., 2010). Örneğin, ARIMA, yıllık iklim değişikliği gibi mevsimsel değişimlerin modellenmesi ve kestiriminde çok yaygın kullanılmaktadır (Abd-Elhamid ve ark., 2024).

Son yıllarda, YZ yöntemlerinin çok geniş olan kullanım alanlarına, akışkanlar mekaniği, granül akışı konuları da girmiştir (Hossein ve ark., 2024; Rangel ve ark., 2024; Wang ve Kumar ve ark., 2024). Katı partikül-gaz etkileşimlerinden oluşan birleşik akışta sürüklenmenin deneysel ve simülasyonla yapılan analizlerinden elde edilen veriye (Jiang ve ark., 2021; Jiang ve ark., 2019), DEM türü SPH analizinden elde edilen veriye evrişimli sinir ağı (CNN) uygulanmıştır (Sarairoh, 2024). Bu yöntem aynı zamanda türbülanslı akışlara da uygulanmaktadır (Kochkov ve ark., 2021). HAD simülasyonlarının hızlandırılması için çekişmeli üretici ağ (GAN, generative adversarial network) kullanılmıştır (Xie ve ark., 2018). Dönen bir tamburlu kurutucudaki partikül akışı için yapılan DEM simülasyonlarında (Lu ve ark., 2021) CNN kullanımı hesaplama hızını artırmıştır (Cristianini ve Shawe-Taylor, 2000; Majka, 2024).

Mevcut çalışmalar ışığında; tarım, gıda, katı atıklar vb. ürünlerin çeşitli davranışlarının modellenmesi ve kestirimi konularında açık literatürde pek çok çalışmanın olduğu, pek çok alanda YZ teknikleri başarı ile uygulandığı ancak iç yer fıstığı sınıflandırmada işlem parametrelerinin modellenmesinde nadiren ML yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu konuda bir araştırma boşluğu bulunmaktadır. Böylece YZ yöntemlerinin, iç yer fıstığı sınıflandırmada, sürtünme kuvvetinin kestiriminde de kullanım potansiyeline sahip

olabileceği hipotezi ortaya atılarak, konunun incelenmesine karar verilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, deneysel bir iç yer fıstığı sınıflandırma makinesindeki sürtünme kuvvetinin modellenmesi ve kestirimidir. Bu amaçla sınıflandırma işleminde, 60 saniyelik gerçek zaman için DEM esaslı simülasyon yapılmıştır. Simülasyondan elde edilen sürtünme kuvveti zaman serisi, NAR yöntemi ile modellenmiştir. Bu model, 12 saniyelik ileriye doğru kestirim için kullanılmıştır. Böylece fıstığı sınıflandırma süreçlerinin verimliliğini, kalitesini ve hassasiyetini artırmak amaçlanmıştır. Bu çalışmanın bulguları, iç yer fıstığı sınıflandırma sistemlerinin kalite kontrol ve üretim sürecinin işleyişinde, iyileştirme yapma potansiyeline sahiptir.

Materyal ve Yöntem

İç yer fıstığı sınıflandırma makinesi ve net kuvvet

Şekil 1’de görülen deneysel bir iç yer fıstığı sınıflama makinesi simüle edilmiştir. Makine iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım besleyici, diğeri ise silindirik helisel elektir. Silindirin eksenine paralel olarak yerleştirilmiş iki taraflı fırçalar vardır. Bu fırçalar elek deliklerinin tıkanmasını önlemektedir. Güç, elektrik motoru tarafından kayış-kasnak sayesinde silindirik eleğin miline aktarılmaktadır. Silindir kendi eksenini etrafında dönerken, besleyicinin kapısı da aynı anda silindirik bir kam mekanizması aracılığıyla titreştirilerek fıstık tanelerinin eleğe akışı başlatılmaktadır. Silindirik eleğin altında küçük boylu fıstığı toplamak için bir hazne ve eleğin ucunda ise büyük boylu taneyi toplamak için başka bir hazne bulunmaktadır. Elek duvarının iç yüzeyine sarılmış bir helezonik sarmal bulunmaktadır. Eleğin dönmesi sayesinde, tanelerin ilerletilmesi sağlanmaktadır. Makina, deneysel çalışma için üretilmiş bir düzenektir. Ticari bir marka ve modeli yoktur.

Çizelge 1’de bu çalışmada kullanılan iç yer fıstığı sınıflama makinesinin bazı önemli özellikleri verilmiştir.

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi



Şekil 1. Simülasyonu yapılan deneysel iç yer fıstığı sınıflandırma makinesi ve silindirik elek

Çizelge 1. İç yer fıstığı makinesi özellikleri ve sınıflama performansı

Özellik	Değer
Boyutları (mm)	1590x990x780
Silindirik elek yarıçapı (mm)	318
Silindirik elek uzunluğu (mm)	1000
Elek delik genişliği (mm)	7
Elek delik uzunluğu (mm)	13
Elektrik motor gücü (kW)	0.36
Çıkış kapasitesi (kg/h)	169.6
Sınıflama verimliliği (%)	99.6
Dönme hızı (devir/dak)	10
Helis açısı (°)	12

Elek sabit bir ω açısal hızında dönerken tanecikli ürünün uygun delik üzerine geldiğinde, aşağı düşmesi sağlanmaktadır. Elek tamburu içerisindeki tanecik üzerine üç ana kuvvet etki etmektedir: Silindirin dönüşünden kaynaklanan merkezkaç kuvveti (elek yüzeyine normal), yerçekiminden kaynaklanan tanecik ağırlığı ve tanecik-elek yüzeyi arasındaki sürtünme kuvveti, $F(\beta)$. Tane, merkezkaç ve sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle belirli bir yüksekliğe kadar tırmanmaya başlayacak ve yerçekimi nedeniyle geri kayacaktır. Düz elekler endüstriyel kapasitesi bakımından daha büyük ve yaygın olsa da, eleğe titreşim verilerek çalıştırıldığı için daha fazla güç ve enerji gerektirmektedir. Silindirik eleklerde ise fıstığın yığın hareketi için düşük kayma hareketleri yeterli olduğundan dolayı ω açısal hızı düşük olup sadece "sürtünme kuvveti+elek döndürme momenti"nden kaynaklanan güç-enerji gereksinimine sahiptir. Bu da düz eleklerle kıyasla oldukça az enerji sarfiyatına yol açmaktadır. Yüksek sınıflama verimliliği de elde edilmektedir. Tek veya çok katmanlı yüksek

debili tanecik akışı sayesinde düşük-yüksek kapasiteli uygulamalar da mevcuttur (Ercan, 2012). Çizelge 2’de %7.5 bağıl neme sahip iç yer fıstığı örneklerinin bazı fiziksel özellikleri verilmiştir (Atsyo, 2022).

Çizelge 2. İç yer fıstığı örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

Fiziksel özellik	Min.	Maks.	Ortalama
Uzunluk (mm)	11.15	26.84	17.39
Genişlik (mm)	5.02	11.69	8.77
Kalınlık (mm)	4.61	13.24	9.66
Kütle (g)	0.19	1.52	0.80

Sürtünme kuvvetine esas olan net kuvvetin hesaplanması, Akcalı ve ark. (2014) tarafından, dairesel ve helisel yol hâlleri için Eşitlik (1-a) ve Eşitlik (1-b)' deki gibi verilmiştir (Uğurluay ve Akcalı, 2021). Ayrıca güç ve enerji hesabı da verilmiş olmakla birlikte bu makale kapsamında sadece sürtünme kuvveti ele alınmıştır.

$$F(\beta) = g[\beta(n - \cos\beta) - (n - 1)\sin\beta] - g\mu_d[\beta\sin\beta + (n - 1)(1 - \cos\beta)] - \frac{1}{2}r\mu_d\omega^2\beta^2(1 + n) = 0 \quad \text{Eşitlik (1-a)}$$

$$F(\beta) = \frac{pre}{\beta} \left[(1 + n(\beta - 1)) \left(g(\cos\varphi - \mu_n\sin\varphi)(\sin\beta - \beta\cos\beta) + \left(g - \frac{1}{2}r\omega^2\beta^2 - g\cos\beta - g\beta\cos\beta \right) \mu_d \right) \right] = 0 \quad \text{Eşitlik (1-b)}$$

Burada ω, r, μ_d, α ve g sırasıyla açısal hız, elek yarıçapı, tanecikli malzemenin sürtünme katsayısı, eleğin dönme açısı ve yerçekimi ivmesidir. β silindirin tabanından itibaren partikülün oluşturduğu yay açısıdır. E , tambur yüzeylerindeki tabakanın minimum yüksekliğidir. $n = \frac{h_0}{e}$ olup h_0 ise tambur yüzeylerindeki tabakanın maksimum kalınlığıdır.

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

Bu çalışma kapsamında silindirik eleğe sahip iç yer fıstığı sınıflama makinesinin DEM simülasyonu yapılarak zamana bağlı sürtünme kuvveti verisi hesaplanmış; bu verinin modellenmesi ve kestirimi için NAR yöntemi kullanılmıştır.

DEM

DEM, katı parçacıklar ve çevreleri arasındaki etkileşimi hesaplamak için kullanılmaktadır. DEM, her bir partikül-partikül, partikül-duvar ve partikül-akışkan arasındaki konum, hız gibi dinamiklerini, bunların her türlü etkileşimlerini (kuvvet, moment, ısı-nem transferi, vb.) hesaplamak için kullanılan bir yöntemdir. Yöntem tarım, inşaat, maden, gıda vb. birçok sektörde (Kacar ve Korkmaz, 2021), tanecikli ürünlerin taşınması analizlerinde (Li ve ark., 2024; Tian ve ark., 2024; Wang ve Tian ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024), tarımsal gübre serpmeye, hasat vb. makinelerindeki işletme parametrelerinin analizinde ve son yıllarda ziraat alanında yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Okudan, 2020).

DEM esaslı hesaplama, d'Alembert ilkesine, açısal momentuma ve Newton'un ikinci hareket yasasına dayanmaktadır. Parçacıkların yörüngesini hesaplamak için kullanılan denge denklemleri, yöntemin temelini oluşturmaktadır. Her ikisi de adi diferansiyel denklemlerdir (Eşitlik 2).

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = \sum_j (F_{n,ij} + F_{t,ij}) + m_i g + F_{f \rightarrow p} \quad \text{Eşitlik (2-a)}$$

$$I_i \frac{d\omega_i}{dt} = \sum_j (M_{t,ij} + M_{r,ij}) + M_{f \rightarrow p} \quad \text{Eşitlik (2-b)}$$

Burada; i, j parçacık numarası, g yerçekimi ivmesi, m kütle, I parçacığın kütle eylemsizlik momentidir. n ve t sırasıyla normal ve teğetsel doğrultulardır. v ve ω ise sırasıyla parçacığın doğrusal ve açısal hız vektörleridir. F kuvvet iken, $M_{t,ij}$ parçacığın dönmesine neden olan tüm teğetsel kuvvetler (teğetsel kuvvet bileşeninin yanı sıra yerçekimi veya sürüklenme gibi etkiler) tarafından üretilen net teğetsel torktur. $M_{r,ij}$ terimi j parçacığı veya duvar tarafından i parçacığına etki eden yuvarlanma direnci torkudur. $M_{r,ij}$ momentinin doğrultusu açısal hız

doğrultusu ile aynı ancak yönü terstir. Normal kuvvet, parçacık dönüşüne katkıda bulunmamaktadır.

Parçacık-akışkan etkileşimi durumunda kuvvet ve momentler $F_{f \rightarrow p}$ ve $M_{f \rightarrow p}$ olup HAD-DEM birleşik simülasyonlarında ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada sadece DEM simülasyonu yapıldığından dolayı $F_{f \rightarrow p}$ ve $M_{f \rightarrow p}$ ifadeleri sıfırdır.

Herhangi bir çarpışma esnasında temas meydana gelmektedir. Temas modelleri ise parçacık-parçacık ve parçacık-duvar çarpışma esnasında, oluşan temas kuvvetini hesaplayabilmek için kullanılmaktadır. Temasın modellenmesinde *yumuşak* veya *sert* küre teknikleri kullanılmaktadır. Ayrıca Van der Waals kuvveti, sıvı köprü kuvveti ve elektrostatik kuvvet gibi temas dışı kuvvetler de fiziksel-kimyasal etkileşim sağlamak üzere hesaplama dâhil edilebilmektedir (Korkmaz, 2022). Sert küre yönteminde, parçacıklar rijit kabul edilmekte ve temasta herhangi bir deformasyon olmamaktadır. Bu yöntemde parçacıklar rijittir ve temas ettiğinde deforme olmazlar. Bu nedenle ikili temas hâlinde, hareket ve enerji kaybını hesaplayabilmek için sıçrama katsayıları ve şok yasaları kullanılmakta ve bir çarpışma esnasında oluşabilecek çoklu temas hesaba katılmamaktadır. Yumuşak küre yönteminde ise temas sırasında parçacıklarda oluşacak deformasyon, "üst-üste binme" olarak adlandırılan bir teknikle modellenmektedir (Yeom ve ark., 2019).

DEM esaslı simülasyon ve veri toplama

Yazılım, kullanıcı dostu bir ara yüz ve birçok gelişmiş özellik sunmaktadır. Bu özellikler arasında parçacık şekil kütüphaneleri, temas algılama algoritmaları ve paralel hesaplama yetenekleri bulunmaktadır. Sistem geliştirme, üretim süreçlerinin izlenmesi ve kontrolü, üretim sorunlarının belirlenmesi ve giderilmesi, üretimde optimum parametrelerin belirlenip geliştirilmesi gibi tüm gerçek işletme şartları altında analizlerin bilgisayar ortamında yapılabilmesi, bu ve benzeri yazılımlar ile

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

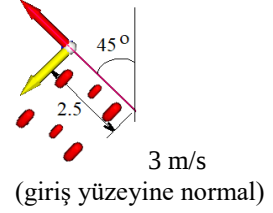
mümkün hâle gelmiştir (Ansys Rocky DEM©, 2021). Her bir partikülün tek tek izlenmesi, çevre ile her türlü etkileşimlerinin hesaplanmasında Lagranj takip şeması kullanılmaktadır. Ancak partikül sayılarının 10^4 - 10^8 gibi yüksek olduğu durumlarda hesaplama süresi artmaktadır (Yu ve ark., 2024b). Geleneksel DEM yönteminde hesaplama süresinin azaltılması amacıyla YZ teknikleri uygulanmaktadır (Zhang ve Ge, 2024).

Her bir parçacık için tek bir zaman adımında ayrı ayrı hesaplama yapılmaktadır. Hesaplamalar ardışık zaman adımları için tekrar edilmektedir. Parçacık hareketinin her yeni konumu, tek zaman adımına uygulanmaktadır. Parçacıkların bu hareketlerinin tek tek belirlenmesi ilk kez Cundall ve Strack (1979) tarafından gerçekleştirilmiştir. Mevcut çalışmada DEM simülasyonunda kullanılan parametreler Çizelge 3'te verilmiştir. Hesaplama 60 adımda gerçekleştirilmiş olup, her bir adım 1 saniyelik zaman dilimine sahiptir. Ayrıca her bir zaman dilimi de 0.1 saniyelik alt adımlara bölünmüştür. Dinamik analizlerde "zaman adımı" ve "alt adımlar"ın kullanımı, analizdeki fiziksel olayların doğru şekilde yakalanabilmesi ve sayısal stabilitenin sağlanması için temel bir gerekliliktir. Bu ayırıklaştırma işlemi, diferansiyel denklemleri sayısal olarak çözmek için kullanılan yöntemlerde (örneğin, sonlu elemanlar yöntemi) zamansal ayırıklaştırmanın bir parçasıdır.

Çizelge 3. DEM esaslı simülasyonda kullanılan kanunlar ve ilişkili parametreler

Enjeksiyon özellikleri	Değer
Parçacık şekli	216 adet üçgen yüze sahip çok yüzlü,
Parçacık türü, malzeme	Tek bileşenli, iç yer fıstığı taneleri
Parçacık malzeme davranışı	Sert küre
Parçacık eşdeğeri çap dağılımları, dp (mm)	22 (100%)+7.6 (22%)
Parçacık hacmi, (cm ³)	5.56
Partikül kütle akış hızı (kg/saat)	0.169

Parçacıkların enjeksiyon noktasındaki hız vektörü (m/s) ve partikül boyutları



Zaman adımı uzunluğu (s) ve alt adım sayısı (adet)	1 ve 10
Gerçek zaman süresi (s)	60

Simülasyon fiziği	Değer
Normal kuvvet	Doğrusal yay-damper
Teğetsel kuvvet	Coulomb
Yuvarlanma direnci torku	Sabit, $\mathbf{M}_{r,ij} = -\mu_r \mathbf{r} \times \mathbf{F}_{cn,ij} \frac{\omega_p}{ \omega_p }$
Sayısal yumuşama faktörü	1
Yerçekimi ivmesi	9.81 m/s ²

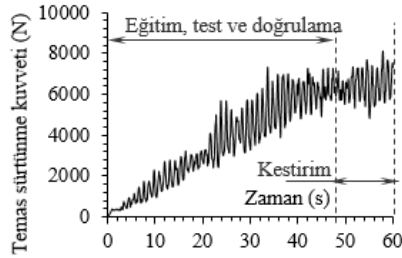
Malzeme özellikleri	Partikül (İç fıstık)	Duvar (çelik)
Young modülü, E (MPa)	10.1	200e3
Poisson oranı, ν	0.2	0.3
Katı yoğunluğu, ρ_s (kg/m ³)	416	7850
Yığın yoğunluğu, ρ_b (kg/m ³)	250	--
Tambur dönüş hızı (d/dak)	--	10

Temas	Partikül-partikül	Partikül-duvar
Sürtünme katsayısı, $\mu(\dot{s}_t)_{static}, \mu(\dot{s}_t)_{dynamic}$	0.408 0.318	0.326 0.326
Yuvarlanma direnci katsayısı, μ_r	0.20	0.20
Sıçrama katsayısı, ϵ	0.224	0.224

Ayrıca sistemdeki hızlı değişimlerin, çözümde gözden kaybolmasını engellemek için yapılmaktadır. Her bir alt adımda hesaplanan ara değerler, zaman içindeki sürekliliği ve doğruluğu korumaya yardımcı olmaktadır. Her adımın 1 saniyelik olması, analizin toplam süresini belirlemektedir ve sistemin ana değişim süreçlerini izlemek için seçilmiş bir zaman dilimidir. Alt adımlar (0.1 saniye) ise her bir ana adımın, 10 alt adıma bölündüğünü göstermektedir. Genel bir kural olarak, ne kadar fazla alt adım varsa, o kadar yüksek hassasiyette çözüm elde edilecektir (Kacar, 2023). Ancak unutulmamalıdır ki, hesaplama sayısı artacağı için çözüm süresi de artacaktır. Sonuç olarak, Şekil 2'de verildiği gibi zamana bağlı sürtünme kuvveti veri kümesi elde edilmiştir. Yatay eksen zaman adımı olup simülasyonda her bir zaman adımının 1 s süreye karşılık geldiği

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

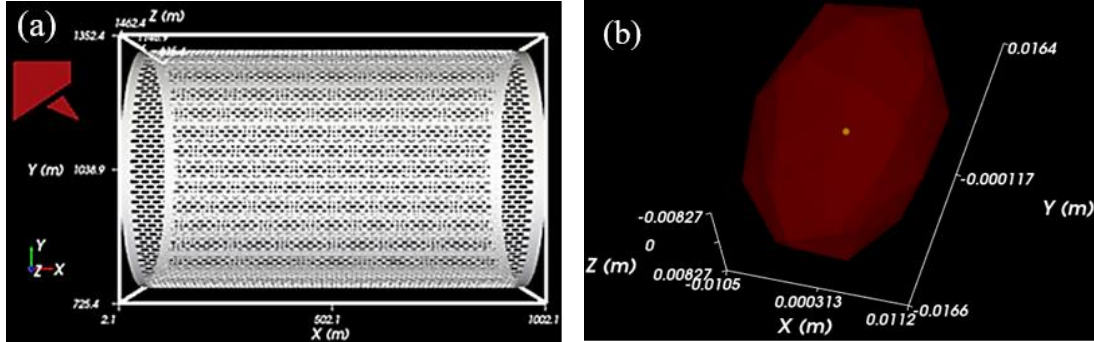
düşünüldüğünde toplam 60 s'lik bir gerçek zaman hesaplaması yapıldığı görülecektir. Her bir zaman adımı da çözünürlüğü daha yüksek sonuç elde etmek için ayrıca 10 alt adıma bölünmüştür. Toplam veri sayısı 600 adettir. Veri, partikül-duvar teması ve sürtünme katsayısından kaynaklanan zamana bağlı sürtünme kuvvetidir. 60 s'lik gerçek zamanın simülasyonu için hesaplama 63 gün 18 saat 27 dakika sürmüştür. Hesaplama 8 GB RAM ve 2.8 GHz dört çekirdekli CPU'ya sahip bir bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Sürtünme kuvvetinin zamanla değişimi verisi ve bölümlene boyutu

Veri incelendiğinde görülecektir ki pek çok tepe ve çukur mevcuttur. Sebebi ise her bir zaman adımında duvara sürtün tanecik sayısının aynı olmamasıdır. Çok tabakalı bir eleme gerçekleşmektedir. Bu hâli ile böylesi bir veri üzerine, bir regresyon fonksiyonunun kullanılması düşünülse bile, bu denli karmaşık bir şekli temsil edebilecek fonksiyon türü üretmek çok zordur. Bu nedenle kullanılacak modelin, genel veri eğrisini yakalayabilmesinin yanı sıra eğrideki tepe ve çukurları da yakalayabilmesi, YZ modelinin ayırt edici özelliklerinden birisi olacaktır.

Şekil 3'te ise simülasyonda kullanılan elek geometrisi ve tanecik boyutunu gösteren ekran görüntüleri verilmiştir.



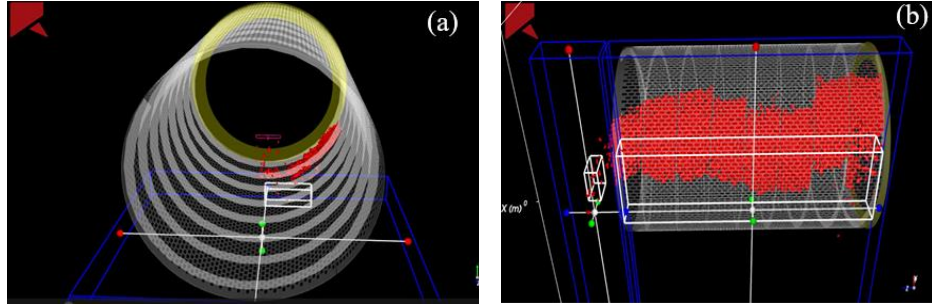
Şekil 3. a) Silindirik eleğin simülasyonda kullanılan geometri, b) iç yer fıstığı tanesinin geometrisi

Tane geometrisi ve bölge geometrisi, simülasyon üzerinde etkiye sahiptir. Elek geometrisi üzerinde çok sayıda delik mevcuttur. Her bir delik, her bir tanecığın geçip-geçmediğini tek tek hesaplamayı gerektirmektedir. Üstelik elek dönmektedir. Gerçekçi bir tane geometrisi için tanenin kenar sayısının fazla olması iyidir ancak bu durumda hesaplama yükü de artırmaktadır. Ayrıca dikkatlice bakılırsa görülecektir ki, deliklerin boyutları ve dizilimleri birbirinden farklıdır. Bir tarafa doğru, dizilim değişmektedir. Bu tasarım

eleme verimini artırmak amacıyla kasıtlı olarak yapılmıştır.

Şekil 4'te ise simülasyon esnasında elde edilen iç yer fıstığı dağılımları gösterilmektedir. Ayrıca elenen fıstıkların bölgeye akıtılma şekli, girişin dikdörtgensel açıklığı ve elek altındaki iki adet biriktirme kutusu, elek içerisindeki helisel sarmallar da görülmektedir. Çok tabakalı bir dağılım gerçekleşmiştir.

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

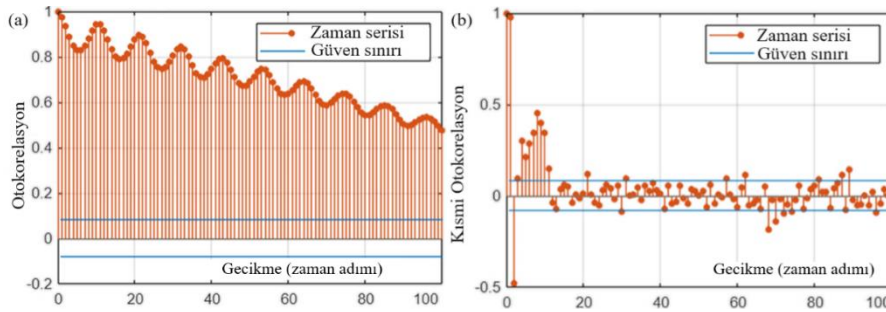


Şekil 4. a) $t=10$ s b) $t=60$ s anında tambur içerisindeki fıstık dağılımı

Veri ön analizi

Modellemeyi önce mevcut verilerin nasıl bir davranışta olduğunu anlamak çok önemlidir. Bu anlayış, veriye uygun bir model bulmak için yol göstericidir. Zaman gecikmelerinin tayini ve hipotez testleri, zaman serilerinde sıklıkla kullanılan ön analiz türlerinden biridir. Zaman gecikmeleri NAR ağ şemasında  şeklinde gösterilmiştir ve "1 seride, 10 gecikme" anlamına gelmektedir. Bu gecikmeler, veriler arasında, geriye doğru, bağımlılık ilişkisini vermektedir. İşte bu nedendir ki, "doğrusal olmayan oto-gerilemeli - autoregressive" ifadesindeki "gerileme" kelimesi, "gecikme" anlamına gelmektedir. Bu, verinin seride kendisinden önce

bulunan kaç adet veri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu ilişki, serinin zaman eğrisine bakıldığında gözle tespit edilememektedir. Serinin gecikmesinin doğru tespiti, eğitilen ağın başarısını artırmak için önemlidir (Korkmaz ve Kacar, 2024a). Zaman gecikmesinin tayininde "oto-korelasyon (OKF)" veya "çapraz korelasyon (ÇK)" grafikleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, hem NAR ağı hem de oto-korelasyon grafikleri Matlab® ticari programı sayesinde üretilmiştir (Şekil 5) (The MathWorks Inc., 2022). OKF yanı sıra kısmi oto-korelasyon (KOKF) eğrisi de görülmektedir. Her ikisi bir arada değerlendirilmelidir. OKF ve KOKF değerleri birimsizdir. Gecikme ise "zaman adımı" birimindedir.



Şekil 5. Veriye ait a) oto-korelasyon (OKF), b) kısmi oto-korelasyon (KOKF)

0 gecikmede, hem OKF hem de KOKF 1 değerinde olmalıdır. Bu durumda iki adet birebir seri, birbirleri ile kıyaslanmaktadır ki 1 değeri elde edilmelidir. Sırası ile 1, 2, 3 gibi her bir kaydırma sonrasında yapılan kıyaslamada, 1 olmasa da belli bir seviyede etkili OKF pikleri görülmektedir. Ancak KOKF pikleri incelendiğinde 10 adet gecikmeye kadar etkili bir korelasyon gözlemlenmişken sonrasında beyaz

gürültü (güven sınırı altında ve sıfıra yakın pikler) oluştuğu görülmektedir. Bu tespitler ışığında; ① değerler arasında rasgele bir dağılım olmadığı, yani, ② bu serinin 10 adet gecikmeye sahip olduğu anlaşılmaktadır (Alsharif ve ark., 2019; Chu ve ark., 2024; Hagan ve Behr, 1987; Sainbhi ve ark., 2024).

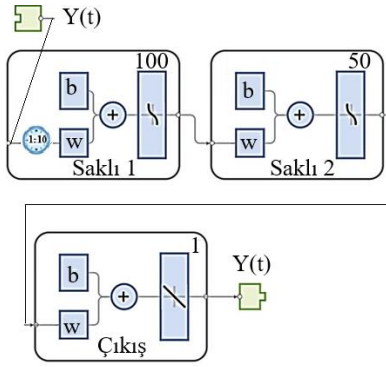
Korkmaz ve Kacar (2024), OKF'nin sıfıra doğru azalması ile birlikte KOKF'de belirli bir

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

gecikmeden sonra aniden kesilme oluşmasının, AR türünde seriye işaret ettiğini ve gecikme sayısının da KOKF'deki birden kesilmenin olduğu değere karşılık geleceğini belirtmişlerdir (Korkmaz ve Kacar, 2024a).

NAR ile modelleme

Bu çalışmada kullanılan NAR topolojisi, geçmiş (önceki) 10 değeri kullanarak, gelecekteki değerleri kestirmek amacıyla geliştirilmiştir. Şekil 6' da gösterilen şema, dışsal girdisi olmayan, ileri beslemeli ve çok katmanlı bir doğrusal olmayan oto-gerilemeli ağı göstermektedir.



Şekil 6. NAR ağ topolojisi

$Y(t)$ hem giriş hem de çıkışta görülmektedir. Bu da çıkışın, girişi beslediği anlamına gelmektedir.

Şemada 1:10 şeklinde gösterilen kısım 1 seride, 10 gecikme anlamına gelmektedir. Giriş katmanı, 10 adet geçmiş gecikmelerin geri beslenmesiyle oluşturulmuştur. 2 adet saklı katman mevcut olup her birinde sırası ile 100 ve 50 adet nöron bulunmaktadır. Her nöron arasındaki ağırlık w ve bias ise b ile gösterilmiştir. w ağırlıkları, bir önceki katmandan gelen çıktı değeriyle çarpılmaktadır. Bu çarpıma, modelin kestirim performansını artırmak amacıyla gerekiyorsa sabit bir b değeri eklenmekte ve nöronlardan bir çıktı elde edilmektedir. Elde edilen bu çıktının, belirlenen bir eşik değeri (0, 1) aralığında olup-olmadığını görmek için bir aktivasyon (transfer) fonksiyonuna sokularak net çıktı elde edilmektedir. Çıktı, eşik değerinin altında kalırsa, bu bilgi dikkate alınmamakta; böylece ağ daha verimli bir şekilde yapılandırılmış

olmaktadır. S ve σ sembolleri sırası ile sigmoid ve doğrusal aktivasyon fonksiyonlarını göstermektedir. Görüleceği üzere saklı katmanlarda sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmışken çıkışta doğrusal aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Doğrusal fonksiyon, değerinde herhangi bir değişiklik yapmadan çıkışa göndermektedir. Her ne kadar türevinin sıfıra yakın olması nedeni ile gradyen kaybolması veya patlaması problemine yol açsa da deneme-yanılma yoluyla saklı katmanlarda sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.

NAR ağlarında öğrenme, w ağırlıklarının ve b değerlerinin iteratif olarak güncellenmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Eğitim sürecinde, her iterasyondan sonra, ağın genel performansını değerlendirmek amacıyla test ve/veya doğrulama işlemleri yapılmaktadır. Eğitim işlemi çeşitli optimizasyon algoritmaları ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada Levenberg-Marquardt algoritması tercih edilmiştir (Khan ve Gupta, 2020). Bu makale kapsamında yer yer "ağ" ve yer yer de "model" kelimesi kullanılmış olup her ikisi de aynı anlamdadır. Zira bir ağın arkasında fonksiyon(lar) bulunmaktadır. Bu da ağın, matematiksel bir fonksiyon olduğunu göstermektedir. Bir MLP (çok katmanlı algılayıcı) ağ oluşturmak için öncelikle ağın hiper-parametreleri uygun şekilde seçilmelidir (Olmedo ve ark., 2018; Pinkus, 1999). NAR bir tür MLP ağıdır. MLP türü bir ağın hiper-parametreleri aşağıdaki gibidir (Korkmaz ve Kacar, 2024b):

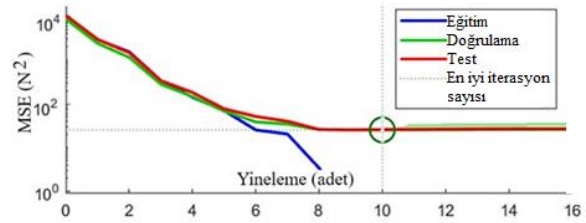
- ✚ Eğitim, test ve doğrulama bölümleri için veri yığını boyutu
- ✚ Aktivasyon fonksiyonu
- ✚ Eğitim algoritması
- ✚ Öğrenme eşiği, öğrenme oranı, momentum, iterasyon sayısı gibi eğitim parametreleri
- ✚ Ağdaki saklı katman sayısı
- ✚ Saklı katmanlardaki nöron sayısı

Bazılarının seçimi için özel yöntemler olsa da, çoğu deneme-yanılma yoluyla belirlenmektedir. Ağdaki saklı katman sayısı, saklı katmanlardaki nöron sayısı ve eğitimdeki iterasyon sayısının optimum değerlerinin tespiti için bazı yöntemler

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

mevcuttur. Saklı katman sayısı, problemin karmaşıklığına bağlı olarak belirlenebilmektedir. Daha fazla sayıda saklı katman kullanılması hâlinde ağın, daha karmaşık özellikleri temsil etme yeteneği yükselmektedir. Fakat ezberleme riskini de beraberinde getirmektedir. Sıfır saklı katman doğrusal ayrılabilir fonksiyonlarda veya kararlarda iyidir. Sonlu bir uzaydan diğerine sürekli bir eşlemeyi kapsayan fonksiyonlara yaklaşma yeteneği sadece bir saklı katman ile elde edilebilmektedir. Bununla birlikte, iki saklı katmanın kullanılması, keyfi bir karar sınırının benzersiz bir doğrulukla temsil edilmesini sağlayabilmektedir. 3 ve daha fazlası, herhangi bir düzgün eşlemeye keyfi bir hassasiyet seviyesinde yaklaşma kabiliyetine sahiptir. Bu açıklamalardan 0, 1, 2 katmanın genellikle yeterli olacağı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada sürtünme kuvvetinin zamana bağlı değişimi, bir fonksiyon veya bir sınır olabileceği için 1, 2 saklı katman denenmiştir. Katmanlarda gereğinden daha az nöron bulunması, yetersiz temsiliyete yol açabilirken gereğinden fazla nöron ise ezberleme hatasına yol açabilecektir. Katmanlardaki optimum nöron sayılarının tespitine yönelik çeşitli formüller mevcuttur. Bunlardan biri $N_h = \frac{N_s}{(\alpha * (N_i + N_o))}$ olup N_i girişteki, N_o çıkıştaki nöron sayılarıdır, N_s ise eğitim veri setindeki veri sayısıdır. α genellikle 2-10 arasında değişen keyfi bir ölçekleme faktörüdür. Saklı katmandaki nöron sayısı N_h 'dir. Bu çalışmada, toplam veri sayısı 600'dür. Bunun %80'lik kısmı eğitimde kullanılmıştır. Yani $N_s = 540$, $N_i = 11$, $N_o = 1$ olmaktadır. $\alpha = 2$ alınmıştır. Bu durumda saklı katmandaki nöron boyutu $N_h \leq 22.5$ olmalıdır. Bununla birlikte, ezberlemeye yol açmadığından emin olunduğu sürece daha fazla nöron kullanılabilir. Ezberleme olup-olmadığını tespit etme yöntemlerinden biri şudur: Eğitim esnasında performans (hata yakınsama) eğrileri takip edilerek, hatanın sıfıra yakınsaması beklenmektedir. Yakınsama eğrisi sıfıra yaklaşıyorken, stabilitesinin bozulup hatanın tekrar artışa geçmesi durumu ezberleme oluşmaya başladığına işaret etmektedir. Bu durumda artık eğitime devam edilmemeli veya ardı arkasına belli sayıda iterasyon sonunda hata azalmıyor-artmıyor aynı kalıyorsa da artık

hesaplamaya devam edilmemelidir. Şekil 7'de iterasyon sayısına bağlı olarak hatadaki değişim, hata yakınsama gösterilmiştir. Görüleceği üzere tüm eğriler sıfıra yaklaşmaktadır. Yakınsamanın gidişatına bakıldığında 10 iterasyona kadar bütün eğriler (eğitim, doğrulama, test) giderek sıfır hataya yakınsamıştır. Ancak 10 iterasyondan sonra durum değişmektedir. Zira her ne kadar eğitim hatası azalmaya devam etse de, test esnasında müteakip 6 iterasyonda da sabit bir durum mevcuttur. Doğrulama esnasında ise hata artmaya başlamıştır. Bu nedenle optimum iterasyon sayısı 10 olarak tespit edilmiştir. 10 iterasyondan fazlası hâlinde stabilite bozulacak ve aşırı uyum (ezberleme hatası) oluşabilecektir.



Şekil 7. MSE (mean squared error) hata yakınsama grafiği ve en uygun yineleme sayısı

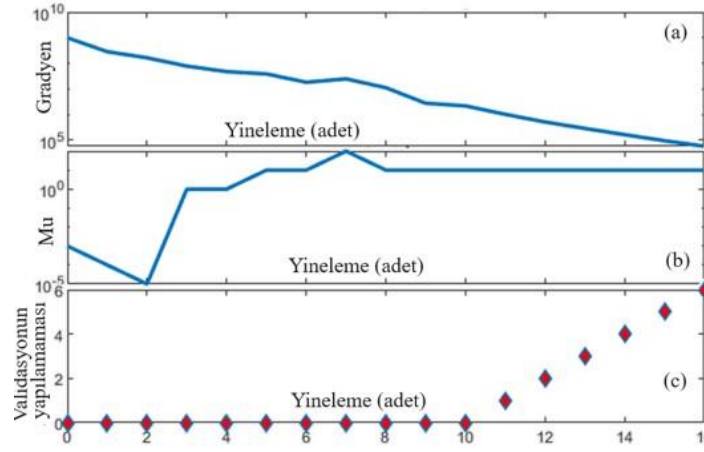
Levenberg-Marquardt algoritması bir gradyen azalması esaslı algoritma olduğu için Şekil 8'deki gradyendeki azalma ve mü değerindeki artma beklenen bir durumdur. Doğrulama esnasında 10uncu iterasyondan sonra hatanın arttığı (Şekil 7'deki yeşil eğri) ve doğrulamanın yapılamadığı Şekil 8-(c)'den de daha net bir biçimde görülebilecektir.

Gradyen kelimesi "değişim" anlamına gelmektedir. Eğitim algoritması aslında bir optimizasyon işlemidir. Optimizasyon ise minimum veya maksimum gibi bir hedefi bulmayı amaçlamaktadır. Bir minimuma veya maksimuma doğru ilerlerken eğitimdeki değişimin azalması ve tam minimum, maksimum nokta üzerinde sıfır olması gerekmektedir. Bu bakış açısı ile Şekil 8-a'da verilen gradyen eğrisindeki azalma, modelin eğitimi esnasında kullanılan algoritmanın, optimum değere yakınsadığının işaretlerinden biridir. Bir diğer işaret ise mü değeri olup, bunun yüksek değerleri optimuma

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

yaklaşıldığının işaretidir. Şekil 8-b'de mü eğrisi gittikçe artmıştır. Bu da modelin eğitiminin iyi olduğunun bir diğer göstergesidir. Son gösterge ise Şekil 8-c' de verilen doğrulama durumudur. Her yineleme sonunda, oluşan modelin doğruluğu, kontrol edilmektedir. Doğrulamanın yapılması beklenmektedir. Görüleceği üzere 10 yinelemeye kadar doğrulamalar hatasız bir biçimde yapılabilmektedir. Ancak 10 yinelemeden

sonraki ardışık 6 yineleme doğrulanamamıştır. Yani hata artmaktadır. Bu da "eğitimin 10 yineleme ile en iyi şartlarda olacağı, daha fazla eğitmeye devam edilmesinin overfitting (aşırı öğrenme) hatasına götürdüğü" anlamına gelmektedir. Doğrulamanın 6 defa art arda yapılamaması hâlinde, ağ, 6 önceki hâline geri getirilmekte ve bu suretle en iyi modelin elde edildiğinden emin olunmaktadır.



Şekil 8. Ağın eğitimi esnasında gözlemlenen a) gradyen, b) mü ve c) doğrulama durumu

Bu açıklamalar ve tespitler ışığında diğer ağ hiper-parametreleri ise deneme-yanılma yoluyla tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Hata metriklerinden MSE değeri $\frac{1}{N} \sum_{t=1}^{NN} (p(t) - o(t))^2$ eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada $p(t)$ değeri t zaman adımında kestirilen değerdir. $o(t)$ ise t zaman adımında deneysel ölçülen veri ve NN ise toplam veri sayısıdır. MSE 'nin birimi, verinin biriminin karesidir. Burada sürtünme kuvveti verisi N (Newton) biriminde olduğundan dolayı MSE değeri de N^2 biriminde olacaktır. RMSE (root mean squared error) ise MSE 'nin karekökü olup, birimi veri birimi ile aynıdır. Bir modelin başarısını, diğer modeller ile değerlendirebilmek amacıyla literatürde hata kriterlerinin birbirleri ile kıyaslandığı görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen modelin metrikleri, literatürdeki modellerin metrikleri ile kıyaslanmıştır. MAE (mean average error) mutlak hata ortalamasıdır. Birimi veri birimi ile aynıdır. MAPE (mean absolute percentage error) ise MAE'nin yüzdesidir. MSE (birim²), RMSE

(birim), MAE (birim) ve MAPE (%) değerleri model başarısını ölçmede kullanılan hata metrikleridir. Bu değerler ne kadar sıfıra yakınsa model o kadar az hatalıdır. R (korelasyon) değerleri de ne kadar 1'e veya -1'e yakın ise model o kadar tutarlıdır (Kacar, 2023). Akaike bilgi kriteri (AIC, Akaike Information Criteria) bir başka metriktir, $\log_{10}(f/Hz)$ birimindedir. Daha düşük AIC puanına sahip model, neredeyse aynı hassasiyet seviyesinde kestirim yapmak için daha az bilgi gerektirmektedir. Basitlik ve uyum iyiliği açısından en iyi model, AIC'i en az olan modeldir. Aşırı uyum, AIC formülünün ilk terimini daha negatif, ikincisini daha pozitif yapmakta ve bu iki etki arasında bir uzlaşmaya yol açmaktadır. Sıfır en iyi modeli göstermektedir. Veri, $o(t)^{normalize} = \frac{o(t) - \overline{o(t)}}{\sigma}$ formülü kullanılarak normalize edilmiştir. Burada $o(t)$ veri, $\overline{o(t)}$ değeri ortalama veri ve σ ise standart sapma olup $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{NN} [(p(t) - \overline{o(t)})]^2}{NN}}$ ile hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısı, $R =$

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

$$\frac{NN \sum_{t=1}^{NN} p(t)o(t) - (\sum_{t=1}^{NN} p(t))(\sum_{t=1}^{NN} o(t))}{\left(\sqrt{NN \sum_{t=1}^{NN} p(t)^2 - (\sum_{t=1}^{NN} p(t))^2} \sqrt{NN \sum_{t=1}^{NN} o(t)^2 - (\sum_{t=1}^{NN} o(t))^2} \right)^2}$$
 olup determinant katsayısı ise R^2 'dir.

Çizelge 4. Oluşturulan NAR ağının hiper-parametreleri

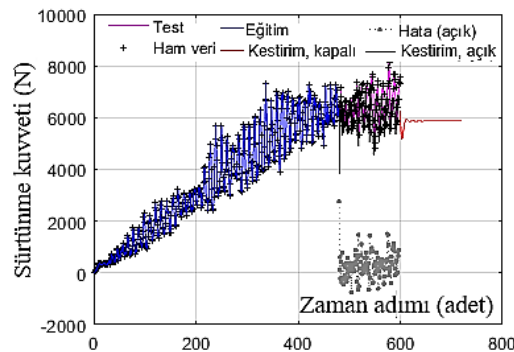
Parametre	Değer
İterasyon sınırı	Eğitim esnasında =1000
Saklı katman sayısı	2
Saklı katmandaki nöronlar	1. saklı katmanda: 100 2. saklı katmanda: 50
Aktivasyon fonksiyonu	1. ve 2. saklı katmanda: sigmoid (hiperbolik tanjant türündeki) Çıkışta: doğrusal
Eğitim yöntemi	Levenberg-Marquardt
Gecikme (adet)	10
Giriş düğümleri	10 ($Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-10}$)
Çıkış düğümleri	1 (Y_t)
Çıkış eşiği	0.99
Öğrenme hızı, η	0.1
Momentum, α	0.1
Öğrenme eşiği	0.0001
Veri kümesinin bölümlenmesi	Modelleme (eğitim %75+test %15+doğrulama %15) % 80 (48 s), kestirim % 20 (12 s)
Eğitimi durdurma kriterleri	Hata = 0, Minimum gradyan = $1e-7$, Ardışık doğrulama hata sayısı=6

mevcutken yapılmaktadır. Örneğin, '1' ile 't-1' zaman adımları için bir zaman serisi verisinin gerçek değerleri mevcutken 't+1' anındaki değeri kestirmek işlemidir. Böyle bir durumda, 't' zaman adımıdaki gerçek değer kaydedilmeli ve bu, 't+1' zaman adımı için kestirim yapmak üzere bir girdi olarak kullanılmalıdır. Kapalı döngü kestirim, önceki kestirimleri girdi olarak kullanarak bir dizideki sonraki zaman adımlarını kestirmektedir. Bu durumda, model kestirim yapmak için gerçek değerlere ihtiyaç duymamaktadır. Örneğin, yalnızca '1' ile 't-1' arasındaki zaman adımlarında toplanan verileri kullanarak dizinin 't' ile 't+k' arasındaki zaman adımlarının değerinin kestirilmesi durumunda; Zaman adımı t'nin kestirilmesi için, zaman adımı t-1 için kestirilen değer, girdi olarak kullanılmaktadır. Kapalı döngü kestirimi, birden fazla sonraki zaman adımı kestirmek gerektiğinde veya bir sonraki kestirimi yapmadan önce ağa sağlanacak gerçek değerler yokken kullanılmaktadır. NAR ağı eğitilirken tüm veri setinin ilk %80'lik kısmı eğitimde kullanılmış ve böylece son %20'lik kısma dair herhangi bir deneyimi olması engellenmiştir. Böylece kapalı çevrim kestirim yapıldığından emin olunmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Kestirim eğrisi

Elde edilen model kestirim eğrisi Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. NAR ağının zaman serisi kestirimi

Ağ, eğitim, test ve doğrulama sırasında kestirim verilerini görmemiştir. Grafikte "açık" ve "kapalı" olmak üzere iki ayrı kestirim eğrisi mevcuttur. Açık döngü kestirim, test verisi

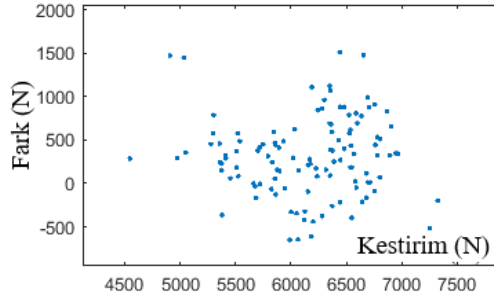
Doğrulama

Modeli doğrulamak için zaman serisi yanıt eğrisi, hata histogramı, varyans analizi, regresyon analizi, MSE yakınsama eğrisi ve korelasyon katsayısı (R) kullanılmıştır.

Varyans analizi, model doğrulamada yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Modellemenin temel ilkelerinden biri, varyansların tüm seviyelerde sabit kalmasıdır. İyi bir model, sabit varyans değerinden anlaşılabilir. "Model kestirimleri" ile "fark (hata)" noktalarının çizilmesi, bir modelin sabit varyansa sahip olup-olmadığını belirlemek için kullanılan en popüler yöntemdir. Tüm noktaların, rasgele dağılması, birbirine paralel iki çizgi arasında kalıyor olması sabit varyansı göstermektedir. Aksi takdirde, farkların dağılımı düzenli olarak artar veya azalırsa varyans değişkendir (Korkmaz ve Kacar, 2024a; Khan ve Gupta, 2020). Şekil 10'da bu noktalar verilmiş olup model kestirimi arttıkça varyans dağılımının rastgele ve tekdüze bir duruma yaklaştığı

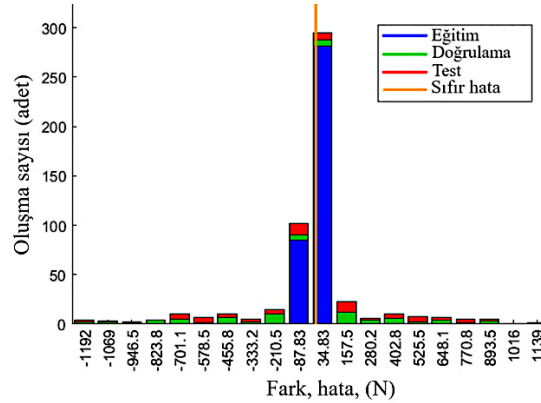
İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

gözlemlenebilir. Sonuç olarak, varyans sabit görünmektedir.



Şekil 10. Varyans analizi için nokta dağılımı

Şekil 11'de ise 20 çubuklu bir hata histogramı verilmiştir. Bu şekil, hem eğitim, hem doğrulama ve hem de test adımlarındaki hataların histogramını göstermektedir. Histogramlarda, adına "normal dağılım" veya "Gauss dağılımı" denen, çan eğrisi biçiminde bir şeklin oluşması istenen bir durumdur. Bu eğrinin sivri veya yassı olmaması da istenir. Ayrıca mümkün olduğunca simetrik olması da istenen bir başka durumdur. Simetrik bir dağılım, modelin sistematik bir yanlılığa (bias) sahip olmadığını göstermektedir. Model, tahmin ederken gerçek değerlerin hem altında hem de üstünde benzer miktarda hata yapıyor demektir. Yatay eksen hata değeridir. Turuncu çizgi "sıfır hata" değerini göstermektedir. Dikey eksen ise "oluşma sıklığıdır". Histograma bakıldığında en büyük çizgilerin "sıfır hata" etrafında toplandığı görülmüştür. Bu da sıklıkla, küçük hataların oluştuğunu göstermektedir. Yani modelin başarılı olduğu anlaşılmaktadır.



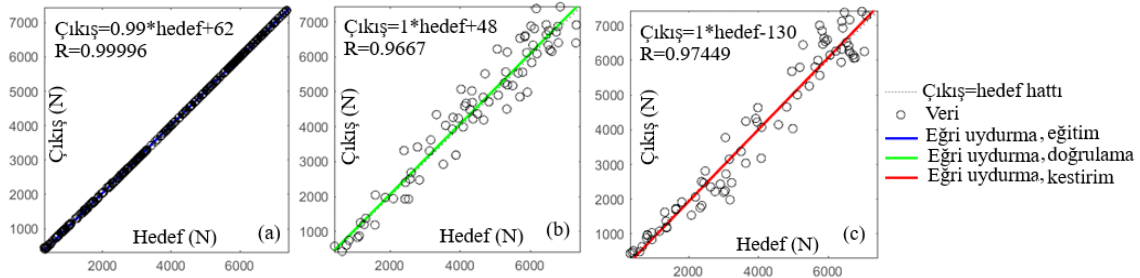
Şekil 11. Hata histogramı

Şekil 12'de ise regresyon analizinin sonuçları gösterilmektedir. Regresyon analizi de model performansının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir başka tekniktir. Bu analiz sayesinde "modelin kestirimi" ile "veri kümesindeki değerler" arasındaki korelasyon tespit edilmektedir. Korelasyon katsayısı R ile gösterilirken R^2 ifadesine determinant katsayısı denmektedir. Her ikisi de birimsizdir. R 'nin 0.01-0.29 arasında değişen değerleri, düşük seviyede bir ilişkiyi, 0.30-0.70 arasında aldığı değerler orta seviyede bir ilişkiyi, son olarak 0.71-0.99 arasında aldığı değerler ise veriler arasında yüksek seviyede bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır (Akoglu, 2018; Schober ve ark., 2018). Sıfır değeri, ilişki olmadığını gösterirken, negatif değerler, ters bir ilişki anlamına gelmektedir. Mutlak değerce R 'nin artması, ilişkinin daha belirgin hâle geldiğini göstermektedir. Beklendiği gibi ağ, eğitim verisi üzerinde en yüksek korelasyona sahiptir ($R=0.99996$) (Şekil 12-a). Bu durum ağın eğitiminin başarısını ortaya koymaktadır. Ancak ağ eğitim verisini zaten tanımaktadır. Bu nedenle yüksek başarı göstermesi zaten beklenen bir durumdur. Asıl gösterge, test verisi üzerindeki korelasyondur. Şekil 12-(b) ve (c) incelendiğinde, ağın, hem doğrulama ($R=0.9667$) hem de test ($R=0.9745$) verisi üzerinde yüksek korelasyona sahip olduğu görülecektir. "Hedef" olarak belirtilen eksen, veri setindeki değerler bulunurken, "çıkış" olarak gösterilen eksen ise ağın kestirdiği değer verilmiştir. Umulan ise birbirlerine eşit olmasıdır ki bu hâlde $R=1$ olacak ve tüm noktalar 45° doğrusu (Çıkış=hedef hattı) üzerinde olacaktır. Grafiklerdeki "eğri uydurma"

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

doğruları ise (hedef, çıkış) noktalarının tümünün üzerine birinci dereceden regresyon yapıldığında elde edilen “Çıkış= a *Hedef+ b ” türündeki doğrudur. Burada a , regresyon doğrusunun eğimi

ve b ise doğrunun "çıkış" isimli eksenini kestiği noktadır. Bu doğrunun korelasyonu ise R ile gösterilmektedir.



Şekil 12. Ağın regresyon analizi, a) eğitim, b) doğrulama ve c) test verisi üzerindeki korelasyon

Çizelge 5'te ağın kestirim performans metrikleri verilmiştir. Elde edilen iç yer fıstığı sınıflandırma modelinde korelasyon değeri 0.97 ve hata karesinin ortalamasının karekökü (RMSE) 3.58 N olarak bulunmuştur. Ortalama mutlak hatanın yüzdesi ise %3.31 olarak bulunmuştur. 10 adet iterasyon yapılmış ve hesaplamalar 129.8 saniye sürmüştür. Model sonuçları ile DEM simülasyonlarından elde edilen veri seti arasında oldukça iyi doğrusal bir ilişki elde edilmiştir. Bu metriklerle sahip NAR ağının, böylesine pik-çukur içeren bir eğriyi, üstelik veri setine herhangi bir ön işlem yapmaya gerek kalmadan oldukça yüksek temsil yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 6'da "eğitim ve doğrulama" verisinin ortalama, minimum, maksimum, standart sapma değerleri ile "test" verisinin ortalama, minimum, maksimum, standart sapma değerleri verilmiştir. Bu değerlerin birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu veriye ait fark değerleri ise Şekil 13'te verilmiştir. Şekilde eğriler en büyük,

en küçük ve ortalama değerlere ilişkin bir fikir vermektedir.

Çizelge 5. Ağın performans metrikleri

Ölçüt	Değer
MAE (birim)*	2.57
MAPE (%)	3.31
Ort. Hata (birim)	3.92
MSE (birim ²)	12.85
RMSE (birim)	3.58
Hesaplama süresi (s)	129.8
R_{test}	0.97
İterasyon adeti	10

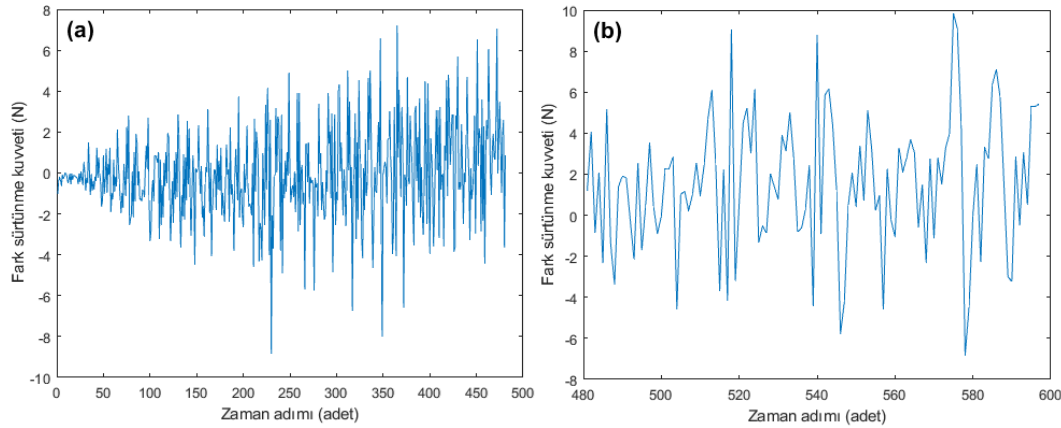
(*) Sürtünme zaman serisinin birimi Newton'dur.

Çizelge 6. Veri seti ve model kestirimleri arasındaki farka ait tanımlayıcı istatistik

Ölçüt (*)	Eğitim ve doğrulama	Test
Minimum	0.19	0.27
Maksimum	7.65	10.57
Ort.	2.86	3.93
σ	0.18	0.85

(*) Sürtünme zaman serisinin birimi Newton'dur.

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi



Şekil 13. a) Eğitim ve doğrulama ve b) test verisi üzerinde, veri seti ile model kestirimleri arasındaki fark

Önceki çalışmalar incelendiğinde, iç yer fıstığı sınıflandırmada işlem parametrelerinin modellenmesinde nadiren ML yöntemleri kullanıldığı görülmüştür. Verilerin modellenmesinde kullanılagelen eğri uydurma, regresyon vb. yöntemlerden önce, yöntemin başarısı için, veriye uygulanan ön işlemler, kabul edilen sınırlar içinde olsa da verilerin doğallığını bir miktar değiştirmektedir. Ayrıca geleneksel regresyonlarla sürtünme eğrisinin şekline sahip bir fonksiyon üretmek zordur. Ancak bu çalışmada NAR ağı kullanılarak, veriye bir ön işlem yapmaya gerek olmadan, veri doğallığı bozulmadan sürtünme kuvveti; 0.97 korelasyonla ve 3.58 N hata (RMSE) ile kestirilmiştir. Kestirimdeki varyansın sabit olduğu görülmüştür. Ağ, eğrideki tepe-dipleri yüksek başarı ile kestirmiştir.

Son araştırmalar, yeni mimariler ve optimizasyon teknikleri aracılığıyla NAR ağlarını geliştirmeye odaklanmıştır. Derin öğrenme tekniklerinin kullanılması, NAR modellerinin girdi verilerinden hiyerarşik temsilleri öğrenmesini sağlayarak değişkenler arasındaki daha karmaşık ilişkileri keşfetmelerine olanak tanımaktadır. Önceki bir çalışmada, AR(4) modeli ile AIC kriteri 1.582 olarak elde edilmiş, ARMA(4, 2) modeli ile bu kriter 0.924, ANFIS modeli ile 1.357 ve MLP modeliyle de 1.407 değerleri aldığı bildirilmiştir (Heydari ve ark., 2009). RMSE hatasının BP algoritmasının kullanılması ile 0.0135°C, SVM (destek vektör makinesi, support vector

machine) yönteminin kullanılması ile 0.0151°C ve LSTM yöntemiyle de 0.0112°C değerler aldığı belirtilmiştir (Heydari ve ark., 2009). Tarımsal kurutma kestiriminde regresyon, NAR ve LSTM modelleri kullanılmış ve 0.015 g gibi çok küçük RMSE değerine yakınsayabildikleri bildirilmiştir (Kacar ve Korkmaz, 2022; Korkmaz, 2023).

Bu yöntemin sınırlaması ise zaman serisi verisine uygulanabiliyor olması, bazen gradyen kaybolması/patlaması oluşturabilmesidir. Bununla birlikte yüksek kestirim başarısı, hata toleranslı olması, eksik bilgi ile çalışabilmesi, veriye ön işlem gerektirmemesi ise temel avantajlarıdır. Literatürdeki bulgularla kıyaslandığında görülmektedir ki NAR ağı modelleme ve kestirim görevleri için güçlü bir araçtır. Bu gelişmiş tekniklerin uygulanması doğrudan tarım endüstrisinde devrim niteliğinde olup dolaylı olarak da, ürün kalitesini artırma ve üretim süreçlerini optimize etme potansiyeline sahiptir. İç yer fıstığı sınıflandırma eleklerindeki sürtünme kuvvetinin zamana bağlı değişiminin başarılı bir biçimde kestirilebilmesi, sektörde performans iyileştirmesine katkı sağlayabilecektir.

Sonuçlar

NAR ağları ve DEM simülasyonlarının entegrasyonu, iç yer fıstığı sınıflandırmasında yenilikçi bir yaklaşım sunmuştur. DEM esaslı simülasyonlar ile veri toplanmış ve müteakiben bu veri NAR ağı ile modellenmiştir. Parçacık-

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayrık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

duvar sürtünmesi dikkate alındığında önerilen teknik, sürtünme kuvvetinin kestiriminde, doğruluğu ve güvenilirliği artırmaktadır. Sistem tarım ve gıda endüstrilerinde kullanıldığından dolayı önemlidir. Bu çalışmadan elde edilen ana sonuçlar, aşağıda maddeler hâlinde verilmiştir.

İç yer fıstığı sınıflandırma simülasyonundan elde edilen sürtünme verilerinin modellenmesi ve kestiriminde NAR yöntemi, genel eğri şeklini ve eğrideki tepe ve dipleri temsil etmede oldukça başarılı olmuştur. NAR ağı, veriye herhangi bir ön işlem yapılması gereksinimini ortadan kaldırmıştır.

Elde edilen iç yer fıstığı sınıflandırma modelinde korelasyon değeri 0.97 ve RMSE değeri 3.58 N olarak bulunmuştur. Ortalama mutlak hatanın yüzdesi (MAPE) değeri ise % 3.30 olarak bulunmuştur. 10 adet iterasyon yapılmış ve hesaplamalar 129.8 saniye sürmüştür. Model çıktıları ile veri seti arasında yüksek doğrusal bir ilişki mevcuttur.

Çok katmanlı algılayıcı ağların bir türü olan NAR ağı Levenberg-Marquardt algoritması ile eğitilmiştir. Saklı katman sayısı 2 olup saklı katmanlardaki nöron sayısı sırası ile 100 ve 50'dir.

Simülasyon 60 saniyelik gerçek zamanı hesaplamak için 63 gün 18 saat 27 dakika sürmüştür. NAR yöntemi 12 saniyelik kestirim işlemi için hem eğitim hem de test toplam hesaplama süresi 129.8 saniyedir. Kıyaslandığında aradaki bariz fark dikkat çekicidir. Tüm hesaplamalar 8 GB RAM ve 2.8 GHz dört çekirdekli CPU'ya sahip aynı bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma sonunda oluşturulan model, müteakip çalışmalarda, diğer ML yöntemleri ile oluşturulabilecek modellerle kıyaslanabilecektir. Ayrıca gelecek çalışmalar, bu teknolojilerin doğruluğunu ve hızını iyileştirmeye, yeni tekniklerle birlikte uygulamalarını keşfetmeye, farklı iç yer fıstığı sınıflandırma çeşitlerini ve işleme koşullarını ele alma potansiyellerine odaklanmalıdır. Zaman serisinin kendi gecikmelerine ilave olarak harici girişlerin de bulunabileceği ve bunlarla ağın beslenerek yeni

modeller denenmesi müteakip çalışma olarak başka bir araştırma potansiyeline sahiptir.

Teşekkür

DEM simülasyonları için Ansys Rocky DEM©'in ve Matlab©'in eğitsel amaçlı kullanım imkânını sağlayan sırasıyla, Numesys© Genel Müdürü Sayın Ekin Ersan'a, Sayın Begüm Çifci'ye ve Çukurova Üniversitesi'ne teşekkür ederiz. Bu çalışmanın inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları değerli katkılardan dolayı editör, hakemler ve emeği geçenlere içten teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abd-Elhamid, H. F., El-Dakak, A. M., Zeleňáková, M., Saleh, O., Mahdy, M. ve Ghany, S. H. A. E. (2024). Rainfall forecasting in arid regions in response to climate change using ARIMA and remote sensing. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 15(1): 2347414.
- Adamczyk, W., Widuch, A., Morkisz, P., Zhou, M., Myöhänen, K., Klimanek, A., et al. (2024). A machine learning-based simplified collision model for granular flows. *Powder Technology*: 120006.
- Akcali, İ. D., Mutlu, H. ve Ercan, U. (2014). Mathematical model of a sorting machine. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 10(3): 229-234.
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish journal of emergency medicine*, 18(3): 91-93.
- Alsharif, M. H., Younes, M. K. ve Kim, J. (2019). Time series ARIMA model for prediction of daily and monthly average global solar radiation: The case study of Seoul, South Korea. *Symmetry*, 11(2): 240.
- Ansys Rocky DEM©. (2021). The most powerful particle simulation software. (Version 2024 R2). Germany: Ansys©.
- Atsyo, S. (2022). Classification of peanut seeds based on different feed rates using a grading machine. (Master Thesis), Cukurova University, Institute of Science and Technology. (706206).

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

- Cai, J. ve Yang, H. (2024). Attention mechanism-aided model ensemble method of chiller energy consumption prediction. *International Journal of Refrigeration*.
- Chu, H., Wang, Z. ve Nie, C. (2024). Monthly streamflow prediction of the source region of the yellow river based on long short-term memory considering different lagged months. *Water*, 16(4): 593.
- Cornejo, A., Franci, A., Zárate, F. ve Oñate, E. (2021). A fully Lagrangian formulation for fluid-structure interaction problems with free-surface flows and fracturing solids. *Computers & Structures*, 250: 106532. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2021.106532>.
- Cristianini, N. ve Shawe-Taylor, J. (2000). An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. Cambridge: Cambridge University Press.
- Daghistani, F. ve Abuel-Naga, H. (2024). Advancements in understanding interface friction: A combined experimental and machine learning approach using multiple linear and random forest regressions. *Geotechnics*, 4(1): 109-126.
- Davydzenka, T. ve Tahmasebi, P. (2022). High-resolution fluid-particle interactions: a machine learning approach. *Journal of Fluid Mechanics*, 938: A20.
- de Sousa Junior, W. T., Montevechi, J. A. B., de Carvalho Miranda, R. ve Campos, A. T. (2019). Discrete simulation-based optimization methods for industrial engineering problems: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 128: 526-540.
- Donea, J., Huerta, A., Ponthot, J.-P. ve Rodríguez-Ferran, A. (2004). Chapter 14: Arbitrary Lagrangian-Eulerian methods *The Encyclopedia of Computational Mechanics* (Vol. 1, pp. 413-437): Wiley.
- Doroszuk, B., Król, R. ve Wajs, J. (2021). Simple design solution for harsh operating conditions: redesign of conveyor transfer station with reverse engineering and DEM simulations. *Energies*, 14(13): 4008.
- Ercan, U. (2012). Modeling of cylindrical helical sieve. (MSc Thesis), Çukurova University, Institute of Science and Technology. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> Available from YÖK National Thesis Centre (318706).
- Eren, Y. ve Küçükdemiral, İ. (2024). A comprehensive review on deep learning approaches for short-term load forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189: 114031.
- Gelnar, D. ve Zegzulka, J. (2019). Discrete element method in the design of transport systems. *Verification and Validations of 3D models. Switzerland*: 5-15.
- Hagan, M. T. ve Behr, S. M. (1987). The time series approach to short term load forecasting. *IEEE transactions on power systems*, 2(3): 785-791.
- He, T. (2024). Stock returns prediction: Comparison between ARIMA and support vector regression *Exploring the Financial Landscape in the Digital Age* (pp. 371-376): CRC Press.
- Heydari, P., Khaloozadeh, H. ve Heydari, A. (2009). Gyroscope random drift modeling, using neural networks, fuzzy neural and traditional time-series methods. *Journal of Aerospace Science and Technology*, 6(1): 35-44.
- Hossein, F., Errigo, M., Cheng, S., Materazzi, M., Lettieri, P., Arcucci, R., et al. (2024). Acoustic emission and machine learning algorithms for particle size analysis in gas-solid fluidized bed reactors. *Particuology*.
- Hyndman, R. J. ve Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and practice. (3rd edition ed.). Melbourne, Australia: OTexts.
- Islam, M. S., Larpruenrudee, P., Rahman, M. M., Li, G., Husain, S., Munir, A., et al. (2024). Pharmaceutical aerosol transport in airways: A combined machine learning (ML) and discrete element model (DEM) approach. *Powder Technology*, 448: 120271.
- Jadidi, B., Ebrahimi, M., Ein-Mozaffari, F. ve Lohi, A. (2024). Analysis of cohesive

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

- particles mixing behavior in a twin-paddle blender: DEM and machine learning applications. *Particuology*, 90: 350-363.
- Jauregui-Correa, J. C. (2023). Forecasting the dynamic response of rotating machinery under sudden load changes. *Machines*, 11(9): 857.
- Jiang, Y., Chen, X., Kolehmainen, J., Kevrekidis, I. G., Ozel, A. ve Sundaresan, S. (2021). Development of data-driven filtered drag model for industrial-scale fluidized beds. *Chemical Engineering Science*, 230: 116235.
- Jiang, Y., Kolehmainen, J., Gu, Y., Kevrekidis, Y. G., Ozel, A. ve Sundaresan, S. (2019). Neural-network-based filtered drag model for gas-particle flows. *Powder Technology*, 346: 403-413.
- Kacar, İ. (2023). Mekanik tasarım ve analizin bilimsel esasları. (1 ed.). Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Kacar, İ. ve Korkmaz, C. (2021). Döner tamburlu kurutucularda gübre kurutma simülasyonu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 17(3): 94-100.
- Kacar, İ. ve Korkmaz, C. (2022). Çok katmanlı algılayıcı ağı, uzun kısa süreli bellek ağı ve regresyon yöntemleri ile tarımsal kurutma tahmini. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(4): 1188-1206.
- Kelley, J. ve Hagan, M. T. (2024). Comparison of neural network NARX and NARMAX models for multi-step prediction using simulated and experimental data. *Expert Systems with Applications*, 237: 121437.
- Khan, F. M. ve Gupta, R. (2020). ARIMA and NAR based prediction model for time series analysis of COVID-19 cases in India. *Journal of Safety Science and Resilience*, 1(1): 12-18.
- Kochkov, D., Smith, J. A., Alieva, A., Wang, Q., Brenner, M. P. ve Hoyer, S. (2021). Machine learning-accelerated computational fluid dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21): e2101784118.
- Korkmaz, C. (2022). Organomineral gübre üretim işlemindeki kurutma tamburuna yönelik işletme parametrelerinin geliştirilmesi üzerine araştırmalar. (Ph.D. Thesis), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> (776730).
- Korkmaz, C. (2023). The place of organic and organomineral fertilizer production in sustainable agriculture. In A. Bayat (Ed.), *Sustainable Agriculture Technologies – II* (1 ed., Vol. 244, pp. 184-206). Golbasi, Adiyaman: İksad. doi: 10.5281/zenodo.10370827.
- Korkmaz, C. ve Kacar, İ. (2024a). Modelleme ve tahmin amaçlı veri ön işleme yöntemlerinin ürün kurutma örneği ile açıklanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 482-500.
- Korkmaz, C. ve Kacar, İ. (2024b). Time-series prediction of organomineral fertilizer moisture using machine learning. *Applied Soft Computing*, 165: 112086.
- Larose, D. T. ve Larose, C. D. (2014). *Discovering knowledge in data: an introduction to data mining*. (Vol. 4): John Wiley & Sons.
- Lawrence, M., Goodwin, P., O'Connor, M. ve Önkol, D. (2006). Judgmental forecasting: A review of progress over the last 25 years. *International Journal of forecasting*, 22(3): 493-518.
- Le, D., Nguyen, L., Phung, T., Howard, D., Kahandawa, G., Murshed, M., et al. (2024). Machine learning accelerated prediction of 3d granular flows in hoppers. Paper presented at the International Conference on Artificial Neural Networks.
- Li, D., Wang, R., Zhu, Y., Chen, J., Zhang, G. ve Wu, C. (2024). Calibration of simulation parameters for fresh tea leaves based on the discrete element method. *Agriculture*, 14(1): 148.
- Li, G., Liiu, M. ve Dong, M. (2010). A new online learning algorithm for structure-adjustable extreme learning machine. *Computers & Mathematics with Applications*, 60(3): 377-389.

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

- Londhe, D. H., Nalawade, S. M., Pawar, G. S., Atkari, V. T. ve Wandkar, S. V. (2013). Grader: A review of different methods of grading for fruits and vegetables. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(3): 217-230.
- Lu, L., Gao, X., Dietiker, J.-F., Shahnam, M. ve Rogers, W. A. (2021). Machine learning accelerated discrete element modeling of granular flows. *Chemical Engineering Science*, 245: 116832.
- Majka, M. (2024). Seasonal time series analysis: Why SARIMA outshines ARIMA. Retrieved 24.12.2024, 2024
- Martignoni, A., Iorio, L. ve Strano, M. (2024). Determination of discrete element method (DEM) simulation parameters for polymeric waste particles. *Granular Matter*, 26(4): 104.
- Nath, B., Chen, G., O'Sullivan, C. M. ve Zare, D. (2024). Research and technologies to reduce grain postharvest losses: A review. *Foods*, 13(12): 1875.
- Okudan, A. (2020). Rocky DEM ayırık elemanlar çözücü ile partikül taşıma analizleri. from <https://learning.numesys.com.tr/me/courses/35831/>.
- Olmedo, M. T. C., Mas, J. F. ve Paegelow, M. (2018). The simulation stage in LUCC modeling. (M. T. C. Olmedo, M. Paegelow, J. F. Mas & F. Escobar Eds.): Springer International Publishing.
- Pinkus, A. (1999). Approximation theory of the MLP model in neural networks. *Acta numerica*, 8: 143-195.
- Rangel, R. L., Gimenez, J. M., Oñate, E. ve Franci, A. (2024). A continuum–discrete multiscale methodology using machine learning for thermal analysis of granular media. *Computers and Geotechnics*, 168: 106118.
- Rindell, J. (2024). Exploring the utilization of neural networks in Forex market forecasting: a comparative analysis of nonlinear autoregressive neural network and autoregressive integrated moving average. (Bachelors Thesis), LUT University, LUT-yliopisto PL 20 53851 Lappeenranta. Retrieved from <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/166809>
- Sainbhi, A. S., Vakitbilir, N., Gomez, A., Stein, K. Y., Froese, L. ve Zeiler, F. A. (2024). Time-Series autocorrelative structure of cerebrovascular reactivity metrics in severe neural injury: An evaluation of the impact of data resolution. *Biomedical Signal Processing and Control*, 95: 106403.
- Sarairoh, M. (2024). Enhancing unsteady heat transfer simulation in porous media through the application of convolutional neural networks. *Engineering Research Express*, 6(1): 015516.
- Schober, P., Boer, C. ve Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & analgesia*, 126(5): 1763-1768.
- The MathWorks Inc. (2022). MATLAB version: 9.13.0 (R2022b). Natick, Massachusetts:: The MathWorks Inc. Retrieved from <https://www.mathworks.com>.
- Thon, C., Böttcher, A.-C., Möhlen, F., Yu, M., Kwade, A. ve Schilde, C. (2022). Multi-modal framework to model wet milling through numerical simulations and artificial intelligence (part 1). *Chemical Engineering Journal*, 449: 137794.
- Tian, Y., Zeng, Z. ve Xing, Y. (2024). A review of discrete element method applications in soil–plant interactions: Challenges and opportunities. *Agriculture*, 14(9): 1486.
- Tiwari, S., Kumaraswamidhas, L. ve Garg, N. (2022). Comparison of SVM and ARIMA model in time-series forecasting of ambient noise levels. Paper presented at the Advances in Energy Technology: Select Proceedings of EMSME 2020.
- Tyralis, H. ve Papacharalampous, G. (2024). A review of predictive uncertainty estimation with machine learning. *Artificial Intelligence Review*, 57(4): 94.
- Ugurluay, S. ve Akcali, I. D. (2021). Development of a vibrationless sorting system. *Spanish journal of agricultural research*, 19(1): 204.
- Urang, J. G., Ebong, E. D., Akpan, A. E. ve Akaerue, E. I. (2020). A new approach for porosity and permeability prediction from well logs using artificial neural network and curve fitting techniques: A case study

İç Yer Fıstığı Sınıflama Makinesinin Ayırık Elemanlar Simülasyonundan Elde Edilen Sürtünme Verisinin Doğrusal Olmayan Oto-Gerilemeli Ağ ile Modellenmesi

- of Niger Delta, Nigeria. *Journal of Applied Geophysics*, 183: 104207.
- Walch, M., Neubauer, M. ve Schildorfer, W. (2023). Floating car data-based short-term travel time forecasting with deep recurrent neural networks incorporating weather data. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 149(6): 04023035.
- Wang, B. (2020). Analysis of drop point track of ping pong ball after hitting based on dynamic analysis. *The International Journal of Multiphysics*, 14(2): 193-202. doi: 10.21152/1750-9548.14.2.193.
- Wang, M., Kumar, K., Feng, Y., Qu, T. ve Wang, M. (2024). Machine learning aided modeling of granular materials: A review. *Archives of Computational Methods in Engineering*: 1-38.
- Wang, X., Tian, H., Xiao, Z., Zhao, K., Li, D. ve Wang, D. (2024). Numerical simulation and experimental study of corn straw grinding process based on computational fluid dynamics-discrete element method. *Agriculture*, 14(2): 325.
- Xie, Y., Franz, E., Chu, M. ve Thuerey, N. (2018). Tempogan: A temporally coherent, volumetric gan for super-resolution fluid flow. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 37(4): 1-15.
- Yeom, S. B., Ha, E.-S., Kim, M.-S., Jeong, S. H., Hwang, S.-J. ve Choi, D. H. (2019). Application of the discrete element method for manufacturing process simulation in the pharmaceutical industry. *Pharmaceutics*, 11(8): 414.
- Yu, J., Wang, S., Luo, K. ve Fan, J. (2024a). CFD-DEM modeling of dense gas-solid reacting flow in the framework of GPU. *Chemical Engineering Journal*, 484: 149480.
- Yu, J., Wang, S., Luo, K. ve Fan, J. (2024b). GPU-accelerated discrete element simulation of granular and gas-solid flows. *Powder Technology*, 437: 119475.
- Zhang, S. ve Ge, W. (2024). Accelerating discrete particle simulation of particle-fluid systems. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 43: 100989.
- Zhang, S., Jia, X., Dong, J., Wang, X., Zhao, H., Chen, X., et al. (2024). Optimization of operating angles of disc coulters for maize residue management using discrete element method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 218: 108691.
- Zhao, Z., Zhou, L., Bai, L., Wang, B. ve Agarwal, R. (2024). Recent advances and perspectives of CFD-DEM simulation in fluidized bed. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 31(2): 871-918.



Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

Hanifi SEĞMEN¹, Erman BEYZİ^{2*}

ÖZ

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) bitkisi Lamiaceae familyasına bağlı tıbbi ve aromatik bitkidir. Çalışmada oğul otu bitkisinde hasat zamanı ve organik gübre uygulamasının etkileri incelenmiştir. Deneme 2021 yılında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme arazisinde kurulmuştur. Denemede ana parsellere hasat zamanı (çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı ve tam çiçeklenme dönemi), alt parsellere ise organik gübre uygulama dozları (kontrol, 0.8, 1.6 ve 2.4 L/da) yerleştirilmiştir. Çalışmada hasat zamanı ilerledikçe tüm biçimlerde bitki boyu, yeşil herba, drog herba, drog yaprak ve uçucu yağ verimleri artış göstermiştir. Ayrıca yeşil herba, drog herba ve yeşil yaprak verimleri üzerinde organik gübre dozlarının birinci biçimde etkisinin olmadığı, ikinci biçimde ise bu özellikler bakımından en yüksek değerlerin 1.6 L/da gübre dozunda olduğu belirlenmiştir. Bileşenler bakımından, 23 adet uçucu yağ bileşeni belirlenmiş ve birinci ile ikinci biçimlerde sırasıyla caryophyllene oxide ve citral ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, Kayseri ilinde oğul otu bitkisinde tam çiçeklenme döneminde iki biçim alınmadığı belirlenmiştir. Bununla beraber yüksek yeşil herba, drog herba, drog yaprak ve uçucu yağ verimleri bakımından bitkinin en erken çiçeklenme başlangıcı döneminde hasat edilmesinin ve yüksek drog herba verimi bakımından ise 1.6 L/da organik gübrelemenin oğul otu tarımı için en uygun uygulamalar olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Melissa officinalis*, hasat zamanı, organik gübreleme, drog herba verimi, uçucu yağ verimi, uçucu yağ bileşenleri

Effects of Harvest Time and Organic Fertilization on Agronomic and Quality Characteristics of Lemon Balm (*Melissa officinalis* L.)

ABSTRACT

Lemon balm (*Melissa officinalis* L.) is a medicinal and aromatic plant belonging to the Lamiaceae family. The effects of harvest time and organic fertilizer applications on lemon balm were investigated in the study. The experiment was established in 2021 in the field of Erciyes University Agricultural Research and Application Center according to the split plots experimental design in randomized blocks with three replications. In the experiment, harvest times (pre-flowering, beginning of flowering and full flowering periods) were placed in the main plots, and organic fertilizer application doses (control, 0.8, 1.6 and 2.4 L/da) were placed in the sub-plots. In the study, it was determined that plant height, fresh herb, dry herb, and essential oil yields increased in all cuttings as the harvest time progressed. In addition, it was determined that organic fertilizer doses had no effect on fresh herb, dry herb, and fresh leaf yields in the first cutting, and the highest values in terms of these properties were determined at the 1.6 L/da fertilizer dose in the second cutting. Regarding components, 23 essential oil components were identified and caryophyllene oxide and citral were identified as the main components in the first and second cuttings, respectively. As a result of the study, it was determined that two cuttings could not be taken in the full flowering period of lemon balm in Kayseri province. Also, it was concluded that harvesting the plant at the earliest flowering stage in terms of high fresh herb, dry herb, dry leaf and essential oil yields, and a dose of 1.6 L/da organic fertilization in terms of high dry herb yield are the most suitable practices for lemon balm cultivation.

Keywords: *Melissa officinalis*, harvest time, organic fertilization, dry herb yield, essential oil yield, essential oil compositions

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-6647-8619, 0000-0002-0248-4227

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 18.09.2024

Kabul Tarihi: 18.04.2025

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kayseri

*E-posta: ebeyzi@erciyes.edu.tr

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

Giriş

Oğul otu (*Melissa officinalis*) Lamiaceae familyasına ait çok yıllık bir tıbbi ve aromatik bitkidir. Ülkemizde genellikle kıyı bölgelerde doğal olarak yayılış göstermekte (Ceylan, 1997; Baytop, 1999) ve 650 da alanda 253 ton üretimi yapılmaktadır (TÜİK, 2024). *Melissa officinalis* türüne ait üç adet alt tür bulunmakta (ssp. *officinalis*, ssp. *inodora* ve ssp. *altissima*) ve bunlardan yalnızca ssp. *officinalis* alt türü tıbbi değer taşımaktadır (Baytop, 1984).

Ülkemizde oğul otu üretimi Adana, Ankara, Hatay, Karaman, Muğla, Burdur, Düzce, Kütahya, Ordu, Tekirdağ ve Çorum illerinden sağlanmaktadır. İller bazında en fazla üretim 120 ton ile Kütahya ilinden elde edilmiş ve bu ili sırasıyla 65 ton ile Hatay ve 43 ton ile Karaman illeri takip etmiştir (TÜİK, 2024).

Oğul otu genel olarak tıp, gıda, kozmetik ve parfümeri alanlarında kullanım alanı bulmaktadır. Bitkinin ekonomik olarak kullanılan kısımları yaprakları ve toprak üstü aksamdan elde edilen uçucu yağlarıdır. Bitkinin özellikle yaprak kısmı bitkisel çay ve baharat olarak kullanılmakla beraber, uçucu yağları kozmetik, parfümeri, gıda, ilaç ve eczacılık bazı sektörlerde değerlendirilmektedir (Akgül, 1993; Coşge ve ark., 2009). Bunların yanında tıpta son zamanlarda antibakteriyal, yatıştırıcı, sakinleştirici ve spazmolitik olarak kullanıldığı bildirilmektedir. Ayrıca yaprakları salatalarda, jöle ürünlerinde, likörlerde ve soğuk içeceklerde aroma amaçlı olarak değerlendirilmektedir (Bahtiyarca Bağdat ve Coşge, 2006).

Bitkinin toprak üstü aksamından elde edilen uçucu yağ hoş kokulu ancak düşük miktardadır (% 0.01-0.3). Bu da uçucu yağın elde edilme maliyetini ve satış fiyatını yükseltmektedir (Tansı ve Özgüven, 1995; Sarı ve Ceylan, 2002; Katar ve Gürbüz, 2008; Kaçar ve ark., 2010). Bitkinin drog kısımlarından elde edilen uçucu yağda bileşenler olarak citronellal, citral, beta caryophyllene, germacrene-D, ocimen ve citronellol bulunur (Coşge ve ark., 2009; Kızıl, 2009).

Bitki yetiştiriciliğinde organik gübre kullanımı, toprak yapısını iyileştirme, toprağa ihtiyaç

duyduğu mineralleri geri kazandırma ve toprağı organik maddece zenginleştirmeyi sağlayan kimyasal gübrelemeye alternatif tarımsal uygulamadır (Ağırağaç, 2024). Bu organik gübre uygulamalarından biri de son zamanlarda bitkisel üretimde yoğun olarak kullanılan solucan gübre uygulamasıdır. Solucan gübresi, toprakta bulunan bitkisel, hayvansal ve organik artıklarla beslenen solucanlar tarafından oluşturulan humus benzeri gübrelerdir. Bu gübreler mineraller bakımından toprağı zenginleştirir ve toprağın su tutma kapasitesini iyileştirir (Ulus, 2021).

Tıbbi ve aromatik bitkilerde gerçekleştirilen tarımsal uygulamalar, bitkinin verim ve kalite özellikleri üzerinde doğrudan etkilidir. Bu tarımsal uygulamaların başında farklı gübre ve hasat zamanı uygulamaları gelmektedir. Oğul otu bitkisinin uçucu yağının pazar değeri yüksektir (Baydar, 2021). Bu nedenle en uygun hasat zamanının belirlenmesi, bu bitkinin ekonomik değerinin artmasında faydalı olacaktır.

Oğul otu bitkisinde farklı organik gübre ve hasat zamanı faktörlerinin birlikte denendiği çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu sebeple bu çalışma, Kayseri ekolojik koşullarında yetiştirilen oğul otu bitkisinin agronomik ve kalite özellikleri bakımından en uygun hasat zamanı ve solucan gübre dozunun belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bitki materyali

Çalışmada yer alan fideler, Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme arazisindeki tıbbi ve aromatik bitkiler koleksiyon bahçesinde bulunan oğul otu plantasyondan sağlanmıştır. Denemede organik gübre kaynağı olarak sıvı formda olan solucan gübresi (Supersol marka, WORM BOMB ürünü, organik madde % 15, hümik+fülvik asit % 1.5, suda çözünür K₂O % 1, EC 5 dS/m, pH 4.5-6.5) kullanılmıştır.

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

Denemenin kurulması

Çalışma Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme arazisinde 2020-2021 yıllarında yürütülmüştür. Denemede kullanılan fideler, tıbbi ve aromatik bitkiler koleksiyon bahçesinde bulunan bitkilerin kök taç bölgesinden ayrılarak 08 Temmuz 2020 tarihinde araziye belirlenen deneme desenine göre dikilmiştir. Çalışmada 2020 dikim yılı tesis yılı olarak kabul edilmiş ve tesis yılında herhangi bir veri alınmamıştır. Uygulamaların gerçekleştirilmesi ve veri alma işlemleri 2021 yılında yapılmıştır. Çalışma üç tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak yürütülmüştür. Buna göre ana parsellere hasat zamanları (çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı ve tam çiçeklenme), alt parsellere ise organik gübre dozları (Kontrol, 0.8, 1.6 ve 2.4 L/da) yerleştirilmiştir. Çalışmada bloklar arasında 1.5 m ve alt parseller arasında ise bir sıra arası mesafesi kadar (0.5 m) boşluk bırakılmıştır. Çalışmada her parselde beş sıra yer almış olup, her sıraya 8 adet bitki şaşırtılmıştır. Ayrıca bitkiler sıra arası ve sıra üzeri 50 cm olacak şekilde dikilmiştir. Deneme yerinin iklim verileri Şekil 1'de, toprak özellikleri ise Çizelge 1'de sunulmuştur.

Organik gübre uygulamasının yapılması

Sıvı formdaki organik solucan gübresi kontrol dahil dört farklı dozda (Kontrol, 0.8, 1.6 ve 2.4 L/da) su ile çözülürerek (parsel başına 1 L su) el pülverizatörü ile 29 Nisan 2021 tarihinde bitkilerin 5 cm sağına ve soluna gelecek şekilde eşit olarak toprağa uygulanmış ve çapa yapılarak karıştırılmıştır (Bademkiran ve ark., 2018). Çalışmada kullanılan gübre dozları, firmanın ürün üzerinde tavsiye ettiği doz aralığı baz alınarak belirlenmiştir.

Arazide bakım işlemlerinin uygulanması

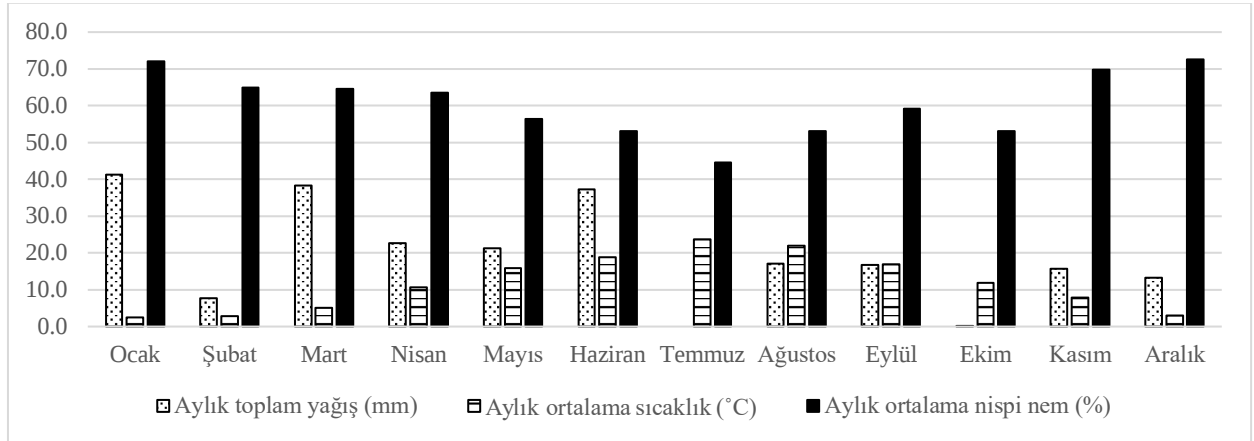
Bitkilere kış sonrası kendilerini toparlaması ve yeniden sürgün vermesini hızlandırmak amacıyla, 20 Nisan 2021 tarihinde her parselde saf halde 4 kg/da azot ve ilk biçimden sonra yine aynı dozda olacak şekilde iki sefer temel gübreleme yapılmıştır. Çalışmada yabancı otlar ile mücadele el çapası yardımıyla gerekli

görüldüğünde yapılmıştır. Çalışmada bitkilerin su ihtiyacı damlama sulama ile giderilmiştir.

Hasatların yapılması ve verilerin alınması

Denemede oğul otu bitkilerinde hasatlar yaklaşık 10 cm yükseklikten çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı ve tam çiçeklenme dönemlerinde yapılmıştır. Çalışmada çiçeklenme öncesi ve başlangıcında iki, tam çiçeklenme döneminde ise bir biçim gerçekleştirilmiştir. Denemede tüm bitkilerde tam çiçeklenme görülmeden 10 Mayıs 2021 tarihinde don olayı gerçekleştiği için ikinci biçimde tam çiçeklenme döneminde bitki biçimleri gerçekleştirilememiştir. Denemede bitkilerde gerçekleştirilen hasat tarihleri Çizelge 2'de verilmiştir. Parselde ilk ve son sıralar ile orta sıraların baş ve son bitkileri kenar tesiri olarak bırakılmış, yapılan ölçüm, tartım, hesaplama ve analizler parselde geri kalan bitkiler üzerinden yapılmıştır. Her bir biçimden sonra oğul otu bitkisinde bitki boyu, yeşil herba verimi, drog herba verimi, yeşil yaprak verimi, drog yaprak verimi, yaprak oranı, uçucu yağ oranı, uçucu yağ verimi ve uçucu yağ bileşenleri belirlenmiştir. Yeşil herba verimi, parseldeki kenar tesiri dışındaki tüm bitkilerin biçilerek tartılması sonucunda belirlenmiştir. Bitki boyu her parselde rastgele seçilen 10 bitkinin toprak seviyesinden bitkinin en uç kısmına kadar olan yüksekliğin metre ile ölçülmesiyle, drog herba verimi 0.5 kg yeşil herba örneğinin, drog yaprak verimi ise 0.5 kg yeşil yaprak örneğinin kurutma fırınında üç gün boyunca 35 °C'de kurutulmasıyla elde edilmiştir. Uçucu yağ oranı su distilasyonu yöntemiyle cleverger aparatı kullanılarak drog herbada belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenleri Shimatzu marka GCMS-QP2020 NX gaz kromatografi-kütle spektrometre cihazında belirlenmiştir. Cihaz metodunda kolon sıcaklığı ilk 3 dk için 40 °C'ye, ardından 5 °C/dk'lık artışlarla 240 °C'ye yükseltilmiş ve bu sıcaklıkta 10 dk bekletilmiştir. Analiz sonrasında uçucu yağ bileşen sonuçları üç farklı elektronik kütüphane (FFNSC3, W9N11 ve NIST11) kullanılarak tayin edilmiştir.

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri



Şekil 1. Deneme yerine ait 2021 yılı iklim verileri

Çizelge 1. Deneme yerine ait toprak özellikleri

Toprak özellikleri	
pH	8.38
EC (mmhos/cm)	0.23
Organik madde (%)	0.46
P ₂ O ₅ (kg/da)	4.59
Kireç (%)	1.60
Tekstür	Kumlu

Çizelge 2. Denemede bitkilerde gerçekleştirilen hasat tarihleri

Biçimler	Çiçeklenme öncesi dönem	Çiçeklenme başlangıcı dönemi	Tam çiçeklenme dönemi
Birinci biçim	12 Haziran 2021	02 Temmuz 2021	13 Temmuz 2021
İkinci biçim	03 Ağustos 2021	18 Eylül 2021	-

İstatistiksel analiz

Çalışma sonucunda uçucu yağ bileşen analiz verileri hariç tüm sonuçlar tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ayrıca hasat zamanı ve organik gübre uygulamalarındaki farklılıkların tespitinde Duncan testinden yararlanılmıştır (Düzyüneyş ve ark., 1987). İstatistiki analizler sırasında MSTAT-C programı (Michigan State Univ. v. 2.10) kullanılmıştır.

Bulgular

Bitki boyu (cm)

Çalışmada birinci biçimde, hasat zamanları ve hasat zamanı x organik gübre interaksyonu

yönünden bitki boyu değerleri arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. Ancak, organik gübre uygulamaları bitki boyu üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. İkinci biçimde ise hasat zamanları ve organik gübre uygulamaları yönünden bitki boyu değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bununla beraber hasat zamanı x organik gübre interaksyonu bitki boyu üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır (Çizelge 3). Çalışmada birinci biçimde bitki boyu 34.60-50.87 cm arasında değerler almıştır. En yüksek bitki boyu tam çiçeklenme döneminde 2.4 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Ayrıca bitkide hasat zamanı ilerledikçe bitki

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

boyunun arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4). İkinci biçimde genel bitki boyu ortalaması 35.10 cm olarak gerçekleşmiş ve çiçeklenme başlangıcında çiçeklenme öncesine göre daha uzun bitki boyu elde edilmiştir. Organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek bitki boyu değeri 36.36 cm ile 2.4 L/da, en düşük ise 33.65 cm ile 0.8 L/da gübre uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 5).

Yeşil herba verimi (kg/da)

Çalışmada birinci biçimde, hasat zamanları ve hasat zamanı x organik gübre interaksyonu yönünden yeşil herba verimi değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bununla beraber organik gübre uygulamaları yeşil herba verimi üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. İkinci biçimde ise hasat zamanları, organik

gübre uygulamaları ve hasat zamanı x organik gübre interaksyonu yönünden yeşil herba verimi değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 3). Çalışmada birinci biçimde yeşil herba verimi 684.07-1065.04 kg/da arasında değerler almıştır. En yüksek yeşil herba verimi tam çiçeklenme döneminde kontrol parsellerinden, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Ayrıca bitkide hasat zamanı ilerledikçe yeşil herba veriminin artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4). İkinci biçimde yeşil herba verimi 522.22-1240.44 kg/da arasında değerler almıştır. En yüksek yeşil herba verimi çiçeklenme başlangıcı dönemde 1.6 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden elde edilmiştir.

Çizelge 3. Birinci ve ikinci biçimde incelenen özelliklere ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları		BB	YHV	DHV	YYV	DYV	YO	UYO	UYV
S.D.	Kareler ortalaması								
Birinci biçim									
Bloklar	2	1.73	4125.30	476.29	3262.75	177.02	6.43	0.00004	0.0005
HZ	2	487.93**	172647.89*	89977.99**	35233.40	25291.09**	57.72*	0.001	0.015*
Hata ₁	4	1.28	12519.60	928.34	5665.19	603.47	5.74	0.0002	0.002
OG	3	1.70	7674.14	1056.14	4738.00	886.83*	5.49	0.00002	0.0001
HZ x OG	6	9.68*	37640.31**	3537.24**	16669.66**	1487.19**	9.15*	0.0002*	0.002**
Hata ₂	18	2.93	5079.41	554.79	1759.68	238.56	2.62	0.0001	0.000484
Genel	35	-	-	-	-	-	-	-	-
V.K. (%)		3.93	7.94	8.68	7.71	9.02	2.66	14.67	13.16
İkinci biçim									
Bloklar	2	0.42	2528.58	906.42	2666.25	549.61	5.95	0.000004	0.004
HZ	1	329.67*	1683635.52**	82923.30**	766698.08**	31246.00**	2.94	0.005	0.131*
Hata ₁	2	3.89	5496.11	166.02	1698.41	130.19	0.32	0.0005	0.004
OG	3	7.44*	26469.13**	1624.05**	12250.92**	767.73**	3.38	0.001*	0.010*

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

HZ x OG	3	3.14	13559.42**	963.80**	5226.80**	276.11	8.03*	0.001	0.007
Hata ₂	12	1.67	652.08	88.65	588.48	102.73	1.69	0.000240	0.003
Genel	23	-	-	-	-	-	-	-	-
V.K. (%)		3.69	3.08	3.89	4.26	6.06	1.89	8.63	12.10

*: % 5 düzeyinde önemli, **: % 1 düzeyinde önemli, S.D: serbestlik derecesi, HZ: hasat zamanı, OG: organik gübre uygulaması, V.K.: varyasyon katsayısı, BB: bitki boyu, YHV: yeşil herba verimi, DHV: drog herba verimi, YYV: yeşil yaprak verimi, DYV: drog yaprak verimi, YO: yaprak oranı, UYO: uçucu yağ oranı, UYV: uçucu yağ verimi

Çizelge 4. Oğul otu bitkisinde farklı hasat zamanı ve organik gübrelemeye göre incelenen özelliklerin birinci biçimde oluşan ortalama değerleri

Uygulamalar		BB	YHV	DHV	YYV	DYV	YO	UYO	UYV
Hasat zamanları	Organik gübre	(cm)	(kg/da)	(kg/da)	(kg/da)	(kg/da)	(%)	(%)	(L/da)
Çiçeklenme öncesi (ÇÖ)	Kontrol	34.60 ^{D*}	684.07 ^d	160.30 ^f	429.53 ^d	109.46 ^c	62.67 ^{AB}	0.08 ^A	0.12 ^c
	0.8 L/da	37.53 ^{CD}	798.15 ^{cd}	181.98 ^{ef}	522.13 ^{bcd}	127.98 ^c	65.33 ^A	0.07 ^{AB}	0.13 ^{bc}
	1.6 L/da	37.93 ^C	823.33 ^{cd}	188.72 ^{ef}	519.17 ^{bcd}	125.54 ^c	63.00 ^{AB}	0.07 ^{ABC}	0.13 ^{bc}
	2.4 L/da	35.05 ^{CD}	750.00 ^{cd}	169.42 ^f	464.33 ^{cd}	115.79 ^c	62.00 ^{BC}	0.07 ^{ABC}	0.12 ^c
Çiçeklenme başlangıcı (ÇB)	Kontrol	46.25 ^B	1017.78 ^{ab}	322.34 ^{abc}	636.18 ^a	210.26 ^{ab}	62.53 ^{AB}	0.06 ^{BCD}	0.19 ^{ab}
	0.8 L/da	45.63 ^B	760.59 ^{cd}	239.30 ^{de}	437.58 ^d	145.59 ^c	57.53 ^D	0.06 ^{BCD}	0.14 ^{bc}
	1.6 L/da	45.97 ^B	1020.74 ^{ab}	330.00 ^{abc}	605.40 ^{ab}	200.80 ^{ab}	59.33 ^{CD}	0.06 ^{ABC}	0.20 ^a
	2.4 L/da	46.57 ^B	933.92 ^{abc}	293.25 ^{cd}	560.35 ^{abc}	188.28 ^b	60.00 ^{BCD}	0.07 ^{AB}	0.21 ^a
Tam çiçeklenme (TÇ)	Kontrol	48.60 ^{AB}	1065.04 ^a	364.45 ^a	642.57 ^a	229.42 ^a	60.33 ^{BCD}	0.05 ^{CD}	0.20 ^a
	0.8 L/da	47.17 ^B	1008.89 ^{ab}	348.07 ^{abc}	581.37 ^{ab}	203.47 ^{ab}	57.67 ^D	0.06 ^{ABC}	0.22 ^a
	1.6 L/da	46.30 ^B	857.78 ^{bcd}	300.13 ^{bc}	514.69 ^{bcd}	182.41 ^b	60.00 ^{BCD}	0.06 ^{BCD}	0.18 ^{ab}
	2.4 L/da	50.87 ^A	1051.11 ^a	358.82 ^{ab}	616.04 ^{ab}	215.70 ^{ab}	58.60 ^D	0.04 ^D	0.16 ^{abc}
Genel ortalama		43.54	897.62	271.40	544.11	171.23	60.75	0.06	0.17
Hasat zamanı ortalamaları	ÇÖ	36.28 ^c	763.89 ^B	175.10 ^b	483.79	119.69 ^b	63.25 ^A	0.07	0.13 ^B
	ÇB	46.10 ^b	933.26 ^A	296.22 ^a	559.88	186.23 ^a	59.85 ^B	0.06	0.19 ^A
	TÇ	48.23 ^a	995.70 ^A	342.87 ^a	588.67	207.75 ^a	59.15 ^B	0.06	0.19 ^A
Organik gübre ortalamaları	Kontrol	43.15	922.30	282.36	569.43	183.05 ^A	61.84	0.06	0.17
	0.8 L/da	43.44	855.88	256.45	513.69	159.01 ^B	60.18	0.07	0.16
	1.6 L/da	43.40	900.62	272.95	546.42	169.58 ^{AB}	60.78	0.06	0.17
	2.4 L/da	44.16	911.68	273.83	546.91	173.26 ^{AB}	60.20	0.06	0.17
AÖF (interaksiyon)		2.936	167.5	55.36	98.59	36.30	2.775	0.01600	0.05171
AÖF (hasat zamanı)		2.126	126.8	57.27	-	46.17	2.714	-	0.05069
AÖF (organik gübre)		-	-	-	-	15.30	-	-	-

*: Küçük harfler % 1 ve büyük harfler ise % 5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir, AÖF: asgari önemli fark, BB: bitki boyu, YHV: yeşil herba verimi, DHV: drog herba verimi, YYV: yeşil yaprak verimi, DYV: drog yaprak verimi, YO: yaprak oranı, UYO: uçucu yağ oranı, UYV: uçucu yağ verimi

Çiçeklenme başlangıcı dönemde çiçeklenme öncesi döneme göre yeşil herba veriminde artış görülmüştür. Ayrıca organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek yeşil herba verimi 914.11 kg/da ile 1.6 L/da gübre uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 5).

Drog herba verimi (kg/da)

Çalışmada birinci biçimde, hasat zamanları ve hasat zamanı x organik gübre interaksyonu yönünden drog herba verimi değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bununla beraber organik gübre uygulamaları drog herba verimi üzerine önemli bir etkiye bulunmamıştır. İkinci biçimde ise hasat zamanları, organik

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

gübre uygulamaları ve hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden drog herba verimi değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 3). Denemede birinci biçimde drog herba verimi 160.30-364.45 kg/da arasında değerler almıştır. Drog herba verimi en yüksek değerini tam çiçeklenme döneminin kontrol parsellerinden, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden almıştır. Ayrıca bitkide hasat zamanı ilerledikçe drog herba veriminin artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4). İkinci biçimde drog herba verimi

174.16-338.92 kg/da arasında değerler almıştır. En yüksek drog herba verimi çiçeklenme başlangıcı dönemde 1.6 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Çiçeklenme başlangıcı dönemde çiçeklenme öncesi döneme göre drog herba veriminde artış görülmüştür. Ayrıca organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek drog herba verimi 263.42 kg/da ile 1.6 L/da, en düşük ise 226.87 kg/da ile 0.8 L/da gübre uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Oğul otu bitkisinde farklı hasat zamanı ve organik gübrelemeye göre incelenen özelliklerin ikinci biçimde oluşan ortalama değerleri

Uygulamalar		BB	YHV	DHV	YYV	DYV	YO	UYO	UYV
Hasat zamanları	Organik gübre	(cm)	(kg/da)	(kg/da)	(kg/da)	(kg/da)	(%)	(%)	(L/da)
Çiçeklenme öncesi (ÇÖ)	Kontrol	30.60	522.22 ^f	174.16 ^d	360.90 ^d	121.58	69.07 ^{AB}	0.21	0.37
	0.8 L/da	29.50	560.00 ^{ef}	182.19 ^d	383.56 ^d	130.25	68.47 ^{ABC}	0.19	0.34
	1.6 L/da	32.30	587.78 ^{ef}	187.92 ^d	412.17 ^d	137.39	70.07 ^A	0.20	0.37
	2.4 L/da	33.15	590.52 ^e	190.00 ^d	404.15 ^d	135.66	68.47 ^{ABC}	0.17	0.33
Çiçeklenme başlangıcı (ÇB)	Kontrol	39.57	1045.56 ^c	289.92 ^{bc}	723.40 ^b	195.95	69.20 ^{AB}	0.19	0.55
	0.8 L/da	37.80	980.60 ^d	271.56 ^c	658.38 ^c	183.55	67.13 ^{BC}	0.15	0.39
	1.6 L/da	38.27	1240.44 ^a	338.92 ^a	825.56 ^a	223.02	66.53 ^C	0.15	0.53
	2.4 L/da	39.57	1112.81 ^b	304.12 ^b	783.32 ^{ab}	211.00	70.40 ^A	0.18	0.54
Genel Ortalama		35.10	829.99	242.35	568.93	167.30	68.67	0.18	0.43
Hasat zamanı ortalamaları	ÇÖ	31.39 ^B	565.13 ^b	183.57 ^b	390.20 ^b	131.22 ^b	69.02	0.19	0.35 ^B
	ÇB	38.80 ^A	1094.85 ^a	301.13 ^a	747.67 ^a	203.38 ^a	68.32	0.17	0.50 ^A
Organik gübre ortalamaları	Kontrol	35.08 ^{AB}	783.89 ^c	232.04 ^{bc}	542.15 ^b	158.77 ^b	69.14	0.20 ^A	0.46 ^A
	0.8 L/da	33.65 ^B	770.30 ^c	226.87 ^c	520.97 ^b	156.90 ^b	67.80	0.17 ^B	0.37 ^B
	1.6 L/da	35.28 ^{AB}	914.11 ^a	263.42 ^a	618.87 ^a	180.21 ^a	68.30	0.18 ^B	0.45 ^A
	2.4 L/da	36.36 ^A	851.67 ^b	247.06 ^{ab}	593.74 ^a	173.33 ^{ab}	69.43	0.18 ^B	0.44 ^{AB}
AÖF (interaksiyon)		-	63.69	23.48	60.50	-	2.312	-	-
AÖF (organik gübre)		1.628	45.03	16.60	42.78	17.87	-	0.01949	0.06890

*: Küçük harfler % 1 ve büyük harfler ise % 5 düzeyinde farklı grupları göstermektedir, AÖF: asgari önemli fark, BB: bitki boyu, YHV: yeşil herba verimi, DHV: drog herba verimi, YYV: yeşil yaprak verimi, DYV: drog yaprak verimi, YO: yaprak oranı, UYO: uçucu yağ oranı, UYV: uçucu yağ verimi

Yeşil yaprak verimi (kg/da)

Araştırmada birinci biçimde, hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden yeşil yaprak verimi değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bununla beraber hasat zamanları ve organik gübre uygulamaları yeşil yaprak verimi üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. İkinci biçimde ise hasat

zamanları, organik gübre uygulamaları ve hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden yeşil yaprak verimi değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 3). Çalışmada birinci biçimde yeşil yaprak verimi 429.53-642.57 kg/da arasında değişmiştir. Buna göre yeşil yaprak verimi en yüksek değerine tam çiçeklenme döneminin kontrol parsellerinde, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

parsellerinde ulaşmıştır (Çizelge 4). İkinci biçimde yeşil yaprak verimi 360.90-825.56 kg/da arasında değerler almıştır. En yüksek yeşil yaprak verimi çiçeklenme başlangıcı dönemde 1.6 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Çiçeklenme başlangıcı dönemde çiçeklenme öncesi döneme göre yeşil yaprak veriminde artış görülmüştür. Ayrıca organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek yeşil yaprak verimi 1.6 L/da gübre uygulamasından elde edilmiştir. 2.4 L/da organik gübre uygulamasında yeşil yaprak verimi 1.6 L/da gübre uygulamasındakinden istatistiksel olarak farksız olmuştur (Çizelge 5).

Drog yaprak verimi (kg/da)

Çalışmada birinci biçimde hasat zamanları, organik gübre uygulamaları ve hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden drog yaprak verimi değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. İkinci biçimde ise hasat zamanı ve organik gübre uygulamaları yönünden drog yaprak verimi değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmişken, hasat zamanı x organik gübre etkileşiminin drog yaprak verimi üzerine önemli bir etkide bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Denemede birinci biçimde drog yaprak verimi 109.46-229.42 kg/da arasında değerler almıştır. Drog yaprak verimi en yüksek değerini tam çiçeklenme döneminin kontrol parsellerinden, en düşük ise çiçeklenme öncesi dönemde kontrol parsellerinden almıştır. Ayrıca bitkide hasat zamanı ilerledikçe drog yaprak veriminin artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca organik gübre uygulama ortalamaları bakımından drog yaprak verimi 159.01-183.05 kg/da arasında değişmiş ve en yüksek değerini kontrol dozunda almıştır (Çizelge 4). İkinci biçimde drog yaprak verimi genel ortalaması 167.30 kg/da olarak belirlenmiştir. Çiçeklenme başlangıcı dönemde çiçeklenme öncesi döneme göre drog yaprak veriminde artış görülmüştür. Ayrıca organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek drog yaprak verimi 180.21 kg/da ile 1.6 L/da gübre uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Yaprak oranı (%)

Denemede birinci biçimde, hasat zamanları ve hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden yaprak oranı değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bununla beraber organik gübre uygulamaları yaprak oranı üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. İkinci biçimde ise hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden yaprak oranı değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bununla beraber hasat zamanları ve organik gübre uygulamaları yaprak oranı üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır (Çizelge 3). Çalışmada birinci biçimde yaprak oranı % 57.53-65.33 arasında değişmiş ve en yüksek değer çiçeklenme öncesi dönemde 0.8 L/da organik gübre uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca hasat zamanı ortalamaları bakımından yaprak oranı % 59.15-63.25 arasında değişmiş ve en yüksek değerini çiçeklenme öncesi dönemde almıştır (Çizelge 4). İkinci biçimde yaprak oranı % 66.53-70.40 arasında değişmiştir. En yüksek değer çiçeklenme başlangıcı dönemde 2.4 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise aynı dönemde 1.6 L/da organik gübre uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Uçucu yağ oranı (%)

Denemede birinci biçimde, hasat zamanı x organik gübre etkileşimini yönünden uçucu yağ oranı değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bununla beraber hasat zamanları ve organik gübre uygulamaları uçucu yağ oranı üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. İkinci biçimde ise organik gübre uygulamaları yönünden uçucu yağ oranı değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmişken, hasat zamanları ve hasat zamanı x organik gübre etkileşiminin uçucu yağ oranı üzerine önemli bir etkide bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Çalışmada birinci biçimde uçucu yağ oranı % 0.04-0.08 arasında değişmiştir. Buna göre uçucu yağ oranı en yüksek değerine çiçeklenme öncesi döneminin kontrol parsellerinde, en düşük ise tam çiçeklenme dönemin 2.4 L/da organik gübre uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4). İkinci biçimde genel uçucu yağ oran ortalaması % 0.18 olarak gerçekleşmiş ve organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek uçucu yağ oranı % 0.20

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

ile kontrol parsellerinden elde edilmiştir (Çizelge 5).

Uçucu yağ verimi (L/da)

Çalışmada birinci biçimde, hasat zamanları ve hasat zamanı x organik gübre interaksyonu yönünden uçucu yağ verimi değerleri arasında önemli farklılıklar saptanmıştır. Ancak, organik gübre uygulamaları uçucu yağ verimi üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır. İkinci biçimde ise hasat zamanları ve organik gübre uygulamaları yönünden uçucu yağ verimi değerleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bununla beraber hasat zamanı x organik gübre interaksyonu uçucu yağ verimi üzerine önemli bir etkide bulunmamıştır (Çizelge 3). Çalışmada birinci biçimde uçucu yağ verimi 0.12-0.22 L/da arasında değişmiş ve en yüksek değer tam çiçeklenme döneminin 0.8 L/da organik gübre uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca hasat zamanı ortalamaları bakımından uçucu yağ verimi 0.13-0.19 L/da arasında değişmiş ve en yüksek değerini çiçeklenme başlangıcı ve tam çiçeklenme dönemlerinde almıştır (Çizelge 4). İkinci biçimde genel uçucu yağ verim ortalaması 0.43 L/da olarak gerçekleşmiş ve çiçeklenme başlangıcında çiçeklenme öncesine göre daha fazla uçucu yağ verimi elde edilmiştir. Organik gübre uygulama ortalamasında en yüksek uçucu yağ verimi kontrol parsellerinden ve 1.6 L/da gübre uygulamasından, en düşük ise 0.8 L/da gübre uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Uçucu yağ bileşenleri (%)

Oğul otu bitkisinde farklı hasat zamanı ve organik gübrelemeye göre uçucu yağ bileşenlerinde oluşan ortalama değerler Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre oğul otu bitkisinde 23 adet uçucu yağ bileşeni tespit edilmiştir. Birinci biçimde caryophyllene oxide bileşeni ana bileşen olarak ortaya çıkmış ve bu bileşen dışında citral, z-citral, beta caryophyllene ve citronellal bileşenleri yüksek oranlarda bulunmuştur. İkinci biçimde ise citral ana bileşen olarak ortaya çıkmış, bu bileşen dışında z-citral, citronellal, beta caryophyllene ve caryophyllene oxide bileşenleri yüksek oranda bulunmuştur. Caryophyllene oxide bileşeni

birinci biçimde % 18.23-31.12 arasında değişmiştir. En yüksek değer çiçeklenme öncesi dönemin 2.4 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise çiçeklenme başlangıcı dönemin ve 0.8 L/da organik gübre uygulamasından elde edilmiştir. İkinci biçimde ise caryophyllene oxide bileşeni düşüş göstermiş ve % 2.80-8.42 arasında değerler almıştır. Buna göre en yüksek değer çiçeklenme öncesi dönemin 2.4 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük değer ise çiçeklenme başlangıcı dönemin yine 2.4 L/da organik gübre uygulamasından elde edilmiştir. Diğer önemli bir bileşen olan citral bileşeni birinci biçimde % 14.76-23.38 arasında değişmiştir. En yüksek değer çiçeklenme öncesi dönemin 0.8 L/da organik gübre uygulamasından, en düşük ise tam çiçeklenme dönemin 1.6 L/da organik gübre uygulamasından tespit edilmiştir. İkinci biçimde citral bileşeni % 27.68-38.56 arasında değişmiştir. En yüksek değere çiçeklenme öncesi dönemin 1.6 L/da organik gübre uygulamasında, en düşük ise çiçeklenme başlangıcı dönemin kontrol parsellerinde ulaşılmıştır. Diğer önemli bileşenlere bakıldığında birinci biçimde z-citral bileşeni % 9.46-16.15, beta caryophyllene bileşeni % 9.37-17.59 ve citronellal bileşeni ise % 1.96-6.79 arasında değişmiştir. İkinci biçimde ise z-citral bileşeni % 20.86-28.60, citronellal bileşeni % 4.33-31.73 ve beta caryophyllene bileşeni ise % 6.93-11.55 arasında değerler almıştır. Uçucu yağ bileşen sonuçları incelendiğinde, birinci biçimde citral ve z-citral bileşenleri tam çiçeklenme döneminde ve caryophyllene oxide bileşeni ise çiçeklenme başlangıcı dönemde diğer dönemlere göre düşüş göstermiştir. Bununla beraber ikinci biçimde çiçeklenme başlangıcı dönemde çiçeklenme öncesi döneme göre citronellal bileşeni önemli bir artış kaydetmişken, caryophyllene oxide, citral, z-citral ve beta caryophyllene bileşenleri ise önemli bir düşüş göstermiştir.

Tartışma

Araştırmada Kayseri ilinde oğul otu bitkisinde tam çiçeklenme döneminde iki biçim alınmadığı görülmüştür. Bu durumun oluşmasındaki temel neden, iklim koşullarına

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

bağlı olarak gerçekleşen don olayının bitkinin herba kısmına zarar vermesidir. Özellikle iklim koşulları nedeniyle yetiştiricilik süresinde oluşabilecek bu olumsuz koşullar, bitkiden vejetasyon boyunca alınabilecek biçim sayısını azaltabilmektedir. Yapılan çalışmalarda don ve soğuk zararının bitkilerin gelişimini olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (Yadav, 2010; Çobanoğlu, 2023).

Araştırmada yapılan biçimlere göre uçucu yağ bileşenlerinde değişimler gözlenmiştir. Çalışmada citronellal bileşeni, ikinci biçimde özellikle çiçeklenme başlangıcı dönemdeki yüksek artış nedeniyle ilk biçime göre yüksek bulunmuştur. Citronellal bileşeni kadar olmasa da benzer artışlar z-citral ve citral bileşenlerinde de görülmektedir. Bu durumun aksine, caryophyllene oxide bileşenindeki oranlarda ikinci biçimde düşüş görülmüştür. Uçucu yağ bileşenlerindeki bu değişimin iklim faktörlerinden veya organik gübre uygulamasının etkilerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

Çizelge 6. Oğul otu bitkisinde farklı hasat zamanı ve organik gübrelemeye göre uçucu yağ bileşenlerinde oluşan ortalama değerler

Bileşenler	Birinci biçim												İkinci biçim							
	Çiçeklenme öncesi dönem				Çiçeklenme başlangıcı dönem				Tam çiçeklenme dönemi				Çiçeklenme öncesi dönem				Çiçeklenme başlangıcı dönemi			
	0	0.8	1.6	2.4	0	0.8	1.6	2.4	0	0.8	1.6	2.4	0	0.8	1.6	2.4	0	0.8	1.6	2.4
1-octen-3-ol	0.47	0.46	0.36	0.40	0.84	0.71	0.72	0.46	0.43	0.60	0.60	0.51	0.55	0.49	0.55	0.45	0.54	0.45	0.53	0.55
6-methyl-5-hepten-2-one	0.36	0.40	0.31	0.39	0.35	0.33	0.31	0.15	0.10	0.21	0.13	0.11	0.58	0.49	0.62	0.43	0.57	0.47	0.60	0.59
linalool	1.04	1.31	0.93	1.04	1.24	1.16	1.87	0.62	0.62	0.61	0.57	0.59	0.68	0.73	0.62	0.66	0.48	0.44	0.46	0.45
cis rose oxide	0.13	0.13	0.16	0.17	0.21	0.22	0.17	0.17	0.17	0.25	0.19	0.17	0.16	0.16	0.18	0.14	0.25	0.30	0.33	0.30
trans rose oxide	0.26	0.23	0.26	0.28	0.34	0.28	0.26	0.25	0.28	0.33	0.32	0.33	0.12	0.13	0.15	0.15	0.26	0.29	0.32	0.29
citronellal	4.89	4.88	3.11	1.96	3.37	4.86	5.27	6.79	4.51	5.14	3.69	3.08	5.35	4.84	5.10	4.33	30.60	25.51	29.22	31.73
citronellol	0.44	0.31	0.34	0.35	0.36	0.34	0.32	0.33	0.34	0.36	0.32	0.54	0.25	0.27	0.30	0.27	0.62	0.63	0.85	0.61
z-citral	16.10	16.15	13.71	14.33	14.27	14.54	13.60	11.61	9.85	11.22	9.46	10.48	27.25	27.42	28.60	26.80	20.86	21.67	20.87	20.86
geraniol	0.59	0.51	0.44	0.51	0.40	0.38	0.90	0.26	0.19	0.21	0.19	0.27	0.25	0.23	0.33	0.24	0.25	0.27	0.46	0.29
methyl citronellate	0.49	0.49	0.45	0.44	1.29	1.14	1.26	1.23	1.55	1.58	1.90	1.94	0.19	0.22	0.28	0.26	1.64	1.71	1.77	1.69
citral	23.24	23.38	20.55	22.31	21.46	20.99	19.59	17.21	15.78	16.89	14.76	16.94	36.85	37.84	38.56	37.72	27.68	29.42	27.92	27.98
geranic acid	0.34	0.36	0.33	0.33	0.35	0.31	0.31	0.28	0.29	0.26	0.29	0.30	0.42	0.42	0.43	0.44	0.48	0.54	0.52	0.49
trans-para-menthane-3.8-diol	0.44	0.41	0.80	1.17	2.99	2.34	2.35	0.78	1.92	1.75	1.97	2.88	0.28	0.51	0.44	0.79	0.97	3.29	1.13	0.98
alpha copaene	1.78	1.85	2.13	2.05	1.29	1.18	1.22	1.29	1.16	1.05	1.12	0.77	1.43	1.38	1.41	1.16	0.74	0.82	0.79	0.76
beta bourbonene	0.46	0.45	0.56	0.48	0.91	0.86	0.88	1.01	1.70	1.39	1.81	1.55	0.46	0.45	0.39	0.41	0.12	0.09	0.11	0.07
beta elemene	0.35	0.48	0.55	0.47	0.63	0.69	0.69	0.78	0.81	0.74	0.74	0.41	0.17	0.18	0.26	0.28	0.08	0.07	0.09	0.08
beta caryophyllene	9.88	10.38	11.66	9.37	12.55	15.43	14.90	17.59	15.75	16.64	14.91	12.17	11.55	11.17	10.00	10.11	7.79	7.79	7.66	6.93
alpha humulene	0.89	0.95	1.04	0.87	1.22	1.40	1.37	1.58	1.46	1.52	1.43	1.19	0.79	0.80	0.71	0.76	0.48	0.49	0.48	0.43
germacrene-D	1.22	1.47	1.44	0.81	1.29	2.95	3.08	3.47	1.84	2.46	1.55	1.64	1.61	1.70	1.40	1.16	0.85	0.75	0.85	0.75
delta cadinene	0.73	0.75	0.78	0.69	1.11	1.29	1.27	1.31	1.13	1.31	1.18	0.98	0.47	0.49	0.38	0.49	0.18	0.16	0.13	0.13
caryophyllene oxide	25.84	25.80	29.50	31.12	22.09	18.23	18.81	21.31	26.51	22.37	28.59	27.91	6.86	6.58	6.12	8.42	3.10	3.31	3.33	2.80
humulene epoxide II	2.67	2.04	2.25	2.21	1.74	1.52	1.58	1.81	2.28	1.96	2.38	2.43	0.52	0.50	0.41	0.65	0.19	0.19	0.19	0.15
alpha cadinol	2.32	2.03	2.62	2.44	3.26	3.17	3.09	3.34	3.80	3.87	3.85	4.01	1.14	1.05	0.87	1.31	0.35	0.35	0.40	0.30

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

Çalışmada oğul otu bitkisinde hasat zamanında çiçeklenme öncesi dönemden tam çiçeklenme dönemine doğru gidildikçe bitki boyu, herba verimi, drog yaprak verimi ve uçucu yağ veriminde artışlar gözlenmiştir. Bu sonuçlara paralel olarak Avci ve Giachino (2016) ve Kızıl (2009) çalışmalarında oğul otu bitkisinin bitki boyu, herba verimi ve drog yaprak verimi değerlerinin çiçeklenme döneminde çiçeklenme öncesi döneme göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda hasat zamanlarına göre uçucu yağ oranı, en yüksek değerlerini çiçeklenme öncesi dönemde almıştır. Uyanık ve Gürbüz (2015) çalışmasında uçucu yağ oranı ile ilgili benzer sonuçlar bildirmiştir. Bu sonuçların aksine Kızıl (2009) ve Avci ve Giachino (2016) çalışmasında uçucu yağ oranının çiçeklenme döneminde çiçeklenme öncesi döneme göre artış gösterdiğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise Baydar (2021) oğul otunda en yüksek uçucu yağ veriminin çiçeklenme devresinde elde edildiğini bildirmiştir. Çalışmamızda hasat zamanlarına göre uçucu yağ bileşenlerinde farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Citral ve z-citral bileşeni hasat zamanları ilerledikçe düşüş göstermiştir. Bu sonuca paralel olarak Avci ve Giachino (2016) çalışmasında z-citral ve e-citral bileşenlerinde benzer düşüşlerin olduğunu bildirmiştir. Bununla beraber Uyanık ve Gürbüz (2015) çalışmasında citral ve z-citral bileşenlerinde hasat zamanları ilerledikçe benzer azalmaların olduğunu bildirmiştir. Çalışma sonuçlarımıza göre bir diğer önemli bileşen olan caryophyllene oxide bileşeni çiçeklenme başlangıcı dönemde diğer dönemlere göre düşüş göstermiştir. Bu sonuçların aksine Uyanık ve Gürbüz (2015) çalışmasında yapraktan elde edilen uçucu yağda caryophyllene oxide bileşeninin çiçeklenme öncesi dönemden tam çiçeklenme dönemine gelene kadar artış gösterdiğini bildirmiştir. Avci ve Giachino (2016) ise çalışmasında en yüksek caryophyllene oxide oranına tam çiçeklenme döneminde ulaşıldığını bildirmiştir. Bu çalışma sonuçları, oğul otu bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine hasat zamanlarının önemli etkilerinin olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma sonuçlarına göre organik gübre uygulamalarının oğul otu bitkisinin verim ve uçucu yağ oranı özellikleri üzerinde farklı etkileri olduğu belirlenmiştir. Çalışmada organik

gübre uygulamalarının incelenen çoğu özellik üzerinde ikinci biçimde daha fazla etkili olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar organik gübre uygulamalarının biçim sayıları ilerledikçe bitkinin verim ve uçucu yağ miktarı üzerinde daha fazla etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Bunun nedeninin, özellikle çok yıllık olan oğul otu bitkisinin, ilk biçime göre ikinci biçimde çevre koşullarına olan adaptasyonunu tamamlayarak organik gübreden daha fazla yararlanmış olmasından kaynaklandığı söylenebilmektedir. Çalışmamızda ikinci biçimde verim özelliklerinde 1.6 L/da dozu ile uçucu yağ oran ve veriminde kontrol uygulaması en yüksek sonuçlar göstermiştir. Uçucu yağ oranı ile ilgili bildirdiğimiz sonuçların aksine Mafakheri ve ark. (2016) artan solucan gübresi dozlarına göre uçucu yağ oranında artışlar olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Kazeminasab ve ark. (2016) ise uçucu yağ oran ve verimde, solucan gübre dozlarında kontrole göre daha yüksek değerlerin elde edildiğini bildirmişlerdir. Sağlam (2005) organik gübre dozunda kontrole göre bitki boyu, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ veriminde artışlar olduğunu ve organik gübre uygulamasının yeşil herba verimi, drog herba verimi ve drog yaprak verimi üzerinde etkisinin olmadığını bildirmiştir. Çalışmamızda organik gübre uygulamasının uçucu yağ ana bileşen oranları üzerinde değişken etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre oğul otu bitkisinde 23 adet uçucu yağ bileşeni tespit edilmiş ve bu bileşenlerden citral, caryophyllene oxide, z-citral, beta caryophyllene ve citronellal bileşenleri yüksek oranlarda bulunmuştur. Mafakheri ve ark. (2016) solucan gübresi (0, 15, 30 % hacim/saksı), biyolojik fosfat gübresi ve kimyasal gübrelerin oğul otu bitkisinin uçucu yağ bileşenleri üzerindeki etkisini incelediği çalışmalarında, 15 adet bileşen belirlemiş ve bu bileşenlerin gübre uygulamalarından etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu bileşenlerin önemli olanlarını citronellal, beta caryophyllene, neral, geranial ve geranyl acetate olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen geranial ve geranyl acetate bileşenleri hariç diğer temel uçucu yağ bileşenleri bizim çalışma bulgularımız içinde de yer almaktadır.

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

Sonuç

Araştırma bulguları incelendiğinde, Kayseri ilinde oğul otu bitkisinde tam çiçeklenme döneminde iki biçim alınamadığı belirlenmiştir. Biçimlere göre ortalama sonuçlar incelendiğinde, bitki boyu, yeşil ve drog herba verimi ve drog yaprak verimi bakımından birinci biçim, yeşil yaprak verimi, yaprak oranı, uçucu yağ oranı ve uçucu yağ verimi bakımından ise ikinci biçim ön plana çıkmıştır. Çalışmada yeşil herba, drog herba ve yeşil yaprak verimleri üzerinde organik gübre dozlarının birinci biçimde etkisinin olmadığı, ikinci biçimde ise en yüksek değerlerin 1.6 L/da gübre dozunda olduğu belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşen analizlerinde birinci ve ikinci biçimlerde sırasıyla caryophyllene oxide ve citral bileşenleri ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca organik gübre uygulamasının uçucu yağ ana bileşen oranları üzerinde ise değişken etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Kayseri ilinde bir yıl içerisinde tek veya iki biçim alınması durumunda yüksek yeşil herba, drog herba, drog yaprak ve uçucu yağ verimi bakımından bitkinin en erken çiçeklenme başlangıcı döneminde hasat edilmesinin ve yüksek drog herba verimi bakımından ise 1.6 L/da dozunda organik gübrelemenin oğul otu tarımı için en uygun uygulamalar olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Hanifi SEĞMEN'in yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır. Ayrıca bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2021-10847 numaralı proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden ötürü Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Ağrağaç, Z. (2024). Bazı organik gübrelerin silajlık mısır üretiminde kullanım olanaklarının belirlenmesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Van.

Akgül, A. (1993). Baharat Bilimi & Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği yayınları No:15, s: 133–135. Ankara.

Avci, A. B., Giachino, R. R. A. (2016). Harvest stage effects on some yield and quality characteristics of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Industrial Crops and Products* 88:23-27.

Bademkiran, F., Çığ, A., Türkoğlu, N. (2018). Nergis (*Narcissus* cv. 'Royal Connection') bitkisinin gelişimi üzerine katı ve sıvı solucan gübresi dozlarının etkileri. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(4):676-684.

Bahtiyarca Bağdat, R., Coşge, B. (2006). The essential oil of lemon balm (*Melissa officinalis* L.), its components and using fields. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1):116-121.

Baydar, H. (2021). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, Genişletilmiş 9. Basım, Yayın No: 2328.

Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkilerle Tedavi. İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları No:40, İstanbul.

Baytop, T. (1999). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün). s:307. İlaveli İkinci Baskı, İstanbul Üniversitesi Yayınları, ISBN:975-420-021-1.

Ceylan, A. (1997). Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu Yağ İçerenler). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:481, Ders Kitabı, 306 s.

Cosge, B., İpek, A., Gürbüz, B. (2009). GC/MS Analysis of herbage essential oil from lemon balms (*Melissa officinalis* L.) grown in Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences* 3(2):149-152.

Çobanoğlu, M. S. (2023). Bazı bitkisel çözelti kombinasyon uygulamalarının soğuk stresi altındaki beyaz lahanaların büyümesine (*Brassica oleracea* var. Alba) etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2):889-898.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz F. (1987). Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1021, Ders Kitabı: 295, Ankara.

Kaçar, O., Göksu, E., Azkan, N. (2010). Oğul Otu (*Melissa officinalis* L.) yetiştiriciliğinde farklı bitki sıklıklarının

Oğul otu (*Melissa officinalis* L.) Bitkisinin Agronomik ve Kalite Özellikleri Üzerine Hasat Zamanı ve Organik Gübrelemenin Etkileri

- bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24(2):59-71.
- Katar, D., Gürbüz, B. (2008). Oğulotu (*Melissa officinalis* L.)’nda farklı bitki sıklığı ve azot dozlarının drog yaprak verimi ve bazı özellikler üzerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences* 14(01):78-81.
- Kazeminasab, A., Yarnia, M., Lebaschy, M. H., Mirshekari, B., Rejali, F. (2016). The effect of vermicompost and pgpr on physiological traits of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant under drought stress. *Journal of Medicinal plants and By-Products* 5(2):135-144.
- Kızııl, S. (2009). Farklı hasat dönemlerinin oğul otu (*Melissa officinalis* L.)’nda bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(01):20-24.
- Mafakheri, S., Hajivand, Sh., Zarrabi, M. M., Arvane, A. (2016). Effect of bio and chemical fertilizers on the essential oil content and constituents of *Melissa officinalis* (Lemon Balm). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 19(5):1277–1285.
- Sağlam, B. (2005). Organik gübre ile ontogenetik ve diurnal varyabilitenin labiatae familyasına ait bazı bitkilerde (*Origanum onites* L., *Melissa officinalis* L., *Thymus praecox*) verim ve önemli kalite özellikleri üzerine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Sarı, A.O., Ceylan, A. (2002). Yield characteristics and essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) grown in the Aegean region of Turkey. *Turk J Agric For.* 26:217-224.
- Tansı, S., Özgüven, M. (1995). Farklı ekolojilerde Limon otu (*Melissa officinalis*)’nun uygun çoğaltma tekniklerinin belirlenmesi. *Çukurova Üniv. Zir. Fak. Derg.* 10(2):33-42.
- TÜİK. (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı, Erişim tarihi: 09.09.2024, <https://www.tuik.gov.tr>
- Ulus, F. (2021). Farklı gübre uygulamalarının *Nigella damascena* L. (Şam Çörekotu) bitkisinde sekonder metabolit ve sitotoksik aktivite üzerine etkisi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Karaman.
- Uyanık, M., Gürbüz, B. (2015). Effect of Ontogenetic variability on essential oil content and its composition in lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 12(1):91-96.
- Yadav, S. K. (2010). Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(3):515-527



Research Article

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Selim YAŞA¹, Korhan ÖZCEYLAN^{*2}, Özgül GÖRMÜŞ²

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of different irrigation levels on yield and fiber quality characteristics of cotton cultivars. The research was conducted at Cukurova University, Faculty of Agriculture, Field Crops Research and Experiment Station located in Sarıcam district of Adana during the 2021 growing season. The experiment included three different water applications (I₂₅, I₅₀, and I₁₀₀) determined based on measurements of yield components. Four cultivars (Fiona, May 344, May 455, and May 505) were widely grown in the region used in the study. The results showed that plant height, number of sympodial branches and bolls, 100 seed weight, ginning yield, seed cotton yield, fiber length, and fiber strength were significantly reduced with increasing water stress in irrigation water. May 455 variety showed more suitable fiber fineness in I₂₅ irrigation treatment. The May455 cultivar can be recommended as a promising alternative for the coarse fiber problem, which is one of the biggest challenges in the textile industry. Finally, in the semi-arid climate zone of the Çukurova region, full irrigation practices remain advantageous for cotton production when water resources are abundant. However, this study shows that a 50% reduction in irrigation treatment can still provide acceptable fiber quality parameters for the textile industry. Therefore, in water scarcity scenarios, a 50% curtailment irrigation practice (I₅₀) is recommended for cotton cultivation in the region.

Keywords: Water stress, Yield components, Fiber quality, Irrigation practices

Kısıntılı Su Uygulamalarının Pamuğun (*Gossypium hirsutum* L.) Verim Bileşenleri ve Lif Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, farklı sulama düzeylerinin pamuk çeşitlerinde verim ve lif kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırmaktır. Araştırma, 2021 yetiştirme sezonunda Adana'nın Sarıcam ilçesinde bulunan Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Deneme İstasyonunda yürütülmüştür. Deneme, verim bileşenlerinin ölçümlerine dayalı olarak belirlenen üç farklı su stresi seviyesini (I₂₅, I₅₀ ve I₁₀₀) içermektedir. Çalışmada bölgede yaygın olarak yetiştirilen dört çeşit (Fiona, May 344, May 455 ve May 505) kullanılmıştır. Sonuçlar, sulama suyunda su stresi arttıkça bitki boyu, meyve dalı ve koza sayısı, 100 tohum ağırlığı, çirçir randımanı, kütü pamuk verimi, lif uzunluğu ve lif mukavemetinde önemli ölçüde azalma olduğunu göstermiştir. May 455 çeşidi I₂₅ sulama konusunda arzu edilir seviyede lif inceliği göstermiştir. Tekstil endüstrisindeki en büyük zorluklardan biri olan kaba lif sorunu için May455 çeşidi umut verici bir alternatif olarak önerilebilir. Son olarak, Çukurova bölgesinin yarı kurak iklim kuşağında, su kaynakları bol olduğunda tam sulama uygulamaları pamuk üretimi için avantajlı olmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, bu çalışma, sulama suyu miktarında %50'lik bir azalmanın yine de tekstil endüstrisi için kabul edilebilir lif kalitesi parametreleri sağlayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, su kıtlığı senaryolarında, bölgede pamuk yetiştiriciliği için %50 kısıntılı sulama uygulaması (I₅₀) önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su stresi, Verim bileşenleri, Lif kalitesi, Sulama uygulamaları

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0007-1925-4464, 0000-0003-0226-6198, 0000-0003-2214-6708

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 27.11.2024

Kabul Tarihi: 18.04.2025

¹ Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

*E-posta: kozceylan@cu.edu.tr

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Introduction

Cotton is one of the world's most important industrial crops, producing natural fiber and vegetable oil, and it is highly adaptable to many climates. However, current cotton varieties grown as annuals experience serious problems in plant morphology, physiology, metabolism, and production caused by water stress at all stages of growth, especially during flowering (Pettigrew, 2004). Intensive selection for high fiber yields has resulted in modern cotton varieties. However, the genetic variability in drought tolerance and in the efficiency of water use tends to be reduced by this selection. Cotton species *G. hirsutum* and *G. barbadense* exhibit significant differences in physiological traits such as water use efficiency and photosynthetic rate. Adequate water availability for optimum plant growth and development is critical in cotton production (Radin et al., 1992).

As the impact of global climate change intensifies, water resources for crop production are progressively declining (Barnabás et al., 2008). Therefore, it is crucial to understand how drought stress induces alterations in the ecological and morphological characteristics of the cotton plant (dos Santos et al., 2022). The response of a plant species to water stress can vary significantly depending on the specific plant and the stage of its growth cycle (Saini, 1999). Drought affects photosynthesis by reducing CO₂ assimilation, leaf water potential, and stomatal conductance. As a result, the proportion of assimilates available for photosynthesis is reduced, which in turn affects growth and development, leading to decreased yields (Dias et al., 2018; Asif et al., 2023).

The interval between squaring and flowering is critical to the growth and development of cotton plants (Oosterhuis, 1990). Pettigrew (2004) notes that drought stress, which can occur during this period, negatively affects cotton yield. In conclusion, the morphological and physiological processes of the plant under drought are correlated with a decline in cotton yield. Drought stress affects both fiber quality and yield (Tunalı et al., 2019). The primary objective for cotton growers is the quality of the fiber, given the increased demand for quality fiber resulting from developments in the textile industry

(Wendel & Cronn, 2003). Many researchers have reported that drought during the cotton fiber elongation period negatively affects fiber fineness, fiber length, and fiber strength (Mert, 2005; Basal et al., 2009;). However, it has also been reported that fiber properties are not sensitive unless water stress is very severe (Roth et al., 2013).

One of the most important strategies in areas where water is limited, and irrigation opportunities are restricted is implementing efficient irrigation practices. Since cotton is a water-intensive crop, much research has been conducted on the effects of water deficit on cotton in our country (Tunalı et al., 2019; Goren & Basal, 2020; Odabasioğlu & Copur, 2023; Tuylu & Akin, 2023). Research shows that when water is limited, low yields are observed in plants that use a lot of water. Consequently, the principal objective of research in diverse climates is to ascertain the quantity of irrigation water required to minimize yield loss.

This study was conducted to investigate the yield and fiber quality characteristics of cotton cultivars under water stress conditions induced by different irrigation levels using a drip irrigation system in the Cukurova region.

Materials and Method

The study was conducted at the experimental area of the Department of Field Crops at Cukurova University, in the cotton growing season of 2021, with 3 replications according to the split plot experiment design within a Randomized Complete Block Design (RCBD), with irrigation levels as the main plots (I₂₅, I₅₀ and I₁₀₀) and cultivars as the subplots. Plots consisted of four rows spaced 70x10 cm apart and 7 m in length. Cotton (*G. hirsutum* L.) cultivars, Fiona, May344, May455 and May505, which are widely cultivated in the region, were used as plant material (Table 1). The area is known for its Mediterranean climate, which is defined by hot, dry summers and mild, rainy winters. The experimental site's soil had a low salt content of 0.27 mmhos/cm and was primarily clay-loam in composition. The weed management strategy involved the use of pre-sowing herbicides. Other cultural practices were performed in accordance with local practices.

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Table 1. Some information about cotton cultivars.

Cultivars	LP (%)	FL (mm)	FS (g/tex)	Earliness	Drought	Source
Fiona	44-46	30-32	33-35	Mid-Lately	Tolerant	BASF®
May344	41-43	29-31	29-31	Early	Tolerant	MAY Seed®
May455	44-46	31-32	32-35	Early	Tolerant	MAY Seed®
May505	43-45	31-32	32-36	Mid-Early	Tolerant	MAY Seed®

LP: Lint Percentage, FL: Fiber Length, FS: Fiber Strength

Irrigation treatments

Replacement of soil water consumption is the basis for irrigation practices. The term "consumption" is defined as the difference between the depth of water retained in the root zone at the time of irrigation and the depth of water retained in the root zone at field capacity. The irrigation treatments were the full irrigation treatment (I_{100}) and the deficit irrigation treatment (I_{50} and I_{25}). Under full irrigation (I_{100}), soil moisture was monitored and when 40% of the available moisture in the 120 cm soil profile was consumed, enough irrigation water was applied to restore the losing moisture to the field capacity. The first irrigation was performed when 40% of the available capacity had been reached, and subsequent irrigations were performed considering the total evapotranspiration over an 8-day irrigation interval. 50% and 25% of the amount given to the full irrigation treatment was applied to the deficit irrigation treatment. Soil moisture in the treated plots was monitored at one-week intervals, using the gravimetric method. The wet weights of the soils taken from 0-30, 30-60 and 60-90 cm depths at 5-day intervals were weighed, dried in an oven at 105 °C to constant weight, and the soil moisture was determined as a percentage by weight. While determining the amount of irrigation water given to the plots in each irrigation, the available water holding capacity of the soil was determined in terms of depth (Keten et al., 2019). The amount of irrigation water to be applied was calculated using Class A pan, plant pan coefficients and

wetting percentage values. For this purpose, cumulative open water surface evaporation values measured at Class A pan irrigation intervals were used (Tuyulu & Akin, 2023). The amount of irrigation water was calculated the following equation 1:

$$I = A \times E_p \times K_{cp} \times P \quad (1)$$

I : Amount of irrigation water (L),

A: Parcel area (m²),

E_p : Cumulative evaporation at irrigation intervals (mm, Class A Pan),

K_{cp} : Plant-pan coefficient,

P : Percent Cover (%)

In the study, the percentage of wetted area value (P) was taken as 100% for hoe crops planted in the row. The first irrigation was applied 71 days after sowing, when 40% of the available water holding capacity had been used, the next irrigations were applied according to the 8-day irrigation interval and the last irrigation was applied 128 days after sowing. The total amount of irrigation water applied to each subject was 690 mm for I_{100} , 350 mm for I_{50} and 175 mm for I_{25} (Table 2). Irrigation water was provided by a drip irrigation system. In the study, the gaps left to prevent infiltration were determined as 3 m among the blocks and 2 m among the plots.

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Table 2. ET₀ (mm), Total Irrigation Water (mm) and Total Rainfall (mm)

Irrigation Application	ET ₀ (mm)	Total Irrigation Water (mm)	Total Rainfall (mm)
I ₁₀₀	748	690	
I ₅₀	408	350	58
I ₂₅	233	175	

Measurement of seedcotton yield (kg ha⁻¹) and morphological characteristics

The yield was determined by harvesting the central two rows of each plot by hand and subsequently weighing the seedcotton. The plant height, number of sympodial branches, number of bolls per plant were measured on 10 randomly selected plants from each plot, and the results were averaged. The lint percentage and 100 seed weight characteristics were determined from a random sample of 30 bolls from each replication. The 100 seed weight value was determined by weighing the seeds obtained from ginned cotton samples in groups of four on a balance with a sensitivity of 0.01 g. Lint percentage was measured using the following equation 2:

$$\text{Lint Percentage (\%)} = [\text{LW} / \text{SCW}] \times 100 \quad (2)$$

LW: Lint Weight (g)

SCW: Seedcotton Weight (g)

Measurements of fiber quality characteristics

The fiber technological properties, including fiber length (mm), fiber fineness (mic) and fiber strength (g/tex), were determined by the HVI 1000 device using 30 bolls randomly selected from each replication.

Statistical analysis

Statistical analysis of the data was performed using MSTAT-C software. The LSD test was used to compare the difference between means.

Results and discussion

Plant height (cm)

Mean plant height varied significantly between irrigation levels, with the tallest plants being 126.7 cm at I₁₀₀, followed by a significant difference at I₅₀ (113.1 cm) and the shortest plants (88.4 cm) at I₂₅ (Table 3). Plant height is sensitive to water availability during the plant's growth and development. Therefore, cotton plant growth slows under deficit irrigation conditions, and plant height remains short (Saleem et al., 2016).

Plant height varied between 104.2 cm and 115.4 cm between cultivars, the highest plant height being 115.4 cm for variety May 505, followed by variety May 344 with a significant difference, and the shortest plant height being 104.2 cm for variety Fiona (Table 3). Differences in height between cultivars may be due to differences in the genetic structure of the cultivars and their different responses to cultural practices. The effect of irrigation level on plant height was more pronounced for the mid-late variety (Fiona). This may be because it has a longer growing season than the early cultivars and therefore requires more water. Similar findings were reported by Ödemis et al., 2018; Ekinici & Basbag, 2019; Uzen et al., 2019.

Seedcotton yield (kg ha⁻¹)

The highest seedcotton yield (4549.2 kg ha⁻¹) was obtained from full irrigation (I₁₀₀), followed by I₅₀ (3372.5 kg ha⁻¹), and the lowest seedcotton yield (2349.2 kg ha⁻¹) was obtained from I₂₅ (Table 3). There was a significant reduction in seedcotton yield in the I₅₀ plots exposed to water deficit compared to the full irrigation plots. Our findings confirm with Basal et al., 2009; Hu et al., 2018; Karademir et al., 2011; Papastylianou

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

& Argyrokastritis, 2014. Water stress caused significant reductions in boll number, boll weight (not given) and lint percentage, which are important yield components, compared to the full irrigation treatment, resulting in low seedcotton yield. The appropriate level of irrigation contributed to the accumulation of photosynthetic products, which had a positive effect on the number of sympodial branches and the growth of bolls. According to a previous study, assimilate accumulation promoted the activity of plant roots and physiological

development, resulting in an increase in seedcotton yield (Kumar et al., 2022).

Seedcotton yield ranged from 3164.4 kg ha⁻¹ to 3640 kg ha⁻¹ among the cultivars, with cultivar May 505 having the highest yield of 3640 kg ha⁻¹. The seedcotton yields of Fiona and May 455 were similar and significantly lower than those of variety May 505, and the lowest seedcotton yield of 3164.4 kg ha⁻¹ was observed for variety May 344 (Table 3). Differences in seedcotton yield between cultivars may be due to differences in the genetic structure of the cultivars and different irrigation water levels.

Table 3. Mean plant height (cm), seedcotton yield (kg ha⁻¹), number of sympodial branch, number of bolls, lint percentage (%) and 100 seed weight (g) values obtained from different cultivars and level of irrigation water applied in 2021.

Variations	Plant height (cm)	Seedcotton yield (kg ha ⁻¹)	No. of sympodial branches	No. of bolls	Lint percentage (%)	100 Seed weight (g)
Cultivars (C)						
Fiona	104.2 ^d	3455.6 ^b	13.72 ^a	12.63 ^b	42.09	10.44
May344	110.6 ^b	3164.4 ^c	12.61 ^b	10.97 ^d	41.28	10.77
May455	107.3 ^c	3455.6 ^b	12.84 ^b	11.98 ^c	41.91	10.29
May505	115.4 ^a	3640 ^a	14.08 ^a	13.51 ^a	41.84	10.6
LSD(0.05)	2.99	14.31	0.55	0.54	NS	NS
Irrigation (I)						
I ₂₅	88.4 ^c	2349.2 ^c	10.12 ^c	6.84 ^c	38.94 ^c	8.75 ^c
I ₅₀	113.1 ^b	3372.5 ^b	13.72 ^b	11.61 ^b	42.27 ^b	10.73 ^b
I ₁₀₀	126.7 ^a	4549.2 ^a	16.09 ^a	18.37 ^a	44.13 ^a	12.10 ^a
LSD(0.05)	12.62	269.2	0.37	1.56	1.07	0.28
Interaction (IxC)						
I ₂₅ xFiona	87.3 ^f	2366.7 ^f	10.5 ^e	7.13	38.57	8.53
I ₂₅ xMay344	84.7 ^f	2236.7 ^f	8.47 ^f	5.83	38.83	8.37
I ₂₅ xMay455	82.7 ^f	2336.7 ^f	9.8 ^e	6.43	39.33	9
I ₂₅ xMay505	99.0 ^e	2456.7 ^f	11.77 ^d	7.97	39.03	9.1
I ₅₀ xFiona	106.7 ^d	3376.7 ^{de}	14.63 ^b	11.93	43.1	10.63
I ₅₀ xMay344	115.0 ^{bc}	3243.3 ^e	13.67 ^c	9.57	41.7	10.73
I ₅₀ xMay455	111.7 ^{cd}	3346.7 ^{de}	12.33 ^d	11.5	42.47	10.8
I ₅₀ xMay505	119.0 ^b	3523.3 ^d	14.23 ^{bc}	13.43	41.8	10.73
I ₁₀₀ xFiona	118.7 ^b	4623.3 ^b	16.03 ^a	18.33	44.6	12.17
I ₁₀₀ xMay344	132.0 ^a	4013.3 ^c	15.7 ^a	17.5	43.3	11.77
I ₁₀₀ xMay455	127.7 ^a	4620 ^b	16.4 ^a	18	43.93	12.5
I ₁₀₀ xMay505	128.3 ^a	4940 ^a	16.23 ^a	19.13	44.7	11.97
LSD(0.05)	5.18	24.78	0.95	NS	NS	NS
Grand mean	109.39	3423.6	13.31	12.27	41.78	10.53

NS: Not significant, LSD: Least significant differences

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Number of sympodial branches

The highest number of sympodial branches per plant was in the I₁₀₀ trial with 16.09 number plant⁻¹, followed by the I₅₀ trial with a significant difference (13.72), and the lowest number of sympodial branches was in the I₂₅ trial with 10.13 (Table 3). This result shows that cotton is a plant with indeterminate growth characteristics and that it forms a greater number of sympodial branches more quickly and a greater number of sympodial branches under full irrigation conditions.

When considering the number of sympodial branches among the cultivars, it was observed that it varied between 12.61 and 14.08. The highest number of sympodial branches was recorded in May 505 (14.08) and Fiona (13.72), while the lowest number of sympodial branches was recorded in May 455 (12.84) and May 344 (12.61) (Table 3). Differences are attributed to responses to different irrigation practices. Similar to this study, previous studies reported that the highest number of sympodial branches occurred in full irrigation subjects (Tunali et al., 2019), while different irrigation water amounts were reported to have no effect on sympodial branch number (Uzen et al., 2019).

Lint Percentage (%)

The lint percentage value decreased significantly due to the irrigation water deficit, and the highest value was obtained from the I₁₀₀ trial with 44.13% and the lowest value was obtained from the I₂₅ trial with 38.94% (Table 3). It is thought that the enhancement in ginning yield observed in conjunction with full irrigation application is attributable to the augmentation in dry matter production and cellulose accumulation. However, these results contradict the results of the study, which reported a 3% increase in lint percentage under water stress conditions compared to the irrigated treatment (Mert, 2005).

Differences among cultivars in lint percentage are not significant, with average lint percentage ranging from 41.28% (May 344) to 42.09% (Fiona) (Table 3). The results of this study do not agree with those of Pettigrew (2004), who reported that lint percentage increased in some varieties and decreased in others under different irrigation conditions.

Number of bolls

When the boll number per plant values were considered in relation to irrigation levels, it was found that the number of bolls decreased significantly as the applied water levels decreased.

The highest number of bolls occurred in I₁₀₀ with 18.37, and the lowest number of bolls occurred in I₂₅ with 6.84 (Table 3). This result is due to the indeterminate growth characteristic of the cotton plant, which results in a rapid and higher number of bolls under full irrigation conditions. Under drought stress, photosynthetic activity and plant dry matter content are adversely affected because of stomatal closure in cotton plants, leaf area development is slowed, shrinkage increases due to low assimilate accumulation in the bolls, and thus boll number decreases (Lokhande & Reddy, 2014; Wang et al., 2016; Shareef et al., 2018).

The differences in the number of bolls among the cultivars were not significant, ranging from 10.97 to 13.51. The highest number of bolls was observed in variety May 505, with 13.51, and the lowest number of bolls was observed in variety May 344, with 10.97 (Table 3). This result might have been due to the different responses of the cultivars to irrigation levels. As irrigation water levels increase, dry matter accumulation in the bolls increases in the outer and upper parts of the plant, away from the main stem. In contrast, the relative rate of accumulation in the upper bolls depends primarily on the variety (Pettigrew, 2004; Snowden et al., 2013).

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

100 Seed Weight (g)

The 100 seed weight decreased significantly due to the irrigation water deficit and the highest 100 seed weight value obtained from I_{100} with 12.10 g and the lowest 100 seed weight was obtained from I_{25} with 8.75 g. The differences in 100 seed weight among cultivars were not significant, with mean 100 seed weights of 10.29 g (May 344) and 10.77 g (May 455). (Table 3). In moisture in the effective root depth of the plant was met increased (Ozkara & Sahin, 1993). 100 seed weight increased in full irrigation condition (Tunalı et al., 2019); 100 seed weight did not show any change in reduced irrigation. Different studies, 100 seed weight was found to be affected by water stress and varieties (Mert, 2005), 100 seed weight values were found between 9.31 and 11.20 in different irrigation methods and programs (Dagdelen et al., 2009), (Peynircioglu, 2014), 100 seed weight values were found to vary depending on the number and amount of irrigation water in irrigation subjects where 100%, 66%, 33% of the missing moisture in the effective root depth of the plant was met increased (Ozkara & Sahin, 1993).

Fiber Length (mm)

The values of the fiber length varied between 28.85 - 32.65 mm in relation to the water levels (Table 4). A significant increase in fiber length values was observed. This was due to the increase in water levels. The highest fiber length value was obtained in I_{100} , and the lowest fiber length value was obtained in I_{25} . Gao et al. (2020) reported that sucrose content and sucrose synthase activity decreased under moderate and severe drought conditions, resulting in low turgor pressure and a reduction in fiber length. During the early stages of fiber development, moisture deficiency affects fiber length and uniformity by altering various mechanical and physiological processes of cell elongation (Bradow & Davidonis, 2000). Similar to our study, water stress was reported to affect fiber length (Pettigrew, 2004, Hussein et al., 2011), while some studies reported no significant effect of stress (Karademir et al., 2011).

The highest fiber length value among the cultivars was found in Fiona with 31.88 mm,

followed by cultivar May-455 with an insignificant difference, while the fiber length values of cultivars May-505 and May-344 were similar and lower (Table 4). When the values were examined, all the cultivars were classified into the long fiber group (Anonymous, 1997), and all the fiber values obtained can be utilized in the textile industry. The fiber length values obtained under both I_{100} and I_{50} irrigation conditions also fall within the long fiber group. In other words, reducing the irrigation amount by 50% did not have a negative effect on fiber length. According to previous studies, some researchers reported that the responses of cotton genotypes to irrigation levels were quite significant (Karademir et al., 2011; Snowden et al., 2013; Avsar, 2019), while some researchers reported that fiber length did not vary significantly among cultivars (Ullah et al., 2017).

Fiber Fineness

Fiber fineness values varied between 4.03 and 5.47 in relation to water levels (Table 4). A significant increase in fiber fineness was observed with full irrigation compared to limited irrigation. Compared to I_{100} , the fiber fineness values for I_{50} and I_{25} were 0.67 and 1.44, respectively. Water deficit leads to the production of finer fibers, which are ideal for use in the textile industry, as evidenced by these values. According to previous studies, water stress was reported to increase the micronaire value (Pettigrew, 2004; Balkcom et al., 2006; Snowden et al., 2013; Zhang et al., 2016), while others studies reported a decrease, similar to this study (Ramey, 1982; Mert, 2005; Wang et al., 2016). The existing literature about fiber fineness responses to water stress is inconclusive. Water stress has been shown to either decrease fineness (Pettigrew, 2004) or increase it (Bradow & Davidonis, 2000), with no impact being observed in other cases (Booker et al., 2006). However, a substantial body of research has identified a negative correlation between micronaire and irrigation level (Elms et al. 2001; Balkcom et al. 2006). Economically,

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

fiber is an important component of the cotton plant. Managing fiber quality during production is a very important issue. Micronaire, a highly required property in the textile industry, is a direct measurement of cotton maturity and fineness. Fiber fineness values are classified as

3-3.9 fine, 4-4.9 medium, and 5–5.9 rough (Anonymous, 1997). According to this classification, the fiber fineness values obtained from applying water deficit in the study were in the 'medium' fiber group.

Table 4. Mean fiber length (mm), fiber fineness (mic.) and fiber strength (g/tex) values obtained from different cultivars and level of irrigation water applied in 2021.

Variations	Fiber length (mm)	Fiber fineness	Fiber strenght (g/tex)
Cultivars (C)			
Fiona	30.0 ^b	4.8	32.09 ^a
May344	30.64 ^{ab}	4.73	30.82 ^c
May455	31.18 ^a	4.73	31.36 ^b
May505	30.44 ^b	4.8	32.41 ^a
LSD(0.05)	0.72	NS	0.45
Irrigation (I)			
I₂₅	28.85 ^c	4.03 ^c	29.20 ^c
I₅₀	30.20 ^b	4.8 ^b	31.39 ^b
I₁₀₀	32.65 ^a	5.47 ^a	34.42 ^a
LSD(0.05)	1.32	0.14	0.51
Interaction (IxC)			
I₂₅xFiona	29.27	4.14 ^d	29.93
I₂₅xMay344	28.67	4.05 ^{de}	28.2
I₂₅xMay455	29.13	3.86 ^e	28.87
I₂₅xMay505	28.33	4.09 ^d	29.8
I₅₀xFiona	30.9	4.75 ^c	31.93
I₅₀xMay344	29.03	4.61 ^c	30.67
I₅₀xMay455	30.23	4.77 ^c	30.8
I₅₀xMay505	30.63	5.06 ^b	32.17
I₁₀₀xFiona	33.37	5.51 ^a	34.4
I₁₀₀xMay344	32.3	5.54 ^a	33.6
I₁₀₀xMay455	32.57	5.57 ^a	34.4
I₁₀₀xMay505	32.37	5.26 ^b	35.27
LSD(0.05)	NS	0.22	NS
Grand Mean	30.57	4.77	31.67

NS: Not significant, LSD: Least significant differences

Fiber Strength (g/tex)

Fiber strength is an expression in 'g' of the force required to break a 'tex' unit volume of fiber bundle and is determined by genotype (Basra &

Malik, 1984). The secondary wall thickening stage, which is the stage after the fiber elongation stage, provides strength to cotton fibers (Ruan, 2007).

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

In this study, fiber strength values varied between 29.20 and 34.42 g/tex according to the water levels, and fiber breaking strength increased as the water level increased (Table 4). Water stress leads to a lower accumulation of photosynthates produced in cotton plants in the reproductive organs. This results in less assimilation accumulation, especially in developing bolls. Moreover, this unbalanced accumulation of assimilates leads to competition between seeds and fiber cells in the bolls. As a result of this competition, fiber strength may be affected (Shareef et al., 2018). Similarly, in our study, it was observed that water stress affected fiber strength.

The highest fiber strength value among the cultivars was found in variety May505 with 32.41 g/tex, followed by variety Fiona with an insignificant difference, while the fiber strength value of May-344 variety was the lowest. (Table 4). Strikingly, these values were in a very strong class (Anonymous, 1997) and were within acceptable limits for the textile industry.

Conclusion

Plant height, number of sympodial branches, number of bolls, seed cotton yield, fiber length and fiber strength showed significant differences between cultivars, while 100 seed weight, lint percentage and fiber fineness were not significantly affected. However, as the amount of water applied decreased, there was a significant decrease in all the traits studied. In the semi-arid climate zone of Çukurova region, full irrigation practices continue to be advantageous for cotton production when water resources are abundant. However, this study shows that a 50% reduction in water can still provide acceptable fiber quality parameters for the textile industry. The May455 variety can be suggested as a promising alternative for the coarse fiber problem, which is one of the major challenges in the textile industry.

Acknowledgments

This study is part of the first author's master thesis. The authors are grateful to BASF and May Seed for providing the materials.

References

- Anonymous, (1997) High Volume Instruments (HVI) Catalog. Costumer information service, No: 40, Volume May, Sweden.
- Asif, M., Khan, A. A., Cheema, H. M. N., Khan, S. H., & Iqbal, Z. (2023). Cotton Germplasm Characterization for Drought Tolerance Based on Morpho-Physiological and Fiber Quality Parameters. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 55(4), 1079–1093.
<https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.4.6>
- Avşar, Ö. (2019). Pamukta Bazi Fizyolojik Parametreler İle Verim Ve Lif Kalite Özelliklerinin Su Stresi Koşullarında Değerlendirilmesi. In *Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Vol. 1, Issue 1). Siirt Üniversitesi.
- Balkcom, K. S., Reeves, D. W., Shaw, J. N., Burmester, C. H., & Curtis, L. M. (2006). Cotton yield and fiber quality from irrigated tillage systems in the Tennessee Valley. *Agronomy Journal*, 98(3), 596–602.
<https://doi.org/10.2134/agronj2005.0219>
- Barnabás, B., Jäger, K., & Fehér, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment*, 31(1), 11–38.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x>
- Basal, H., Dagdelen, N., Unay, A., & Yilmaz, E. (2009). Effects of deficit drip irrigation ratios on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fibre quality. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(1), 19–29.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00340.x>
- Basra, A. S., & Malik, C. P. (1984). *Development of the Cotton Fiber* (G. H. Bourne, J. F. Danielli, & K. W. Jeon (eds.); Vol. 89, pp. 65–113). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S00>

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

- 74-7696(08)61300-5
- Bradov, J. M., & Davidonis, G. H. (2000). Quantitation of Fiber Quality and the Cotton Production-Processing Interface: In *Processing* (Vol. 64, pp. 34–64).
- Booker JD, Bordovsky JR, Lascano J, Segarra E (2006) Variable rate irrigation on cotton lint yield and fi ber quality. In: Proceedings of Beltwide Cotton Conference. San Antonio, Texas, pp. 17681776.
- Dağdelen, N., Başal, H., Yılmaz, E., Gürbüz, T., & Akçay, S. (2009). Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. *Agricultural Water Management*, 96(1), 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.07.003>
- Derrick M. Oosterhuis. (1990). No Title. In D. M. O. W.N. Miley (Ed.), *Cover crops and Soil Ecosystem Services* (pp. 1–24). <https://doi.org/10.2134/1990.nitrogennutritionofcotton.c1>
- Dias, M. C., Correia, S., Serôdio, J., Silva, A. M. S., Freitas, H., & Santos, C. (2018). Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. *Scientia Horticulturae*, 231(December 2017), 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.007>
- dos Santos, T. B., Ribas, A. F., de Souza, S. G. H., Budzinski, I. G. F., & Domingues, D. S. (2022). Physiological Responses to Drought, Salinity, and Heat Stress in Plants: A Review. *Stresses*, 2(1), 113–135. <https://doi.org/10.3390/stresses2010009>
- Ekinci, R., & Başbağ, S. (2019). Determination of effects of deficit irrigation on some morphological properties of cotton (*G. hirsutum* l.). *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 29(4), 792–800. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.621589>
- Elms MK, Green CJ, Johnson PN (2001) Variability of cotton yield and quality. *Commun Soil Sci Plant Anal* 32: 351-368.
- Gao, M., Snider, J. L., Bai, H., Hu, W., Wang, R., Meng, Y., Wang, Y., Chen, B., & Zhou, Z. (2020). Drought effects on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fibre quality and fibre sucrose metabolism during the flowering and boll-formation period. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(3), 309–321. <https://doi.org/10.1111/jac.12389>
- Gören, H. K., & Başal, H. (2020). Kısıntılı ve Tam Sulama Koşullarında Verim ve Lif Kalitesi Bakımından Üstün İleri Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Hatlarının Seleksiyonu. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 199–206. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.702803>
- Hu, W., Snider, J. L., Wang, H., Zhou, Z., Chastain, D. R., Whitaker, J., Perry, C. D., & Bourland, F. M. (2018). Water-induced variation in yield and quality can be explained by altered yield component contributions in field-grown cotton. *Field Crops Research*, 224(1), 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.05.013>
- Hussein, F., Janat, M., & Yakoub, A. (2011). Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(6), 611–621. <https://doi.org/10.3906/tar-1008-1138>
- Karademir, C., Karademir, E., Ekinci, R., & Berekatoğlu, K. (2011). Yield and fiber quality properties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under water stress and non-stress conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(59), 12575–12583. <https://doi.org/10.5897/ajb11.1118>
- Keten, M., Değirmenci, H., & Güvercin, R. Ş. (2019). Kısıntılı Sulama Koşullarında Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Genotiplerinin Kuraklık Toleransının Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(5), 685–693. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.509483>
- Kumar, R., Pareek, N. K., Kumar, U., Javed, T., Al-Huqail, A. A., Rathore, V. S., Nangia, V., Choudhary, A., Nanda, G., Ali, H. M., Siddiqui, M. H., Youesf, A. F., Telesiński, A., & Kalaji, H. M. (2022). Coupling

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

- Effects of Nitrogen and Irrigation Levels on Growth Attributes, Nitrogen Use Efficiency, and Economics of Cotton. *Frontiers in Plant Science*, 13(May), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.890181>
- Lokhande, S., & Reddy, K. R. (2014). Reproductive and fiber quality responses of upland cotton to moisture deficiency. *Agronomy Journal*, 106(3), 1060–1069. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0537>
- Mert, M. (2005). Irrigation of cotton cultivars improves seed cotton yield, yield components and fibre properties in the Hatay region, Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 55(1), 44–50. <https://doi.org/10.1080/09064710510008658>
- Odabasioglu, C., & Copur, O. (2023). The effect of different nitrogen doses and water levels on the yield and yield components of cotton. *Journal of Plant Nutrition*, 46(15), 3643–3652. <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2209119>
- Ödemiş, B., Kazgöz, D. C., Dellice, H., & Karazincir, K. (2018). Hatay Koşullarında Farklı Su Stres Düzeylerinin Pamuk (*Gossypium Hirsutum* L.) Bitkisinde Verim ve Vejetatif Özelliklere Etkilerinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 58–75.
- Osborne, S., & Banks, J. C. (2006). *the Effects of Water Stress During Bloom*. 2005–2006.
- Papastylianou, P. T., & Argyrokastritis, I. G. (2014). Effect of limited drip irrigation regime on yield, yield components, and fiber quality of cotton under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 142, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.005>
- Pettigrew, W. T. (2004). Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. *Agronomy Journal*, 96(2), 377–383. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.3770>
- Peynircioğlu C. (2014). *Kuraklik Stresine Dayanikli Pamuk (Gossypium Hirsutum L.) Çeşit Islahında Kullanılacak Pamuk Genotiplerinin Belirlenmesi*. 149.
- Radin J.W., Reaves, L.L., Mauney, J.R., French, O. F. (1992). Yield Enhancement in Cotton by Frequent Irrigations during Fruiting. *Agronomy Journal*, 84(4), 551–557. <https://doi.org/10.2134/agronj1992.00021962008400040002x>
- Ramey, H. H. (n.d.). *The Meaning And Assessment Of Cotton Fibre Fineness Physical Meaning of Fibre Fineness*.
- Roth, G., Harris, G., Gillies, M., Montgomery, J., & Wigginton, D. (2013). Water-use efficiency and productivity trends in Australian irrigated cotton: A review. *Crop and Pasture Science*, 64(11–12), 1033–1048. <https://doi.org/10.1071/CP13315>
- Ruan, Y. L. (2007). Goldacre paper: Rapid cell expansion and cellulose synthesis regulated by plasmodesmata and sugar: Insights from the single-celled cotton fibre. *Functional Plant Biology*, 34(1), 1–10. <https://doi.org/10.1071/FP06234>
- Saini, Hargurdeep S., M. E. W. (1999). Reproductive Development in Grain Crops during Drought. *Advances in Agronomy*, 68, 59–96. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60843-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60843-3)
- Saleem, M. F., Raza, M. A. S., Ahmad, S., Khan, I. H., & Shahid, A. M. (2016). Understanding and mitigating the impacts of drought stress in cotton- A review. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(3), 609–623. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.3341>
- Shareef, M., Gui, D., Zeng, F., Ahmed, Z., Waqas, M., Zhang, B., Iqbal, H., & Fiaz, M. (2018). Impact of drought on assimilates partitioning associated fruiting physiognomies and yield quality attributes of desert grown cotton. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(4), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2646-3>
- Snowden, C., Ritchie, G., Cave, J., Keeling, W., & Rajan, N. (2013). Multiple irrigation levels affect boll distribution, yield, and

The Effect of Deficit Water Applications on Yield Components and Fiber Quality Characteristics of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

- fiber micronaire in cotton. *Agronomy Journal*, 105(6), 1536–1544. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0084>
- Tunali, S. P., Gürbüz, T., Akçay, S., & DAĞDELEN, N. (2019). Aydın Koşullarında Pamuk Çeşitlerinde Su Stresinin Verim Bileşenleri ile Lif Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1), 161–168. <https://doi.org/10.33202/comuagri.548023>
- Tuylu, G. İ., & Akin, S. (2023). Farklı sulama suyu seviyelerinin pamuk bitkisinin verim, verim bileşenleri ve lif kalite parametreleri üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12(1), 91–98. <https://doi.org/10.29278/azd.1139409>
- Ullah, A., Sun, H., Yang, X., & Zhang, X. (2017). Drought coping strategies in cotton: increased crop per drop. *Plant Biotechnology Journal*, 15(3), 271–284. <https://doi.org/10.1111/pbi.12688>
- Üzen, N., Çetin, Ö., Temiz, M. G., & Başbağ, S. (2019). Farklı damla sulama sistemleri ve sulama yönetiminin pamuk lif verimi, verim ögeleri ve lif kalitesine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 387–393. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.458025>
- Wang, R., Gao, M., Ji, S., Wang, S., Meng, Y., & Zhou, Z. (2016). Carbon allocation, osmotic adjustment, antioxidant capacity and growth in cotton under long-term soil drought during flowering and boll-forming period. *Plant Physiology and Biochemistry*, 107, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.035>
- Wendel, J. F., & Cronn, R. C. (2003). P Olypoidy and the E Volutionary. *Advances*, 78, 139–186.
- Zhang, D., Luo, Z., Liu, S., Li, W., WeiTang, & Dong, H. (2016). Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton. *Field Crops Research*, 197, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.003>



Araştırma Makalesi

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

Zehra DOĞAN¹, Ömer DORU², Veysi ACIBUCA^{3*}

ÖZ

Mardin ilinde kırmızı mercimek üreticilerinin üretim kararına etki eden faktörleri ve üretim memnuniyetini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma, çiftçilerin mercimek üretim kararını etkileyen faktörlerin incelenmesi neticesinde işletmeler ile gelecekte yapılacak akademik çalışmalar için öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Bu amaçlarla, oransal örnek hacmi kullanılarak hesaplanan 186 üreticiyle yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Veriler tanımlayıcı analizler ve yapısal eşitlik modeli (YEM) kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde üreticilerin yaş ortalaması 43.2, ortalama hane halkı sayısının 5.7 olduğu ve %46.8'inin lise mezunu olduğu belirlenmiştir. Mercimek üretilen arazilerin ortalama büyüklüğü 51.4 dekar olarak tespit edilmiştir. YEM analizi neticesinde mercimek üretim kararına sadece finansal faktörler gizil değişkeni etki etmiş olup söz konusu değişkendeki bir birimlik artış mercimek üretim kararı niyetini 0.89 birim arttırmakta, aynı şekilde finansal faktörler gizil değişkenindeki bir birimlik artış üretim memnuniyetini 0.45 birim arttırmaktadır. Araştırmaya katılan üreticilerin % 34.4'ü mercimek üretiminden memnun olduğunu ifade etmiştir. Üreticilerin en önemli sorunları olarak işgücü yetersizliği, arazilerin makineli tarıma elverişli olmaması ve desteklemelerin yetersiz olması şeklindedir. Sonuç olarak; üreticilerin mercimek üretimine devam etmelerini sağlayacak uzun vadeli tarım politikalarının uygulanması, söz konusu üründe her bölgeye uygun verimi yüksek kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi ve ülkenin tamamında kırsal ve kentsel alanlar arasındaki sosyal ve ekonomik gelişmişlik farkının en alt seviyeye düşürülmesini sağlayacak uygulamaları hayata geçirecek politikaların uygulanması suretiyle sürdürülebilirliğin sağlanması gerektiği önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mercimek, Yapısal eşitlik Modeli, Gizil Değişkenler, Mardin

Factors Affecting Farmers' Lentil Production Decision in Mardin Province

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the factors influencing the production decisions and satisfaction of red lentil producers in Mardin province, with the goal of making recommendations for both businesses and future academic research by examining the factors influencing farmers' lentil production decisions. A face-to-face survey was conducted with 186 producers using a proportionate sample size. The data was analyzed using descriptive and structural equation modeling (SEM). The data revealed that the producers' average age was 43.2, their average household size was 5.7, and 46.8% of them had completed high school. The average lentil-producing area measured 51.4 decare. According to the SEM analysis, only the latent variable of financial factors influenced the lentil production decision, with a one-unit increase in the variable increasing lentil production decision intention by 0.89 units and production satisfaction by 0.45 units. 34.4% of the producers who participated in the study's survey expressed satisfaction with the production of lentils. Insufficient subsidies, land unsuited for mechanized agriculture, and a lack of workers are the biggest problems facing farmers. Therefore, it is suggested that in order to ensure sustainability, long-term agricultural policies that permit producers to continue producing lentils, the development of high-quality, high-yield varieties appropriate for each region, and the implementation of policies that introduce practices that bring the nation's social and economic development gap between rural and urban areas down to the

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 13.11.2024

Kabul Tarihi: 02.05.2025

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı

² Mardin Artuklu Üniversitesi İİBF Fakültesi, İktisat Anabilim Dalı

³ Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım

*E-posta: veysiaticibuca@artuklu.edu.tr

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

lowest level possible are all necessary. for expanding finance options, enhancing export incentives, and providing skilled labor training.

Keywords: Lentil, Structural Equation Modelling, Latent Variables, Mardin

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-7215-6117, 0000-0001-8119-4908, 0000-0002-8478-7300

Giriş

Mercimek; baklagiller grubunda yer almakta olup hem beslenme hem de yeşil gübreleme amacıyla kullanılabilen, protein ve vitaminler bakımından zengin olması nedeniyle iştahın açılması ve açlığın giderilmesinde faydalı olan önemli bir lif kaynağıdır (Özkaya ve ark., 1998; Doğan ve ark., 2012). Hayvansal ürünlere göre daha düşük oranda yağ içermesinden dolayı kandaki yağ seviyesini düşürmekte ve kalp hastalıklarının önlenmesine yardımcı olmaktadır (Baysal. 1988).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2022 yılında Dünya genelinde mercimek ekilen alan 5.5 milyon hektar olup üretim miktarı 5.8 milyon ton, verim ortalaması ise dekara 105.6 kg'dır (FAO,2022). Dünya genelinde mercimek ekim alanı ve üretim miktarı en yüksek olan ülke Kanada olup söz konusu ülke cari yılda 1.7 milyon hektarlık alanda 2.3 milyon ton mercimek üretimi yapmıştır. Kanada dünya mercimek ekim alanlarının % 30.9'u ile üretim miktarının % 39.6'sına sahiptir. Verim ortalaması bakımından ise birinci sırada Avustralya (173.8 kg/da) gelmekte olup ekiliş alanı bakımından dünya genelinde onuncu sırada yer alan İran ise 58.0 kg/da verim ile son sırada yer almaktadır. Türkiye ise 342 577 hektar ekiliş alanı ile dünyada dördüncü sırada yer almakta olup üretim miktarı 445 000 ton, verim ortalaması ise 130 kg/da olarak belirtilmiştir (FAO, 2022). Kanada'dan sonra üretim miktarı bakımından sırasıyla Hindistan, Avustralya, Türkiye, ABD, Rusya, Nepal, Bangladeş, Kazakistan ve İran ilk on ülke arasında gelmektedir.

Türkiye'de kırmızı mercimek ekiliş alanları 2019 ve 2023 yılları arasında 242 000 ha ile 299 000 ha arasında olmuş olup söz konusu ürünün ekim alanları bakımından Güneydoğu Anadolu Bölgesi birinci sıradadır (TÜİK,2023). İller bakımından sıralamada ise Şanlıurfa ili toplam ekiliş alanının % 47.2'si, Diyarbakır %

25.0, Mardin % 6.2 ve Batman % 5.7'sini oluşturmaktadır(TÜİK,2023).

Mercimek üretimi özellikle Mardin ili açısından ayrı bir öneme sahiptir. 1990'lı yılların sonlarına kadar Mardin ilinde yaklaşık 1.1 milyon dekarlık alanda kırmızı mercimek üretimi yapılmakta iken (Doğan ve Acıbuca 2019), bu rakam 2023 yılı itibarıyla 173 000 dekara (TÜİK, 2023) kadar düşmüştür. Türkiye kırmızı mercimek üretim ve ihracatında 1994 yılına kadar dünyada birinci sırada yer alırken, belirtilen dönemden itibaren özellikle Kanada mercimeği olarak bilinen ithal mercimeğin daha düşük fiyatlarla piyasada satılması, sulama imkanlarının artmasıyla birlikte alternatif ürünlerin üretilmeye başlanması, mercimek ekilen alanlarda ortaya çıkan yabancı otlarla mücadelenin yapılamaması, arazilerin makineli hasada uygun olmaması gibi (Doğan ve Acıbuca, 2019) nedenlerden dolayı üreticilerin kırmızı mercimek üretimden vazgeçmeye başlaması nedeniyle ihracatçı konumundan ithalatçı konumuna geçmiş olup her yıl binlerce ton kırmızı mercimek ithal edilmeye başlanmıştır.

Türkiye'de farklı nedenlerle uygulanan kısa vadeli politikalar, iklim değişikliğinin etkileri ve ekonomik istikrarsızlıklar piyasada arz ve talep dengesizliklerine neden olduğu gibi çiftçilerin davranışlarına da etki edebilmekte ve uzun dönemde üretimi yapılan ürünlerden vazgeçerek alternatif ürünlere yönelmelerine dolayısıyla bazı ürünlerde üretim dalgalanmalarının olmasına neden olmaktadır. Ülkemizde baklagiller içerisinde yer alan ve üretimi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yapılan mercimek, söz konusu ürünlerin başında yer almaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı; Türkiye'nin önemli mercimek üretim merkezlerinden biri olan Mardin ilinde çiftçilerin mercimek üretimine yönelik algı ve tutumları ile üretim karar sürecine etki eden faktörlerin tespit edilmesidir. Çalışma, çiftçilerin mercimek üretim kararını etkileyen faktörlerin incelenmesi neticesinde

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

hem işletmeler hem de gelecekte yapılacak akademik çalışmalar için öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Türkiye’de konu ile ilgili çalışma olmaması sebebiyle elde edilen sonuçlar, çiftçilerin üretim kararları hakkında detaylı bilgi sahibi olarak politika yapımcıların yapılacak çiftçi eğitim çalışmalarında faydalanabilecekleri bir model olması ve buna ilave olarak akademik çalışmalarda da kaynak olarak kullanılabilmesi hedeflenmektedir. Kırsal kalkınma, ekonomi, sağlık ve çevresel etkileri göz önüne alındığında, stratejik öneme sahip olan mercimek üretiminde ekime yönelme veya vazgeçme nedenlerinin detaylı olarak araştırılması ile elde edilecek sonuçlar neticesinde geliştirilecek çözüm önerileri söz konusu ürünün üretiminin sürdürülebilirliğine önemli katkı sağlayacaktır. Ayrıca son zamanlarda üretici memnuniyetine yönelik çalışmalar önem kazanmış olup, üretici memnuniyetinin belirlenmesi ile mercimek üretiminde sürdürülebilirliğin ortaya konulmasında etkili olacaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan birincil veriler Mardin ilinde mercimek üretimi yapan üreticilerden anket yoluyla elde edilen verilerden oluşmaktadır. Anket sorularının hazırlanmasında Çetinkaya ve Aytıp (2023)’un Şanlıurfa ilinde uyguladığı anket sorularından faydalanılmış ve mercimek üreticilerine uyarlanmıştır. Anket sayısının belirlenmesinde oransal örnek hacminden faydalanılmıştır. (Newbold 1995). Sonlu bir popülasyon için belli bir özelliği taşıyanların bilinen veya tahmin edilen oranına göre örnek hacmi aşağıdaki formüldeki gibidir. P değeri popülasyon içerisinde belli bir özelliğe sahip parçaların sayısıdır. Maksimum örnek hacmine ulaşmak için $P=0.5$ alınmalıdır. P’nin 0.5’ten daha az veya daha yüksek değerleri örnek hacmini düşürür. Bu nedenle P’nin bilinmediği durumlarda maksimum örnek hacmiyle çalışmak olası hatayı azaltacağından $P=0.5$ alınmalıdır (Aksoy ve Yavuz, 2012).

$$n = \frac{N * p(1 - p)}{(N - 1)\sigma_p^2 + p * (1 - p)}$$

Formülde;

n= örnek büyüklüğü, N= popülasyon büyüklüğü
p= mercimek üreticilerinin oranı (maksimum örnek büyüklüğü için 0.5 olarak alınmıştır), σ_p^2 = oranın varyansını (% 95 güven aralığında ve % 5 hata payı ile) ifade etmektedir. Hesaplama neticesinde örnek büyüklüğü 186 olarak tespit edilmiştir. Anket sayılarının ilçelere dağıtılmasında ise Mardin Tarım ve Orman Müdürlüğü’nün ilçe bazlı mercimek üretici sayısı esas alınmış olup üretici sayısı ve üretim miktarının en yoğun olduğu Midyat, Mazıdağı, Savur ve Nusaybin ilçelerinde her ilçenin üretici sayısı esas alınarak oransal olarak belirlenmiştir.

Araştırmada mercimek üreticilerinin sosyal ve demografik özelliklerinin belirlenmesinde tanımlayıcı analizlerden (frekans ortalamaları, yüzdelik vs) faydalanılmıştır. Mercimek üretiminin karar vericilerinin belirleyicilerinin tespit edilmesi için ise yapısal eşitlik modeli (YEM) kullanıldı. YEM, faktör analizi ve çoklu regresyon analizinin bir kombinasyonudur. Genellikle kompleks ilişkili araştırmalarda kullanılan gözlenen ve gözlenmeyen değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri ölçmede kullanılan kapsamlı bir istatistiki yöntemdir (McQuitty, 2014). Gözlenmeyen (gizil) değişkenler modelin en önemli kavramlarından biridir ve araştırmacının gerçekte ilgilendiği duygu, tutum gibi soyut kavramlara ya da psikolojik faktörlere karşılık gelir (Sumer, 2000). Ölçüm güvenilirliği ve geçerliliği Cronbach's α , ortalama açıklanan varyans (average variance extracted, AVE), kompozit güvenilirlik (CR) ve doğrulayıcı faktör analizi ile değerlendirilmiştir. Cronbach alfa değerleri, 0.7’nin üzerindeyse genellikle tatmin edici kabul edilir, ancak 0.7 ile 0.6 arasındaki değerler de kabul edilebilir (Gliem and Gliem, 2003). Teorik modellerin değerlendirilmesinde R^2 , path katsayıları ve bunların anlamlılık düzeyleri de incelenmiştir. Veri analizleri istatistiksel yazılım paketi SPSS (22.0) ve AMOS (24.0) kullanılarak yapılmıştır. Mardin ilinde üreticilerin kırmızı mercimek üretim kararına ve memnuniyetine etki eden faktörlerin belirlenmesi için aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur.

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

H1: Finansal faktörler kırmızı mercimek üretim niyetinin devam etmesine doğrudan etki etmektedir.

H2: Çevresel faktörler kırmızı mercimek üretim niyetinin devam etmesine doğrudan etki etmektedir.

H3: Politik faktörler kırmızı mercimek üretim niyetinin devam etmesine doğrudan etki etmektedir.

H4: Finansal faktörler kırmızı mercimek üretim memnuniyetini doğrudan etkilemektedir.

H5: Çevresel faktörler kırmızı mercimek üretim memnuniyetini doğrudan etkilemektedir.

H6: Politik faktörler kırmızı mercimek üretim memnuniyetini doğrudan etkilemektedir.

H7: Kırmızı mercimek üretim memnuniyeti, üretim niyetinin devam etmesine doğrudan etki etmektedir.

Bulgular

İşletmecilerin sosyo-ekonomik durumu

İncelenen işletmelerdeki üreticilerin % 98.9'u erkek, % 1.1'i ise kadın olarak belirlenmiş olup bölgenin ataerkil yapısı ve arazilerin genel olarak erkekler tarafından işleniyor olmasının kadın üretici sayısının az olmasına etki ettiği tahmin edilmektedir. Mardin ilinde yapılan birçok araştırmada da (Acıbuca ve Budak, 2021; Kaplan ve Ayaz, 2023) bitkisel ve hayvansal üretimde kadın üretici sayısının düşük olduğu belirlenmiştir. Ankete katılan üreticilerin ortalama yaşı 43.2 ± 8.8 olup en genç üretici 33 yaşında en yaşlı olanı ise 73 yaşındadır. Üreticilerin % 95.7'si evli olup % 4.3'ü bekar bireylerden oluşmaktadır. İlçeler bazında üreticilerin medeni durumu açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı ($p=0.390$) belirlenmiştir. Araştırma bölgesinde ortalama hane halkı sayısı 5.7 ± 1.1 kişi olarak tespit edilmiştir. Hane halkı sayısı en yüksek olan kişilerin oranı % 30.1 ile 5 kişilik ailesi olan üreticilerdir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2022 yılında Türkiye'deki ortalama hane halkı sayısı 3.17 kişi olarak tespit edilmiştir (TÜİK, 2022). Araştırmadan elde edilen sonuçlar Mardin ilindeki mercimek üreticilerinin ortalamanın üstünde hane halkı sayısına sahip olduğunu göstermektedir.

İncelenen işletmelerdeki üreticilerin % 22.6'sı ilkokul, % 24.2'si ortaokul, % 46.8'i lise ve % 6.5'i üniversite mezunu olduğunu belirtmiştir. Mardin ilindeki üreticilerle ilgili yapılan çalışmalarda; Çakır ve ark., (2015) Savur ilçesindeki üzüm üreticilerinin % 75.0'inin ilkokul mezunu olduğunu belirtirken, Acıbuca (2021) buğday üreticilerinin % 40.0'ının ilkokul mezunu olduğunu ve üniversite mezunu olanların oranının ise % 8.3 olduğunu bildirmiştir. İncelenen ilçeler arasında üreticilerin eğitim durumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı ($p=0.633$) olduğu belirlenmiştir.

Araştırmaya katılan üreticilerin % 52.2'si sosyal güvenceye sahip olduğunu, % 47.8'i sosyal güvencesi olmadığını belirtmiştir. Sosyal güvencesi olanların oranı Mazıdağı ilçesinde % 69.4, Midyat ilçesinde % 45.1, Nusaybin ilçesinde % 77.8 ve Savur ilçesinde % 33.3 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin bulunduğu ilçeler ile üreticilerin sosyal güvenceye sahip olma durumunun birbirinden bağımsız olmadığı ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p=0.004$) olduğu belirlenmiştir. Tarım dışı gelire sahip olan üreticilerin oranı %30.1 olarak tespit edilmiş olup bu oran Mazıdağı ilçesinde % 34.7, Midyat ilçesinde % 25.7, Nusaybin ilçesinde %66.7 ve Savur ilçesinde % 30.1 olarak tespit edilmiştir. Tarım dışı gelire sahip olma durumu açısından da incelenen ilçelerdeki üreticiler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0.000$). Kızıloğlu (2017), Konya ilinde yaptığı çalışmada üreticilerin % 74.0'ünün tarım dışı gelire sahip olduğunu bildirmiş olup, Kaplan ve Ayaz (2023) ise Mardin ilinde kiraz üreticileriyle yaptıkları çalışmada tarım dışı gelire sahip olma durumunu % 55.85 olarak bildirmiştir.

Üreticilerin % 76.9'u sadece bitkisel üretim faaliyeti yaparken, % 23.1'i hem bitkisel üretim hem de hayvansal üretim yaptığını ifade etmiştir. Bitkisel üretimle birlikte hayvansal üretim yapanların oranının en yüksek olduğu ilçe Mazıdağı (% 26.5) olarak belirlenmiştir. Nusaybin ilçesinde ise hem bitkisel hem hayvansal üretim yapan çiftçi tespit edilememiştir. Üreticilerin tarımsal faaliyetlerde çalışma süresi ortalama 23.1 yıl olarak tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek ekim

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

süreleri ortalaması ise 12.7 yıl olarak belirlenmiştir.

İşletmelerin ortalama arazi büyüklüğü 86.3 da olarak tespit edilmiş olup arazi genişliği en fazla 450 da, en az 20 da olarak bildirilmiştir. Mercimek ekilen arazilerin ortalama büyüklüğü ise 51.4 da olarak belirlenmiş olup en büyük arazi 85 da en küçük arazi ise 20 da olarak tespit edilmiştir. İşletmelerde dekara ortalama mercimek verimi 105.8 kg, en yüksek verim 175 kg/da, en düşük verim ise 80 kg/da olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler Mardin ilindeki verim ortalamasının Türkiye ortalamasının altında olduğunu göstermektedir. Karadaş ve ark., (2018) Midyat ilçesinde yaptıkları çalışmada ortalama mercimek verimini 152.8 kg/da olarak bildirmiştir.

Yapısal Eşitlik Modeli Sonuçları

Model uyum iyiliğinin değerlendirilmesi

Model uyum iyiliğinin değerlendirilmesinde ki-karenin serbestlik derecesine oranı (X^2/DF), ortalama karekök yaklaşıklık hatası (RMSEA),

karşılaştırmalı uyum indeksi (CFI), artımlı uyum indeksi (IFI), uyum iyiliği derecesi indeksi (GFI), normlu uyum indeksi (NFI), normlanmamış uyum indeksi (TLI) ve düzeltilmiş uyum iyiliği derecesi indeksi (AGFI) kullanılmıştır. Hu ve Bentler (1999), CFI değerinin 0.95'den büyük, diğer ölçütlerin 0.90'dan büyük olması gerektiğini önermiştir. Schumacker ve Lomax (2004), X^2/DF için 1-5 arasındaki değerlerin, GFI ve NFI için 0.95'e yaklaşan değerlerin iyi uyumu sağlayacağını önermektedir. Elde edilen sonuçlar model için gerekli olan uyum iyiliği değerlerinin tamamının sağlandığını göstermektedir. X^2 'nin serbestlik derecesine (DF) oranı modelin uyum iyiliğinin kabul edilmesinde en önemli ölçüttür. Söz konusu değer 5'ten küçük olması gerekir ancak kabul edilebilir uyum iyiliği için 3'ten küçük olması istenmektedir. Araştırmamız neticesinde yapılan analiz sonucunda X^2/DF değerinin (1.98) 2'den küçük olması model uyum iyiliğinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yapısal eşitlik modeli uyum iyiliği değerleri sonuçları

	Kriter	Analiz Sonucu
X^2	-	160.428
DF	-	81
X^2/DF	<5	1.980
P	-	0.000
RMSEA	<0.10	0.073
CFI	>0.95	0.981
IFI	>0.90	0.980
NFI	>0.95	0.962
TLI	>0.90	0.975
AGFI	>0.80	0.872

Modelin güvenilirlik ve geçerliliğine ilişkin sonuçlar

Ölçüm modelinin güvenilirlik ve geçerliliği; faktör analizi, Cronbach's α , ortalama açıklanan varyans (average variance extracted, AVE) ve kompozit güvenilirlik (CR) ile yapılmıştır. Tüm gizli değişkenler için Cronbach's α değeri 0.7'den büyük olduğundan modelin güvenilirliğinin yüksek olduğu ifade edilebilir. En düşük AVE değeri politik faktörler için 0.749 olarak tespit edilmiş ancak tüm gizli değişkenlerde yapısal eşitlik için gerekli olan

benzeşme geçerliliği olan kritik değerden (0.5) daha yüksek değerler elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu da örtük değişkenin göstergelerin varyansının %50'sinden fazlasını yakaladığı anlamına gelir. Gösterge yükleri modeldeki tüm göstergeler için 0.7'nin üzerinde olduğundan gizli değişken göstergelerin varyansının yarısından fazlasının ortalamasını açıklayabilmektedir (Purwanto & Sudargini, 2021). CR değeri de aynı şekilde tüm gizli değişkenler için 0.7 kritik değerinin üzerinde olup en düşük CR değeri politik faktörler için 0.738 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

modeldeki tüm değişkenler için gerekli olan güvenilirlik değerlerinin elde edilmiş olduğu söylenebilir.

Araştırmada üreticilerin kırmızı mercimek üretimine devam etmelerini etkileyebileceği düşünülen 14 soru yöneltilmiştir. Söz konusu sorulara ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Değişkenlere ilişkin sonuçlar mercimek üretimine devam etmeyi etkileyebileceği düşünülen ortalama en yüksek (3.65) olan faktörün, üreticilerin arazi yapılarının mercimeğe uygun olmasıdır. Araştırma yapılan ilçelerin genellikle dağlık bölgede olması ve üretici sorunları bölümünde de açıklanacağı üzere Mazıdağı ve Midyat ilçelerinde birçok araziye giden yolların elverişli olmaması nedeniyle buğday, arpa gibi zorunlu olarak biçerdöverlerin kullanılması gereken araçların ulaşımının olmaması nedeniyle mercimek ekimi yaptıkları anlaşılmaktadır. Bu sonuç aslında araştırmanın bir sınırlaması olarak da değerlendirilebilir. Zira

arazi yapısının uygun olması durumunda ova kesimindeki üreticiler gibi mercimek ekiminden vazgeçme durumları da ortaya çıkabilecektir. Ortalaması en yüksek olan ikinci faktör ise ürünün satış fiyatıdır. Son yıllarda mercimek ekim alanlarının azalması ve yerli mercimeğe olan talebin yüksek olması nedeniyle mercimek fiyatlarının yükselmesinin üretici memnuniyetini arttırdığı düşünülmektedir. Kırmızı mercimek üretiminden memnun olan üreticilerin oranı %34.4 olarak tespit edilmiştir. Araştırma neticesinde ortalama en düşük olan değişkenler ise politik faktörlere ilişkin sorulardır. Üreticiler mercimek ürünü için verilen desteklemeler ile yapılan müdahalelerin yeterli olmadığını düşünmektedir. Mercimek desteklerinin yüksek olmasına ilişkin faktörün ortalama 2.76, fiyatlara devlet müdahalesine ilişkin faktör ortalama 2.66 ve tohum desteklerinin daha çok olduğunu düşünmelerine ilişkin faktör ortalama 2.59 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Tahmin Modeli İçin Güvenilirlik ve Geçerlilik Analizi Sonuçları

Gizli Değişkenler	Ort.	S.S	Faktör Yüğü	Cronbach's .α	CR	AVE
Finansal Faktörler (FF)						
Verimi yüksektir	3.50	1.26	0.923***			
Satış fiyatı diğer ürünlere göre yüksektir	3.62	1.08	0.922***			
Masrafları daha azdır	3.55	1.15	0.954***	0.965	0.870	0.833
Ürün kayıpları daha azdır	3.56	1.10	0.933***			
Pazarı diğer ürünlere göre daha çoktur	3.55	1.07	0.934***			
Çevresel Faktörler (ÇF)						
Bölgede yaygın olarak üretilmesi üretim kararımı etkiliyor	3.52	1.16	0.933***			
Geleneksel olarak ürettiğimiz bir ürün olması üretim kararımı olumlu etkiliyor	3.45	1.03	0.925***	0.928	0.827	.799
İklim koşullarımız açısından elverişlidir	3.44	1.05	0.894***			
Arazimin yapısı mercimek üretimine uygundur	3.65	1.22	0.885***			
Politik Faktörler (PF)						
Mercimek desteğinin daha çok olduğunu düşünüyorum	2.76	1.19	0.874***			
Fiyatlara devlet müdahalesinin olması kararımı olumlu etki ediyor	2.66	1.15	0.892***	0.853	0.738	0.749
Tohum desteğinin daha yüksek olması kararımı olumlu etki eder	2.59	1.08	0.810***			
Üretim Niyeti (NYT)						
Gelecekte mercimek üretimine devam etmeyi düşünüyorum	3.77	1.15	0.937***	0.893	0.898	0.666
Çevremdekileri mercimek üretimine teşvik	3.71	1.12	0.959***			

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

edebilirim

***p <0.001, Kriterler: Faktör yükleri > 0.7, CR > 0.7, AVE > 0.5

5'li likert ölçeğe göre (1 = kesinlikle katılmıyorum; 5 = kesinlikle katılıyorum); SS: Standart sapma

Modelin ilk haline ilişkin yol analizi sonuçları

Araştırmada modelin uyum iyiliğine ilişkin değerlendirmeler yapıldıktan sonra standardize edilmemiş şekli ile yani modelin ilk halindeki regresyon katsayıları hesaplanmıştır. Standardize edilmemiş haliyle regresyon katsayıları analiz edilirken, gizil değişkenleri ölçmede kullanılan gösterge değişkenlerden bir tanesi tesadüfi olarak "1" değeri alır. Buna göre diğer gösterge değişkenlerinin gösterge yükleri hesaplanarak standart hale getirilir. Modelde f5, f6, f12 ve f13 gözlenen değişkenleri 1 olarak

tanımlanmış ve sonuç olarak gözlenen değişkenlere ilişkin tüm regresyon katsayıları anlamlı (p<0.001) bulunmuştur.

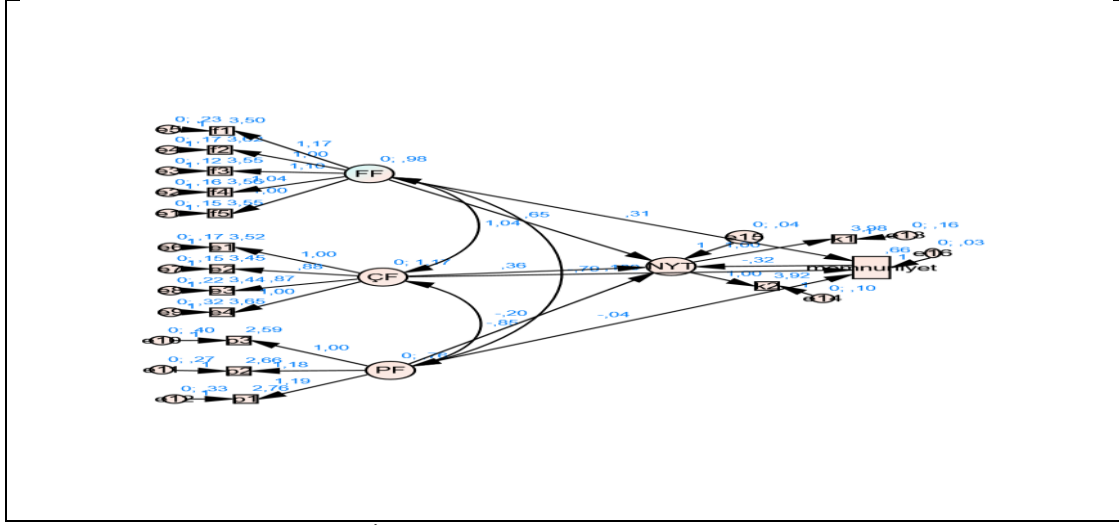
Çizelge 3 incelendiğinde tasarlanan 7 hipotezden 4 tanesinin kabul edildiği 3 tanesinin ise reddedildiği görülmektedir. H1 (Niyet <---Finansal) , H2 (Niyet<---Çevresel), H4 (Memnuniyet <--- Finansal) ve H7 (Niyet <--- Memnuniyet) hipotezleri kabul edilirken; H3 (Niyet<--- Politik), H5 (Memnuniyet<---Çevresel) ve H6 (Memnuniyet<--- Politik) hipotezleri reddedilmiştir.

Çizelge 3. Standardize Edilmemiş Regresyon Katsayıları (Birinci Durumda)

			Tahmin	Standart Hata	T Değeri	P
Memnuniyet	<---	Finansal	.307	.100	3.065	.002
Memnuniyet	<---	Politik	-.036	.053	-.687	.492
Memnuniyet	<---	Çevresel	.103	.082	1.249	.212
Niyet	<---	Finansal	.654	.207	3.158	.002
Niyet	<---	Memnuniyet	-.316	.163	1.943	.042
Niyet	<---	Çevresel	.356	.163	2.184	.029
Niyet	<---	Politik	-.198	.104	-1.897	.058
f5	<---	Finansal	1.000			
f4	<---	Finansal	1.035	.042	24.662	***
f3	<---	Finansal	1.101	.041	27.074	***
f2	<---	Finansal	1.001	.042	23.632	***
f1	<---	Finansal	1.171	.049	23.741	***
f6	<---	Çevresel	1.000			
f7	<---	Çevresel	.877	.037	23.699	***
f8	<---	Çevresel	.868	.041	21.105	***
f9	<---	Çevresel	.996	.049	20.507	***
f12	<---	Politik	1.000			
f11	<---	Politik	1.177	.081	14.612	***
f10	<---	Politik	1.186	.084	14.173	***
f13	<---	Niyet	1.000			
f14	<---	Niyet	1.001	.036	27.756	***

*** P<0.001

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler



Şekil 1. YEM modeli Sonucu (İlk hali)

Modelin son haline ilişkin yol analizi sonuçları anlamsız çıkmış olup kabul edilen hipotez sayısı üçe düşmüştür.

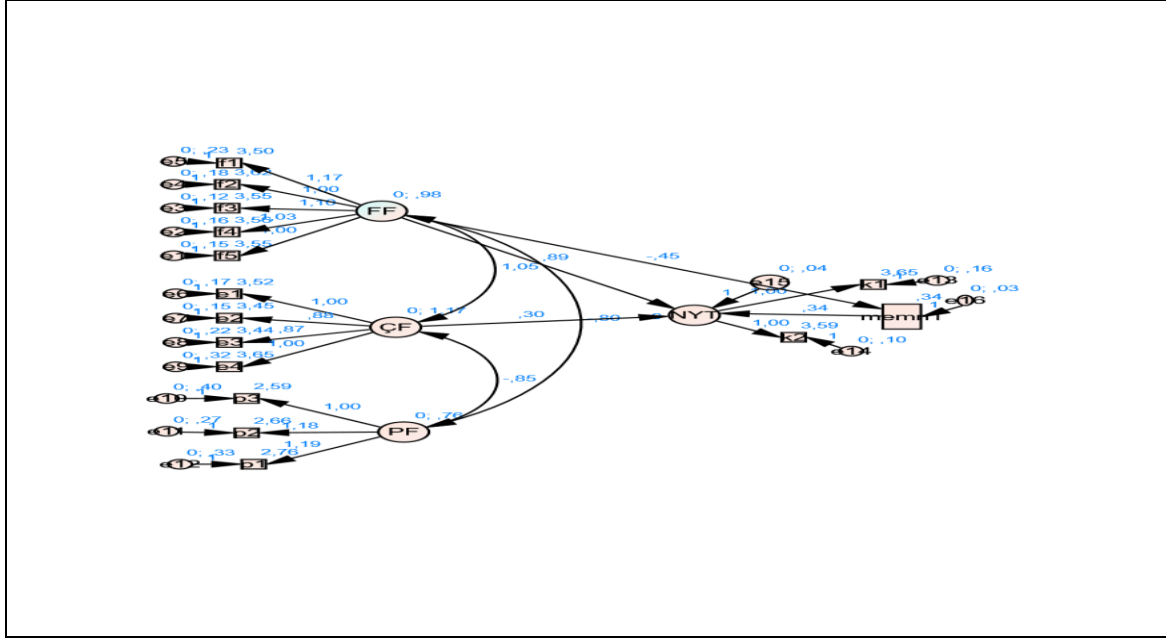
Çizelge 4'te görüleceği üzere modelin son durumunda ilk durumuna göre H2 hipotezi de

Çizelge 4. Standardize Edilmemiş Regresyon Katsayıları (Son Durumda)

			Tahmin	Standart Hata	T Değeri	P
Memnuniyet	<---	Finansal	.447	.018	24.607	***
Niyet	<---	Finansal	.888	.222	4.007	***
Niyet	<---	Memnuniyet	-.339	.172	1.965	.049
Niyet	<---	Çevresel	.301	.176	1.704	.088
f5	<---	Finansal	1.000			
f4	<---	Finansal	1.035	.042	24.449	***
f3	<---	Finansal	1.100	.041	26.739	***
f2	<---	Finansal	1.000	.043	23.433	***
f1	<---	Finansal	1.173	.049	23.748	***
f6	<---	Çevresel	1.000			
f7	<---	Çevresel	.876	.037	23.703	***
f8	<---	Çevresel	.868	.041	21.136	***
f9	<---	Çevresel	.996	.049	20.496	***
f12	<---	Politik	1.000			
f11	<---	Politik	1.178	.081	14.537	***
f10	<---	Politik	1.191	.084	14.170	***
f13	<---	Niyet	1.000			
f14	<---	Niyet	.999	0.036	27.750	***

*** P<0.001

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler



Şekil 2. YEM modeli Sonucu (Son halı)

$$Y_1(\text{Üretim Niyeti}) = 0.89 * (\text{finansal faktörler}) \\ (0.000)$$

$$Y_2(\text{Üretim Memnuniyeti}) = 0.45 * (\text{Finansal faktörler}) \\ (0.000)$$

Yukarıdaki fonksiyonlardan da görüleceği üzere Mardin ilinde üreticilerin kırmızı mercimek üretim niyeti ve memnuniyetine etki eden en önemli gizil değişken finansal faktörlerdir. Finansal faktörler ile ilgili gizil değişkende bir birimlik artış olduğunda mercimek üretim niyeti 0.89 birim artış göstermektedir. Aynı şekilde finansal faktörler gizil değişkeni bir birim arttırdığında üreticilerin kırmızı mercimek üretim memnuniyetinde 0.45 birim artış olmaktadır. Dolayısıyla araştırma bölgesindeki üreticilerin üretim kararını verirken, sadece ekonomik faktörlere göre üretim yaptıkları bölgelerinin iklim ve toprak yapısı ile mercimekle ilgili politikalardan etkilenmedikleri ya da söz konusu gizil değişkenlerin etkilerinin önemli olmayacak kadar az olduğu ifade edilebilir. Finansal faktörler gizil değişken altında incelenen beş adet gözlenen değişkenden, yol katsayısı en yüksek olan, mercimek üretiminin masraflarının az olmasına ilişkin önermedir. İkinci sırada ise kırmızı mercimeğin pazarının

daha yüksek olmasına ilişkin önerme (0.870) gelmektedir. Tüm gözlenen değişkenler içerisinde etkisi en düşük olan önerme ise mercimek tohum desteğinin diğer ürünlere göre yüksek olmasının üretim kararına etkisidir. Söz konusu değişkenin yol katsayısı 0.655 olup bu sonuç mercimek tohum desteğinin diğer ürünlere göre daha yüksek olmasının üretici kararına en az etki eden değişken olduğunu göstermektedir. Aytıp ve Akbay (2018) yaptıkları çalışmada Maraş ilindeki biber üreticilerinin üretim memnuniyetine etki eden en önemli gizil faktörün ekonomik faktörler olduğunu ve araştırmada incelenen çevresel ve fiziksel ve faktörlerin ise etkilerinin olmadığı sonucuna varmışlardır. Quaddus ve ark., (2006)'ın Batı Avustralyalı yün üreticileriyle yaptıkları çalışmada ise ekonomik faktörler dışında bireylerin yaşam tarzının da yün üretimine etki ettiği sonucuna varılmıştır. Çetinkaya ve Aytıp (2023) Şanlıurfa ilindeki pamuk üretiminde üretici memnuniyetine etki eden en önemli gizil değişkenin ekonomik faktörler olduğunu belirtmiştir.

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

Çizelge 5. Gözlenen Değişkenlere İlişkin Yol Katsayıları

Gözlenen Değişkenler	Yol Katsayısı
Verimi yüksektir	0.853
Satış fiyatı diğer ürünlere göre yüksektir	0.847
Masrafları daha azdır	0.906
Ürün kayıpları daha azdır	0.867
Pazarı diğer ürünlere göre daha çoktur	0.870
Bölgede yaygın olarak üretilmesi üretim kararımı etkiliyor	0.872
Geleneksel olarak ürettiğimiz bir ürün olması üretim kararımı olumlu etkiliyor	0.855
İklim koşullarımız açısından elverişlidir	0.799
Arazimin yapısı mercimek üretimine uygundur	0.783
Mercimek desteğinin daha çok olduğunu düşünüyorum	0.767
Fiyatlara devlet müdahalesinin olması kararımı olumlu etki ediyor	0.794
Tohum desteğinin daha yüksek olması kararımı olumlu etki eder	0.655
Gelecekte mercimek üretimine devam etmeyi düşünüyorum	0.880
Çevremdekileri mercimek üretimine teşvik edebilirim	0.961

Üreticilerin Sorunları ve Beklentileri

Araştırmanın son bölümünde araştırmaya katılan üreticilerin mercimek üretimine ilişkin sorunları ve beklentileri incelenmiş olup bu amaçla 5'li likert ölçekli dokuz soru ve açık uçlu soruyla beklentileri sorulmuştur.

Elde edilen bulgulara göre araştırmaya katılan üreticilerin en önemli sorunlarının başında

Çizelge 6. İncelenen işletmelerde mercimek üretimine ilişkin sorunlar

Sorunlar	Ortalama*	SS
İşletmede çalışabilecek işgücü bulmakta sorun yaşıyorum	4.23	0.69
Sulama suyu yetersizliği	4.15	0.68
İklim değişikliğine uyum konusunda bilgi eksikliği	4.10	0.63
İşletmenin altyapısının uygun olmaması(tesis kurulumu vs)	4.04	0.73
Hastalık ve zararlılarla mücadele	4.03	0.69
Makine ekipman (teknoloji) yetersizliği	4.02	1.02
Üretim faaliyetlerinde aksaklıklar (ekim. hasat vb.)oluşuyor	4.00	0.96
Finansal sorunlar (maddi)	3.97	1.12
Ürünleri pazarlamada sorun yaşıyorum	2.63	1.72

işletmede çalışacak işgücünü bulmakta yaşanan sorun gelmektedir. Daha sonra sırasıyla sulama suyu sıkıntısı, iklim değişikliği konusunda bilgi eksikliği, işletmenin altyapısının uygun olmaması, hastalık ve zararlılarla mücadele, teknoloji yetersizliği, üretim faaliyeti süresince yaşanan aksaklıklar, finansal sorunlar ve pazarlama sorunları gelmektedir (Çizelge 6). Türkiye’de yapılan birçok çalışma da işletmelerin en önemli sorunlarının başında nitelikli işgücü bulma sorunu geldiğini ortaya koymuştur (Sapancalı, 2007; Taş ve ark., 2018; Aksoy ve ark., 2022).

Araştırma bölgesindeki üreticilerin neredeyse tamamı ilin dağlık olan kesimlerinde yaşamakta olup bu bölgelerde arazilerin bazılarında giden kadastral yollar bulunmamakta mevcut patika yollar ise on yıllar öncesinde yapılmış olan ve hayvan gücüyle yapılacak arazi işleri için kullanılan patika yollardır. Arazilerin küçük ölçekli olması ve araç geçişleri için yol olmaması da hasadın makine ile yapılmasını zorlaştırmakta işgücü ile yapılması da işgücünün yeterli olmamasından dolayı tarımsal faaliyetleri güç duruma düşürmektedir. Bu nedenle özellikle Midyat ve Mazıdağı ilindeki üreticilerin büyük bir kısmı yolların genişletilmesi için çalışmaların yapılmasını istemiştir. Diğer beklentiler ise desteklemelerin (mazot, gübre, tohum) mevcut ekonomik durumlar göz önüne alınarak arttırılması, bölgeye ve değişen iklim şartlarına uygun tohumluk çeşitlerinin geliştirilmesi, mercimek ekimi yapan küçük aile işletmelerine ek desteklemeler yapılması, yangınlara karşı önlemler alınması ve acil müdahale noktalarının kurulması şeklinde bildirilmiştir.

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

*5'li likert ölçeğe göre (1 = kesinlikle katılmıyorum; 5 = kesinlikle katılıyorum);SS: Standart sapma

Sonuç

Mardin ilindeki kırmızı mercimek üreticilerinin üretim kararını etkileyen gizil değişkenler ile üretim memnuniyetini belirlemek için YEM analizinin yapıldığı bu çalışmada; elde edilen sonuçlar neticesinde, araştırmaya katılan üreticilerin memnuniyet düzeyinin düşük seviyede olduğu ve üretim kararlarını etkileyen en önemli gizil değişkenin finansal faktörler olduğu belirlenmiştir. Çevresel ve politik faktörler gizil değişkenlerinin etkilerinin tespit edilmemesi, araştırma bölgesindeki üreticilerin üretim kararını verirken sadece ekonomik faktörlere göre üretim yaptıkları bölgelerinin iklim ve toprak yapısının etkilerinin farkında olmadıkları ve mercimekle ilgili politikalardan etkilenmedikleri ya da söz konusu gizil değişkenlerin etkilerinin önemli olmayacak kadar az olduğu ifade edilebilir. Finansal faktörler gizil değişkeninin üretim niyeti üzerinde etkisi yüksek iken, üretim memnuniyeti üzerinde orta derecede etkili olduğu belirlenmiştir.

Araştırma bölgesi, ilin ova kesiminde bulunmadığından kırmızı mercimek üretimi genellikle küçük ölçekli arazilerde emek yoğun şekilde yapılmakta olup, birçok araziye giden kadastral yolların yeterli olmaması nedeniyle makinalı hasatta zorlandıkları, işgücünün yeterli düzeyde olmadığı bu nedenle de üreticilerin genel olarak memnuniyet düzeyinin düşük olduğu belirlenmiştir. Üreticiler pazarlama ile ilgili sorun yaşamamakta ancak mercimek desteklemelerinin yetersiz olduğunu düşünmektedirler. Mercimek ekilen arazilerin ortalama büyüklüğü 51.4 da olarak, ortalama mercimek verimi ise 105.8 kg/da olarak tespit edilmiş olup elde edilen veriler ildeki verim ortalamasının Türkiye ortalamasının altında olduğunu göstermektedir.

Türkiye yıllar boyunca kırmızı mercimek üretiminde söz sahibi ülke olmasına rağmen mevcut durumda ithalat yapmadan ülke nüfusuna yetecek kadar üretiminin olmadığı ve dolayısıyla mercimekte dışa bağımlı hale geldiği düşünüldüğünde; üreticilerin mercimek üretimine devam etmelerini sağlayacak uzun vadeli tarım politikaların uygulanması, söz konusu üründe her bölgeye uygun verimi

yüksek kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi ve ülkenin tamamında kırsal ve kentsel alanlar arasındaki sosyal ve ekonomik gelişmişlik farkının en alt seviyeye düşürülmesini sağlayacak uygulamaları hayata geçirecek politikaların uygulanması gerekmektedir.

Araştırma bölgesindeki kırmızı mercimek üreticileri genel olarak mercimek üretim masraflarının alternatif ürünlere göre (buğday, arpa) daha az olduğunu düşünmektedirler. Hem makinalı hasatta zorlanmaları, hem de üretim masraflarının daha az olduğunu düşünmeleri nedeniyle üreticilerin mercimek üretim kararını zorunlu olarak verdikleri düşünülmektedir. Bu nedenle araştırma bölgesinde buğday ve arpa gibi alternatif ürünler için uygun koşulların olması durumunda bu bölgede yeniden bilimsel araştırmaların yapılarak üreticilerin kırmızı mercimek üretimine devam edip etmediklerinin araştırılması önemlidir.

Mercimek üretiminin yıllarca ova kesiminde yapıldıktan sonra buralarda alternatif ürünlere geçilmesi nedeniyle hali hazırda ilin özellikle Midyat ve Mazıdağı gibi genel olarak dağlık olarak ifade edilebilecek ilçelerinde yapıyor olması bu ilçelerde söz konusu ürüne verilen desteklemelerin farklılaştırılmasını

gerektirmektedir. Zira mevcut ilçelerde de mercimek ekilişinden vazgeçilmesi durumunda yerel çeşitlerimizin kaybolması tehlikesi ortaya çıkabileceği gibi ilimizde yüzyıllardır var olan bir kültür de son bulacaktır. Mercimek üreticilerine ek prim şeklinde doğrudan destek ödemeleri, faizsiz kredi ve/veya üretim maliyetlerini düşürecek tohum ve gübre desteklerinin diğer ürünlerden daha cazip olacak şekilde verilmesi ile üreticilerin teşvik edilmesi sağlanabilecektir.

Son yirmi yılda birçok etkenin neden olduğu kırsal göçün Mardin ilinin Mazıdağı ve Midyat ilçelerinde de yoğun olarak yaşanması nedeniyle kırsal alanlardan yaşanan göçün azaltılması için küçük ve parçalı arazilerin bulunduğu bölgelerde genç neslin tarımsal faaliyetlere özendirilmesi için hem tarımsal yayım faaliyetlerinin hem de teşviklerin artırılması faydalı olacaktır.

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

Kaynaklar

- Acıbuca, V. (2021). Mardin ilinde makarnalık buğday üretimi ve üreticilerin sorunları. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4), 977-987.
- Acıbuca, V., Budak, D. . (2021). Mardin ilindeki küçükbaş hayvancılık işletmelerinin yapısal durumu. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(4), 898-905.
- Aksoy, A., Özdemir, F. N., Avcıoğlu, Ü. (2022). Nitelikli işgücü sorunu üzerine çalışma. *Journal of Life Economics*, 9(3), 159-169.
- Aksoy, A., Yavuz, F. (2012) Analysis on the reasons for quitting sheep and goat rearing of farmers: a case of east Anatolia region. *Anatolian Journal of Agricultural Sciences*, 27(2), 76-79.
- Aytop, Y., Akbay, C. (2018). Maraş Biberi Üretim Memnuniyetinin Yapısal Eşitlik Modeli ile Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5), 725-737.
- Baysal, A. (1988). Türk Mutfağında Mercimek ve Nohut Yemekleri. Herkes için Mercimek Sempozyumu, 29_30 Eylül 1988, 1726, Marmaris,
- Çakır, A., Karakaya, E., Uçar, H.K. (2015). Mardin ili Savur ilçesi bağ işletmelerinin mevcut durumu ve potansiyeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 9-19.
- Çetinkaya, S., Aytop, Y. (2023). Şanlıurfa İlinde Pamuk Üretim Memnuniyetinin Sürdürülebilirliğe Etkisinin Belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 185-205.
- Doğan, Y., Acıbuca, V. (2019). Sosyo ekonomik yapısıyla Mardin ilinin tarımsal yapısı. *Mardin Artuklu Üniversitesi Yayınları*, 207-230. Mardin
- Doğan, Y., Koyutürk, Ö., Toğay, N., Toğay, Y. (2012). Mardin İlinde Tarla Bitkileri Yetiştiriciliği, Yemeklik Tane Baklagillerin Durumu ve Sorunları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 40-45.
- FAO, 2022. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- L Erişim Tarihi: 30.04.2023
- Ghem, J.A., Ghem, R.R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. *idwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*.
- Hu, L.T., Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling. Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55.
- Kaplan, M., Ayaz, T. (2023). Mardin ili kiraz üreticilerinin bitki koruma uygulamalarında bilinç düzeylerinin belirlenmesi. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 7(1), 150-157.
- Karadaş, K., Bakçı, C., Kadirhanoğulları, İ.H. (2018). Midyat ilçesi (Mardin) tarım işletmelerinde mercimek üretim maliyetinin hesaplanması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2), 118-123.
- Kızıloğlu, R. (2017). Üreticilerin tarım sigortası yaptırmaya etkileyen faktörlerin belirlenmesi (Konya ili Akşehir ilçesi örneği). *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 32(1), 19-26.
- McQuitty M. K. (2014). Factors which affect the sustainable production of cotton in Pakistan: A detailed case study from Bahawalpur district. In *Proceedings of The Seventh International Conference on Management Science and Engineering Management*, 214, 745-753. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40078-0_64
- Newbold P, 1995. *Statistics for business and economics*. Prentice- Hall International, New Jersey, NJ, USA.
- Özkaya, B., Özkaya, H., Eren, N. (1998). Değişik Tarla Bitkilerinden Sonra Ekilen Bazı Mercimek Çeşitlerinin Pişme Kaliteleri ve Kimyasal Özellikleri. *I. Gıda Teknolojisi Dergisi*, 3(6), 56-63.
- Purwanto, A., Sudargini, Y. (2021) Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) analysis for social and

Mardin İlinde Çiftçilerin Mercimek Üretim Kararına Etki Eden Faktörler

- management research: a literature review. Journal of Industrial Engineering & Management Research, 2(4), 114-123. <https://doi.org/10.7777/jiemar.v2i4>
- Quaddus, M., Islam, N., Stanton, J. (2006). An investigation of significant factors influencing Western Australian wool producers to produce wool: A Structural Equation Modelling approach.
- Sapancalı, F. (2007). Türkiye’de işgücü piyasası, sorunlar ve politikalar. Türk Ağır Sanayii ve Hizmet Sektörü Kamu İşverenleri Sendikası (TÜHİS) İş Hukuku ve İktisat Dergisi, 21(2-3), 8-30.
- Schumacker, R E., Lomax, R.G.A. (2004) Beginner's guide to structural equation modeling. Psychology Press.
- Sumer, N., (2000). Yapısal Eşitlik Modelleri: Temel Kavramlar ve Örnek Uygulamalar, Türk Psikoloji Yazıları, Cilt.3, Sayı.6, ss.49-73.
- TÜİK, 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Statistics-on-Family-2022-> Erişim Tarihi: 30.04.2023
- TÜİK, 2023. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim Tarihi: 30.04.2023
- .



Research Article

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

Ali Galip ÖNAL^{1*}

ABSTRACT

Vitrification of mammalian embryos is an important process for the long-term preservation of gametes, providing the storage for extended periods. Selection of an optimal culture medium prior to vitrification is also critical to improve post-thaw survival rates. In the present study, the effects of royal jelly (RJ) and fetal bovine serum (FBS) on the development and cryotolerance of bovine embryos were investigated by evaluating their effects on post-thaw viability, blastocyst survival and cellular integrity after vitrification. Bovine oocytes were in vitro matured in media containing either 10% FBS or 0.625% Royal Jelly (RJ), followed by IVF and culture in SOF medium supplemented with the same treatment until day 8. Resulting blastocysts were vitrified using the OPS method with EG and DMSO, and post-thaw survival was assessed at 12 and 24 hours. Embryo quality was evaluated by measuring blastocyst diameter and total cell number using Hoechst 33258 staining under fluorescence microscopy. Blastocyst development rates were significantly lower in the RJ-supplemented group (16.3%) compared to the FBS group (24.8%, $P < 0.05$), suggesting that RJ may affect early embryonic development. Despite the decreased blastocyst development, RJ-derived blastocysts exhibited comparable post-thaw survival rates to their FBS counterparts at 12 hours (FBS-V: 51.3% vs. RJ-V: 48.3%, $P > 0.05$). Although, survival rates remained numerically higher in the RJ group (50.7% 1) compared to the FBS group (43.5%) at 24 hours, the difference was not statistically significant. Additionally, blastocyst cell counts and diameters were significantly lower in the RJ group than in the FBS group ($P < 0.05$) at the post-thaw vitrification, suggesting enhanced structural integrity and resilience remains similar to FBS group against cryoinjury. RJ supplementation resulted in a reduced blastocyst development and appeared to have no negative effects on the cryotolerance of embryos, as indicated by similar post-thaw survival rates and improved cellular integrity. The potential protective effects of RJ may be attributed to its bioactive compounds, including antioxidants and collagen-like proteins, which may mitigate oxidative stress and membrane damage during vitrification. These findings suggest that RJ could serve as a promising alternative supplement for improving embryo quality and cryosurvival. However, further research is required to optimize RJ concentration and elucidate its specific protective mechanisms in vitrified embryos.

Keywords: Bovine Embryo, Royal Jelly, Fetal Bovine Serum, Vitrification

Arı Sütü İlave Edilen Ortamda Geliştirilen Sığır Embriyolarının Vitrifikasyonu

ÖZ

Memeli embriyolarının vitrifikasyonu, gametlerin uzun dönem korunması için önemli bir tekniktir. Vitrifikasyon öncesinde en uygun kültür ortamının seçimi, embriyoların çözme sonrası hayatta kalma oranlarını artırmak için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma, Arı sütü (AS) ve fetal sığır serumu (FBS) takviyesinin sığır embriyo gelişimi ve kriyotolerans üzerindeki etkilerini inceleyerek, çözme sonrası canlılık, blastosistlerin hayatta kalma oranları ve hücresel bütünlükleri üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır. Sığır oositleri, kültür ortamında %10 FBS veya %0.625 AS takviyesi ile in vitro olgunlaştırılmıştır. In vitro fertilizasyon (IVF) işleminin ardından oluşan zigotlar 8. güne kadar FBS veya AS ila edilen sentetik oviduktal sıvı (SOF) içinde kültüre edilmiştir. 8. Güne gelen Blastosistler, açık uçlu çekilmiş pipetler (OPS) yöntemi ile etilen glikol (EG) ve dimetil sülfoksit (DMSO) içeren bir kriyoprotektan solüsyon

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 10.03.2025

Kabul Tarihi: 01.06.2025

¹ Çukurova University Faculty of Agriculture Department of Animal Science, 01330, Adana

*E-posta: agonal@cu.edu.tr

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

kullanılarak vitrifiye edilmiştir. Çözme sonrası hayatta kalma oranları 12 ve 24 saat sonra değerlendirilmiştir. Embriyo kalitesi, blastosist çapı ve toplam hücre sayısı temelinde Hoechst 33258 boyama yöntemi kullanılarak floresan mikroskop altında belirlenmiştir. Elde edilen ANOVA ile analiz edilmiş ve gruplar Tukey HSD testi ile karşılaştırılmıştır. Blastosist gelişim oranları, AS ile desteklenen grupta (16.3 ± 3.36) FBS grubuna kıyasla (24.8 ± 2.58 , $P < 0.05$) anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Bu durum, AS'nin erken embriyonik gelişimi etkileyebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, azalan blastosist gelişimine rağmen, AS ile kültür edilen blastosistlerin çözme sonrası 12 saatlik hayatta kalma oranları, FBS grubuyla benzer seviyede bulunmuştur (FBS-V: 51.3 ± 3.72 vs. RJ-V: 48.3 ± 4.09 , $P > 0.05$). 24 saatlik hayatta kalma oranları ise AS grubunda sayısal olarak daha yüksek olmasına rağmen (RJ: 50.7 ± 3.41 , FBS: 43.5 ± 4.25), bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca, blastosist hücre sayıları ve çapları AS grubunda FBS grubuna kıyasla anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($P < 0.05$). Elde edilen sonuçlar, AS'nin embriyolarda yapısal bütünlüğü olumsuz etkilemediğini ve kriyozarara karşı FBS grubu ile benzer etki gösterdiğini düşündürmektedir. AS takviyesi, blastosist gelişim oranını düşürmesine rağmen kriyotoleransı olumsuz etkilememiştir. Çözme sonrası hayatta kalma oranlarının korunması ve hücre bütünlüğün benzer kalması, AS'nin embriyolar üzerindeki olası koruyucu etkilerini işaret etmektedir. Bu koruyucu etkiler, AS'nin içerdiği antioksidanlar ve kollajen benzeri proteinler gibi biyoaktif bileşiklere bağlanabilir ve vitrifikasyon sırasında oluşabilecek oksidatif stres ile membran hasarını azaltabilir. Elde edilen bulgular, AS'nin embriyo kalitesini ve donma sonrası hayatta kalma oranları artırmada potansiyel bir alternatif takviye olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, AS'nin optimum konsantrasyonunun belirlenmesi ve vitrifikasyon sürecinde spesifik koruyucu mekanizmalarının aydınlatılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sığır Embriyosu, Arı sütü, Yavru Sığır Serumu, Vitrifikasyon

ORCID ID

0000-0002-1020-1151

Introduction

In vitro embryo production is an important field, and many studies have been conducted to optimize the chemical composition of culture media and their effects on oocyte maturation and embryo development. Various components such as follicle-stimulating hormone (FSH), luteinizing hormone (LH), and estrogen as well as growth factors (epidermal growth factor, EGF and insulin-like growth factor, IGF) are commonly included into culture media. Also, protein sources such as fetal bovine serum (FBS) or bovine serum albumin (BSA) and antibiotics are also frequently used to enhance oocyte development.

Particularly, serum has an important place in IVP culture media as it provides combination of essential nutrients, hormones, growth factors, proteins and fatty acids necessary for cellular growth. Although serum contains several beneficial components required for embryonic development, its use in cell culture systems has been reported to cause potentially toxic effects (Maurer, 1992). The toxicity of serum is attributed to chemical changes in certain bioactive compounds that occur when the serum

is processed. Despite the frequent use of serum as a protein source in bovine embryo culture, successful embryo culture systems have been reported in serum-free medium with synthetic oviduct fluid (SOF) supplemented with essential

and non-essential amino acids (Shamsuddin et al., 1994).

The effects of serum supplementation (FCS) on embryo culture are very important and there are numerous reports showing an increase in blastocyst formation. However, the overall quality of embryos obtained under these conditions has been reported to be suboptimal (Langendonck et al., 1996; Carolan et al., 1995). Gardner et al. (1999) reported that the negative effects of serum supplementation were particularly associated with abnormal blastocoel formation, mitochondrial structural abnormalities, reduced cell number and metabolic abnormalities in embryos. Furthermore, serum supplementation has been shown to lead to increased accumulation of lipid droplets in embryos, which, in turn, causes intracellular damage during cryopreservation

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

and ultimately reduces embryo viability after thawing (Vajda et al., 2010; Lorraine et al., 1998; Gardner, 1994; Thompson et al., 1995). These findings highlight the need to find alternative protein sources that can replace serum in the culture media while ensuring optimal embryo development.

Recent studies have shown that supplementation with RJ blastocyst formation in bovine and caprine species (Abdulnabi & Daham, 2021). However, the effects of RJ on embryo survival after vitrification are still less researched.

Vitrification of mammalian embryos is very important for long-term genetic resource preservation, allowing to store high-quality embryos for extended periods of times. While vitrification at the embryo stage has been shown relatively high success rates, a challenging problem in vitrification process remains due to the associated risks of chromosomal abnormalities, microtubule depolymerization, spindle disorganization, and alterations in the actin cytoskeleton (Saunders & Parks, 1999). Studies have demonstrated that bovine oocytes can also be vitrified either in the presence of cumulus cells (Mikaye et al., 1993; Jin & Sun, 2008) or as denuded oocytes (without cumulus cells) (Vajda et al., 1998), with both methods supporting subsequent in vitro embryonic development.

The aim of this study is to evaluate the effects of media supplemented with either 10% FBS or 0.625% royal jelly on the culture bovine embryos on the survival rates of blastocysts after the vitrification process at different time points to determine the potential cryoprotective properties of royal jelly.

Materials and Methods

Oocyte Maturation

Bovine ovaries collected from a local slaughterhouse were transported to the laboratory at +35°C in phosphate-buffered saline (PBS) supplemented with 50 IU/mL penicillin and 50 µg/mL streptomycin sulfate. Follicles containing cumulus-oocyte complexes (COCs) with a diameter 2 to 8 mm were aspirated using a 10 mL syringe attached to an 18-gauge needle. The COCs were then washed three times in 1-2

mL of Hepes-buffered Medium 199 containing Earle's salts, supplemented with fetal bovine serum (FBS) and antibiotics (50 IU/mL penicillin and 50 µg/mL streptomycin sulfate). Only compact, non-atretic COCs with a maximum of 3-4 layers of cumulus cells and uniform granular cytoplasm were selected for maturation.

Embryo Culture

Matured oocytes were fertilized with frozen semen that was thawed at +38°C in a flask from a tested bull. After maturation, most of the cumulus cells were removed by vortexing, leaving three to five layers around the oocyte. This was followed by two washes in Hepes-buffered TALP supplemented with 3 mg/mL BSA (Fraction V), 50 IU/mL penicillin and 50 µg/mL streptomycin sulphate. Thawed semen was layered (100 µL) under 1 mL of a modified calcium-free Tyrode's Albumin Lactate Pyruvate (TALP) capacitation medium supplemented with 6 mg/mL BSA fraction V, 50 IU/mL penicillin and 50 µg/mL streptomycin sulphate (pH 7.4) in dolphin nose eppendorf tubes to facilitate capacitation using the swim-up procedure¹⁹. After incubation (30 min) at +38°C in a humidified atmosphere of 5% CO₂ in air, the upper 0.7 mL of medium was collected and centrifuged (300xg) for 10 min before the supernatant was removed, leaving live sperm in the pellet in approximately 100 µL in capacitation medium. The pellet was then resuspended, and motile sperm were counted to give a final concentration of 1x10⁶/ml of motile sperm. Then, 4 µL of capacitation medium containing motile sperm was added to 46 µL of fertilization medium drops. The fertilisation medium was modified TALP supplemented with 0.2 µmol/L penicillamine, 0.1 µmol/L hypotaurine, 0.02 µmol/L epinephrine, 6 mg/mL fatty acid-free BSA, 30 µg/mL heparin, 50 IU/mL penicillin and 50 µg/mL streptomycin sulphate (pH 7.8). Matured oocytes (10 oocytes per well) were added to the fertilization droplet where oocytes and spermatozoa were co-incubated together for 10 hours under mineral oil at +38 °C in a humidified atmosphere of 5 % CO₂ in air. After fertilization, all remaining cumulus cells were removed by vortexing and

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

presumptive zygotes were washed twice in Hepes-buffered TALP. Finally, the presumptive zygotes matured in %10 FBS or %0.625 RJ (0.625) royal jelly were further cultured in Synthetic Oviductal Fluid (SOF) supplemented with %10 FBS and 50 IU/mL penicillin and 50 µg/mL streptomycin sulphate.

Embryo Vitrification

Blastocysts cultured on day 8 from two experimental groups were used for vitrification. OPS straws and a series of cryoprotection solutions were used for vitrification, including Holding Medium (HM) (Hepes-TCM199 with 20% FBS), Sucrose Medium (SM; 4.56 g sucrose + 16 mL TCM199 + 4 mL FBS) (Sucrose + HM), ethylene glycol (EG), and dimethyl sulfoxide (DMSO). Two vitrification solutions were prepared: Vitrification Solution 1 (VS1: 850 µL HM, 75 µL EG, 75 µL DMSO) and Vitrification Solution 2 (VS2: 670 µL SM, 165 µL EG, 165 µL DMSO).

The blastocysts subjected to vitrification were sequentially transferred to the wells of a culture dish with four wells: 1st well (HM), 2nd well (VS1), and 3rd well (VS2). Subsequently, a small volume (20 µL) from the 4th well (VS2) was added as a droplet on a culture dish. Blastocysts from the 3rd well were transferred to this droplet and 2 µL of this droplet, containing the blastocyst, was picked up and placed onto another area of the culture dish. Pre-prepared OPS straws were then carefully inserted into this droplet at a specific angle to allow capillary action to draw the droplet and blastocyst into the straw. The loaded OPS straws were immediately immersed in liquid nitrogen for vitrification.

For warming, the OPS straws were removed from the liquid nitrogen and placed in water at 37°C for 10 seconds. The thawed straws were dried, and the sealed end was cut with scissors to transfer the contents to a warming medium (800 µL HM + 400 µL SM). Blastocyst were kept in this solution for approximately 1.5 minutes and then transferred into HM under a stereomicroscope. Finally, they were further cultured in %10 FBS supplemented with Synthetic Oviductal Fluid (SOF) for 24 hours at +38 °C in a humidified atmosphere of 5 % CO₂

in air. The blastocysts were examined under the microscope at 12-hour intervals to assess the damage caused by vitrification, including shrinkage and re-expansion of the blastocyst cell, the proportion of degenerated cells and the integrity of the zona pellucida. The viability of the embryo was determined based on these morphological criteria."

Blastocyst Cell Counts

To determine the number of cells in a blastocyst, a staining solution containing 2 ng/mL fluorescent bis-benzimidazole dye (Hoechst H33258) is prepared in PBS. Prior to analysis, 1 to 5 (a group) embryos were placed in a 15 µL droplet of the staining solution and incubated for 10 minutes. After staining with the fluorescent bis-benzimidazole dye, the blastocysts were washed in 50 µL droplets of fresh PBS without dye and then transferred to a 10 µL droplet on a Petri dish. The stained embryos were then examined under a fluorescence microscope for cell count analysis.

Statistical analysis

Data were analysed by one-way ANOVA after appropriate transformation where necessary (proportion of cleaved zygotes and blastocyst yield, arcsine-transformation; blastocyst cell number and dpm counts, log₁₀ transformation; blastocyst diameter, no transformation). Mean values of treatments ($\pm$ s.e.m.) were compared pairwise using Tukey's HSD test. The results are presented as untransformed means $\pm$ s.e.m.

Results and Discussion

In the present study, the effects of the addition of RJ and FBS on bovine embryos development were evaluated based on cleavage rates, blastocyst development, cellular integrity and survival after vitrification. All oocytes matured in media supplemented with 10% fetal bovine serum (FBS) but further culture until blastocyst development was performed with either 10% FBS or 0.625% RJ.

The result in (Table 1) revealed that the cleavage rate on day 2 was not significantly different between the two experimental groups (FBS: 71.1% $\pm$ 2.02 vs. RJ: 68.3% $\pm$ 2.09; $P > 0.05$). However, at the 8-16 cell stage, a higher proportion of embryos developed in RJ-

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

supplemented media ($50.7\% \pm 2.01$) than in the FBS group ($45.5\% \pm 2.76$; $P < 0.05$). On day 5, the proportion of embryos reaching the morula stage was decreased in the RJ group ($30.5\% \pm 3.22$) compared to the FBS group ($37.8\% \pm 3.05$) but the reduction was not statistically significant ($P > 0.05$). Blastocyst formation by Day 8 was significantly lower in the RJ group ($16.3\% \pm 3.36$) compared to the FBS group ($24.8\% \pm 2.58$; $P < 0.05$).

The total number of cells in the blastocysts before the vitrification process was significantly higher in the FBS group (95.34 ± 4.59) than in the RJ group (70.74 ± 4.10 ; $P < 0.05$). The blastocyst diameter was also significantly larger in the FBS embryos ($121 \pm 4.2 \mu\text{m}$) than in the RJ-fed embryos ($97 \pm 5.2 \mu\text{m}$; $P < 0.05$).

Table 1. Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

	FBS	RJ
Number of Oocytes	120	134
% Cleavage (Day 2*)	71.1 ± 2.02^a	68.3 ± 2.09^a
% 8-16 Cells	45.5 ± 2.76^b	50.7 ± 2.01^b
% Morula (Day 5*)	37.8 ± 3.05^a	30.5 ± 3.22^a
% Blastocysts (Day 8*)	24.8 ± 2.58^a	16.3 ± 3.36^b
Total Cell Counts	95.3 ± 4.59^a	70.7 ± 4.10^b
Blastocysts Diameters(μm)	121 ± 4.2^a	97 ± 5.2^b

*Fertilization was designated as Day 0.

**Values within the same row with different superscript are statistically different ($p < 0.05$).

Table 2. Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly/FBS Supplemented Media

	FBS -V	RJ-V
Survival (12 hour)	51.3 ± 3.72^a	48.3 ± 4.09^a
Survival (24 hour)	43.5 ± 4.25^b	50.7 ± 3.41^b
Total Cell Counts	75.3 ± 4.59^a	60.7 ± 4.10^b
Blastocysts Diameters(μm)	95 ± 6.72^a	74 ± 6.3^b

**Values within the same row with different superscript are statistically different $p < 0.05$.

Survival rates of vitrified and thawed blastocysts derived from both FBS and RJ-supplemented media were evaluated 12 hours and 24 hours after thawing (Table 2). Survival was not significantly different between groups at 12 hours post-thaw (FBS-V: $51.3\% \pm 3.72$ vs. RJ-V: $48.3\% \pm 4.09$; $P > 0.05$). However, 24 hours post-thawing, the RJ blastocysts had a numerically higher survival rate ($50.7\% \pm 3.41$) compared to the FBS blastocysts ($43.5\% \pm 4.25$), although this difference did not reach statistical significance.

The total cell count after vitrification was significantly reduced in both groups, with the RJ-derived blastocysts containing significantly fewer cells (60.74 ± 4.10) than the FBS group (75.34 ± 4.59 ; $P < 0.05$). The blastocyst diameter was also significantly smaller in the RJ-derived

embryos ($74 \pm 6.3 \mu\text{m}$) compared to than in the FBS group ($95 \pm 6.72 \mu\text{m}$), which may reflect differences in cytoplasmic composition and membrane resilience to cryopreservation stress

In the present study the effects of royal jelly (RJ) supplementation on the development and cryotolerance of bovine embryo were investigated by comparing its efficacy with that of fetal bovine serum (FBS). Our findings indicate that supplementation with RJ resulted in a reduced rate of blastocyst formation but had potential cryoprotective properties that improved post-thaw survival.

The initial division rate at day 2 was comparable between the RJ and FBS groups, suggesting that the RJ does not negatively affect early embryonic development. However, by the 8–16 cell stage, a significantly higher proportion of

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

embryos had developed in the RJ-supplemented medium than in the FBS group. This result suggests that RJ may promote cell division in the early stages of embryo development, possibly due to its bioactive compounds, including vitamins, peptides, and antioxidants, which contribute to cellular metabolism and the reduction of oxidative stress. Despite this benefit, RJ supplementation resulted in a significantly lower blastocyst formation rate (16.3% vs. 24.8% for FBS, $P < 0.05$), indicating that while it supports early embryo development, it may not be as effective as FBS in promoting blastulation.

Embryo quality was assessed by total number of cells and blastocyst diameter. Blastocysts from media supplemented with RJ had a significantly lower total cell count (70.74 ± 4.10) than those from FBS (95.34 ± 4.59 , $P < 0.05$). Similarly, blastocysts cultured with RJ had smaller diameters than those cultured with FBS ($97 \pm 5.2 \mu\text{m}$ vs. $121 \pm 4.2 \mu\text{m}$, $P < 0.05$). These differences may reflect alterations in cytoplasmic composition, metabolic activity, or membrane dynamics influenced by RJ. Previous research has indicated that serum supplementation increases lipid droplet accumulation in embryos, which may compromise cryotolerance. In contrast, RJ has been shown to have antioxidative and membrane-stabilizing effects, which could influence cellular composition differently than FBS.

The impact of RJ supplementation on cryotolerance was evident in the after-thaw survival results. Although no significant difference was observed in survival rates at 12 hours post-thawing (FBS-V: $51.3\% \pm 3.72$ vs. RJ-V: $48.3\% \pm 4.09$, $P > 0.05$), the RJ-derived blastocysts had a numerically higher survival rate at 24 hours after thawing ($50.7\% \pm 3.41$) compared to the FBS group ($43.5\% \pm 4.25$). This suggests that RJ contributes to improved cryotolerance by mitigating cellular damage during vitrification and warming. It has been postulated that RJ contains bioactive components, such as long-chain fatty acids and antimicrobial peptides that may improve

membrane integrity and cellular resilience under stress conditions.

Further evidence of the potential cryoprotective effects of RJ is the fact that the total number of cells after vitrification was significantly lower in RJ-derived blastocysts (60.74 ± 4.10) than in FBS-derived blastocysts (75.34 ± 4.59 , $P < 0.05$). Additionally, the blastocyst diameters after thawing were significantly smaller in the RJ embryos ($74 \pm 6.3 \mu\text{m}$) than in the FBS group ($95 \pm 6.72 \mu\text{m}$). The reduction in cell count and size post-vitrification may reflect differences in cytoplasmic lipid composition and membrane stability, which could influence the ability of embryos to withstand cryopreservation-induced osmotic and oxidative stress.

These findings suggest that RJ despite its lower efficiency in blastocyst formation may provide benefits in post-thaw viability and cellular resilience despite its lower efficacy in blastocyst formation. The presence of antioxidative and protective compounds in RJ could counteract some of the detrimental effects of cryopreservation, making it a promising alternative protein source in embryo culture media. However, further research is needed to optimize the concentration of RJ and to investigate its interactions with other components of the culture medium. Understanding the precise mechanisms underlying its cryoprotective properties will be essential for maximizing its potential as an alternative to FBS in in vitro embryo production.

The result showed that despite the decrease in blastocyst formation, the addition of RJ supported embryo development to the blastocyst stage, indicating that it could serve as a potential alternative protein source in maturation media. However, the lower blastocyst rates in the RJ group suggest that further optimization of RJ concentration or additional supplementation may be required to improve its efficacy as a serum alternative.

These findings suggest that while the addition of RJ may limit total blastocyst formation and total cell count, it enhances embryo cryotolerance, as evidenced by the improved post-thaw survival rate at 24 hours. The potential protective effects

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

of RJ may be attributed to its bioactive components, including antioxidants and membrane-stabilizing compounds, which could mitigate cellular damage during vitrification and warming.

Conclusion

In conclusion, although the addition of RJ resulted in lower blastocyst formation and total cell count compared to FBS, its positive effect on post-thaw survival suggests that it may improve embryo cryotolerance. Further studies investigating modifications of RJ or its combination with other cryoprotectants could improve its efficacy in embryo culture systems.

Acknowledgements

This work was derived from a project funded by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK), project code 104V112.

References

- Abdulnabi, A. S., & Daham, A. F. (2021). Royal jelly improved in vitro matured bovine oocytes. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 7653.
- Carolan, C., Lonergan, P., Van Langendonck, A., & Mermillod, P. (1995). Factors affecting bovine embryo development in synthetic oviduct fluid following oocyte maturation and fertilization in vitro. *Theriogenology*, 43, 1115-1128.
- Choi, Y. H., Carnevale, E. M., Seidel, G. E. Jr., & Squires, E. L. (2001). Effects of gonadotropins on bovine oocytes matured in TCM-199. *Theriogenology*, 56, 661-670.
- Dorland, M., Gardner, D. K., & Trounson, A. O. (1994). Serum in synthetic oviductal fluid causes mitochondrial degeneration in ovine embryos. *Journal of Reproduction and Fertility, Abstract Series*, 13, 25.
- Fukui, Y., McGowan, L. T., James, R. W., Asher, G. W., & Tervit, H. R. (1991). Effects of culture duration and time of gonadotropin addition on in vitro maturation and fertilization of red deer (Cervus elaphus) oocytes. *Theriogenology*, 35, 499-512.
- Gardner, D. K. (1994). Mammalian embryo culture in the absence of serum or somatic cell support. *Cell Biology International*, 18, 1163-1170.
- Gardner, D. K., & Lane, M. (1999). Embryo culture systems. In Trounson, A., & Gardner, D. K. (Eds.), *Handbook of in vitro fertilization* (pp. 85-114). CRS Press, New York.
- Gomez, E., Rodríguez, A., Muñoz, M., Caamaño, J. N., Hidalgo, C. O., Morán, E., Facal, N., & Díez, C. (2007). Serum-free embryo culture medium improves in vitro survival of bovine blastocysts to vitrification. *Theriogenology*, 69, 1013-1021.
- Kong, I. K., Choi, J. L., Cho, S. G., Bae, I. H., Oh, D. H., Oh, H. J., Kim, H. R., & Kim, J. K. (2001). Effect of addition of royal jelly in tris-buffer extender on the post-thaw viability of canine semen. *Theriogenology*, 55, 309.
- Kridli, R. T., Husein, M. Q., & Humphrey, W. D. (2003). Effect of royal jelly and GnRH on the estrus synchronization and pregnancy rate in ewes using intravaginal sponges. *Small Ruminant Research*, 49, 25-30.
- Leibo, S. P., Pollard, J. W., & Martino, A. (1995). Chilling and freezing sensitivity of "reassembled" in vitro derived bovine embryos. *Theriogenology*, 39, 81-94.
- Lim, J. M., Okitsu, O., Okuda, K., & Niwa, K. (1994). Effects of fetal calf serum in culture medium on development of bovine oocytes matured and fertilized in vitro. *Theriogenology*, 41, 1091-1098.
- Maurer, R. R. (1992). Animal cell culture: A practical approach. In Freshney, R. I. (Ed.), *Oxford University Press, Oxford* (pp. 15-46).
- Onal, A. G., Guzey, Y. Z., Kariptas, S., & Gocmez, Z. (2006). Effects of honeybee royal jelly on fertilization of matured

Vitrification of Bovine Blastocysts Developed in Royal Jelly-Supplemented Media

- bovine oocytes. Book of Abstracts of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, No. 6, p. 185.
- Parrish, J. J., Susko-Parrish, J. L., Leibfried-Rutledge, M. L., Crister, E. S., Eyestone, W. H., & First, N. L. (1986). Bovine in vitro fertilization with frozen-thawed semen. *Theriogenology*, 25, 591-600.
- Schmidt, J. O., & Buchmann, S. L. (1992). Other products of the hive. In Graham, J. M. (Ed.), *The Hive and The Honey Bee* (pp. 927-988). Dadant and Sons, Hamilton, IL.
- Shamsuddin, M., & Rodriguez-Martinez, H. (1994). Fine structure of bovine blastocysts developed either in serum-free medium or in conventional co-culture with oviduct epithelial cells. *Journal of Veterinary Medicine - Series A*, 41, 307-316.
- Suo, Z., Zhou, G. B., Meng, Q. G., Yan, C. L., Fan, Z. Q., Zhao, X. M., Fu, X. W., Wang, Y. P., Zhang, Q. J., & Zhu, S. E. (2008). OPS vitrification of mouse immature oocytes before or after meiosis: the effect on cumulus cells maintenance and subsequent development. *Zygote*, 17, 71-77.
- Tervit, H. R., Whittingham, D. G., & Rowson, L. E. (1972). Successful culture in vitro of sheep and cattle ova. *J. Reprod. Fertil.*, 30(3), 493-497.
- Thompson, J. G., Gardner, D. K., Pugh, P. A., McMillan, W. H., & Tervit, H. R. (1995). Lamb birth weight is affected by culture system utilized during in vitro pre-elongation development of ovine embryos. *Biology of Reproduction*, 53, 1385-1391.
- Vajda, G., Holm, P., Kuwayama, M., Booth, P. J., Jacobsen, H., Greve, T., & Callesen, H. (1998). Open pulled straw (OPS) vitrification: A new way to reduce cryoinjuries of bovine ova and embryos. *Molecular Reproduction and Development*, 51, 53-58.
- Vajta, G., Holm, P., Greve, T., & Callesen, H. (1996). Factors affecting survival rates of in vitro produced bovine embryos after vitrification and direct in-straw rehydration. *Animal Reproduction Science*, 45, 191-200.
- Van Langendonckt, A., Auquier, P., Donnay, I., Massip, A., & Dessy, F. (1996). Acceleration of in vitro bovine embryo development in the presence of fetal calf serum. *Theriogenology*, 45, 194-194.



Research Article

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

Osman Kürşat SOYDAN¹, Ali Galip ÖNAL^{1*}

ABSTRACT

Sperm transfer through the reproductive tract is crucial for successful fertilization in most of mammals. After ejaculation, spermatozoa need to go through a complex physiological barrier and environments in the reproductive tract. Also, sperm must respond to many environmental conditions, including temperature. The present study aims to investigate the thermotactic response of sperms collected from American Bully dogs and its impact on motility, viability, membrane integrity, and concentration at different temperatures. Evaluated semen samples, collected from mature dogs incubated at 34°C, 38°C, and 40°C for 60 minutes in a custom-designed thermotaxis model. Some sperm parameters were assessed using computer-assisted sperm analysis (iSperm CASA), Nigrosin-Eosin staining, and the Hypo-Osmotic Swelling Test (HOST). Results showed that sperm motility and concentration were increased at 34°C and 38°C, while exposure to 40°C resulted in a significant decline in motility, progressive motility, and concentration. Slightly higher curvilinear velocity (VCL) and straight-line velocity (VSL) at 38°C suggests optimal motility at this temperature. Membrane integrity (HOST-positive sperm) was significantly compromised at 40°C, with a corresponding decrease in viability, as confirmed by Nigrosin-Eosin staining. Sperm direction towards to different temperature for the sample was also affected, with the highest sperm concentration observed at 34°C, followed by 38°C, and the lowest at 40°C, indicating that higher temperatures (likely due to increased oxidative stress and metabolic exhaustion) are not favourable for canine sperm. As conclusion, the results showed that canine spermatozoa exhibit temperature-dependent survival patterns, with an optimal range between 34°C and 38°C. The thermotaxis for spermatozoa may play a role in natural sperm selection, influencing fertilization efficiency. Future studies should be set up to investigate the molecular mechanisms underlying thermotaxis and its potential use in sperm selection for improved fertility outcomes.

Keywords: Thermotaxis, canine sperm, kinetics, motility and viability.

Sıcaklığa Bağlı Termotaksis ve Bunun Köpek (American Bully) Spermlerinde Motilite, Canlılık ve Konsantrasyon Üzerine Etkisi

ÖZ

Memelilerin çoğunda başarılı döllenme için sperm taşınımı, üreme kanalında kritik bir süreçtir. Ejakülasyondan sonra spermatozoonlar, üreme kanalındaki karmaşık fizyolojik bariyerleri ve farklı çevresel koşulları aşmak zorundadır. Ayrıca, spermatozoonların sıcaklık da dahil olmak üzere birçok çevresel faktöre yanıt vermesi gerekmektedir. Bu çalışma, American Bully ırkı köpeklerden toplanan spermatozoonların termotaktik tepkisini incelemeyi ve farklı sıcaklıklarda (32°C, 38°C ve 40°C) inkübasyonun motilite, canlılık, membran bütünlüğü ve konsantrasyon üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Değerlendirilen semen örnekleri, olgun erkek köpeklerden toplanmış ve özel olarak tasarlanmış bir termotaksis modeli içinde 60 dakika boyunca inkübe edilmiştir. Çeşitli sperm parametreleri, bilgisayar destekli sperm analiz sistemi (iSperm CASA), Nigrosin-Eosin boyama ve Hipo-Ozmotik Şişme Testi (HOST) kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, 32°C ve 38°C sıcaklıklarında sperm motilitesi ve konsantrasyonunda artış olduğunu, ancak 40°C'ye maruz kalmanın motilite, progresif motilite ve konsantrasyonda önemli bir düşüşe yol açtığını göstermiştir. 38°C'de gözlemlenen daha yüksek eğrisel hız (VCL) ve düz çizgi hızı (VSL), bu sıcaklığın optimal motiliteyi desteklediğini göstermektedir. Membran bütünlüğü (HOST-pozitif sperm oranı), 40°C'de önemli ölçüde bozulmuş ve bu durum Nigrosin-Eosin boyaması ile doğrulanan canlılık azalması ile paralellik göstermiştir. Örneklerde sperm yönelimi de sıcaklığa bağlı olarak değişmiş, en yüksek sperm konsantrasyonu 32°C'de, ardından 38°C'de gözlenirken, en düşük konsantrasyon 40°C'de tespit edilmiştir. Bu

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 28.02.2025

Kabul Tarihi: 02.06.2025

¹Çukurova University Faculty of Agriculture Department of Animal Science, 01330, Adana

*E-posta: agonal@cu.edu.tr

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

durum, yüksek sıcaklıkların artan oksidatif stres ve metabolik tükenme nedeniyle köpek spermatozoonları için elverişli olmadığını düşündürmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma köpek spermatozoonlarının sıcaklığa bağlı olarak hayatta kalma modelleri sergilediğini ve optimal sıcaklık aralığının 32°C ile 38°C arasında olduğunu göstermektedir. Spermatozoonların termotaksisi, doğal sperm seçiminde önemli bir rol oynayabilir ve döllenme başarısını etkileyebilir. Gelecekteki çalışmalar, termotaksisin moleküler mekanizmalarını araştırarak, bu olgunun fertilitiyi artırmaya yönelik sperm seçiminde nasıl kullanılabileceğini belirlemeye odaklanmalıdır. **Anahtar kelimeler:** Termotaxi, köpek sperm, sperm kinetik

ORCID ID (Yazar sırasına göre)
0009-0004-3757-4187, 0000-0002-1020-1151

Introduction

Sperm transportation from through the reproductive tracts are important in mammalian reproduction. After ejaculation, spermatozoa need to navigate through various anatomical parts (including the cervix, uterus, and oviduct) to reach the fertilization site in most of mammalian species. This journey also involves very complex physiological interactions, where sperm must pass various biological barriers and respond to environmental conditions.

Recent research in this field have demonstrated that thermotaxis and chemotaxis are two mechanisms, playing critical roles in sperm guidance, in canines. The ability of sperm to be able to detect how to swim toward different temperatures (thermotaxis) or follow specific chemicals (chemotaxis) has been recent topics studied in many species.

Studies have shown that thermotaxis is one of the important navigation ways in canine spermatozoa, like other mammalian species. Khodamoradi et al. (2021) reported that the temperature response of canine sperm has been observed to have directed motility toward warmer temperature zones, suggesting that thermotaxis may have a critical mechanism for sperm selection and fertilization efficiency. Kang et al. (2019) further investigated microfluidic approaches to assess sperm motility and responsiveness to temperature gradients, confirming that canine spermatozoa adjust their swimming direction in response to minute temperature fluctuations.

The role of chemotaxis in sperm movement has been demonstrated in various mammalian species, including dogs, where sperm respond to

chemical gradients. Rickard et al. (2022) reported that canine spermatozoa increased motility when exposed to follicular fluid. This result supports that chemical factors play a role in guiding sperm toward the oocyte. Suarez and Pacey (2006) also reported that that canine sperm may respond to molecular signs that occurs during capacitation and fertilization

Ali et al. (2021) found that odorant and taste receptors in canine sperm are directly involved in chemotaxis, suggesting a multi-sensory guidance system suggesting that the combined influence of thermotaxis and chemotaxis on sperm movement toward the oocyte. Additionally, Van de Hoek et al. (2022) showed that sperms require energy for motility and suggested that metabolic adaptation in canine sperm might influence their ability to respond to environmental signals.

Despite the growing research on thermotaxis in canine spermatozoa, many aspects are under investigation. The precise mechanisms regulating thermotaxis in canine sperm have yet to be fully understood. Also, the influence of sperm metabolic adaptations on their ability to detect and respond to temperature gradients remains unclear. Further investigation is also needed to determine whether these mechanisms can be manipulated to enhance assisted reproductive technologies (ART), artificial insemination in canines, as well as other mammals.

This study aims to investigate the impact of thermotaxis responses in canine spermatozoa, with a particular focus on their role in sperm selection at varying temperatures to determine how temperature gradients influence sperm motility, directionality, and viability.

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

Materials and Method

Semen Handling

This study did not involve any chemical or physical intervention on live animals. Semen samples were obtained from reproductively mature American Bully dogs kept at a private breeding facility. Collection was performed using a non-invasive manual stimulation method, ensuring minimal stress to the animals. Immediately after collection, the semen was transferred into pre-warmed 50 mL sterile tubes to maintain viability.

The collected semen was transferred to the laboratory in a thermos at 38°C for further processes. At the arrival, A macroscopic examination was carried out to evaluate colour, volume, and viscosity before further analysis.

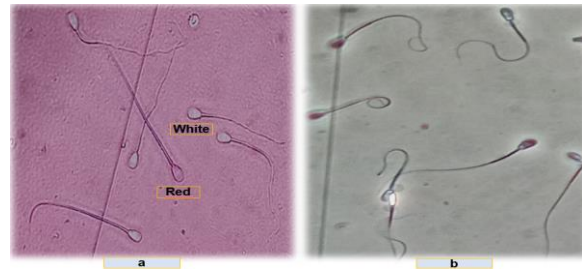
Sperm Analysis Using Computer-Assisted Sperm Analysis (CASA)

Each semen sample was assessed using the Computer-Assisted Sperm Analysis (CASA) system (iSperm, Aidmics Biotechnology), an automated system ensuring objective and high-precision motility and concentration measurements.

Sperm Viability and Membrane Integrity Assessment

Sperm viability was determined using the Nigrosin-Eosin staining technique. A 10 μ L sperm sample from each group was mixed with 10 μ L of Eosin-and 20 μ L Nigrosin stain on a glass slide. After 30 seconds of incubation at room temperature, the mixture was spread into a thin smear by another glass slide and allowed to air dry. Microscopic evaluation was performed under x400 magnification by Leica DMR Phase contrast microscope, by counting at least 100 spermatozoa per slide. Spermatozoa with stained (pink/red) heads were classified as dead, while those with unstained (white) heads were classified as alive. The percentage of dead spermatozoa was recorded for statistical analysis.

Figure 1. a) Nigrosin-Eosin staining and b) Hypo-Osmotic Swelling Test



Membrane integrity assessment was carried out by using the Hypo-Osmotic Swelling Test (HOST). A 100 μ L semen sample was mixed with 900 μ L of a pre-prepared solution (100 mOsmol fructose, as described by Söderquist et al., 1997) and incubated at +37°C for 30 minutes. Subsequently, a 10 μ L aliquot of the mixture was placed on a slide and examined under a Leica DMR phase-contrast microscope. A total of 100 spermatozoa were counted, and the proportion of spermatozoa exhibiting tail curling and swelling was recorded as an indicator of membrane integrity, expressed as a percentage.

Experimental Setup and Thermotaxis Model Design

A custom thermotaxis model was specifically developed for this experiment to assess sperm motility in response to thermal gradients. Detailed specifications of this design and implementation are given below.

Two modified 50 mL Falcon tubes (Figure 2) were utilized for this study. Each tube was divided into two equal compartments by inserting a thin (2 mm) Styrofoam barrier, designed to prevent heat conduction (shown in blue in Figure 2). This barrier also restricted sperm movement between the compartments, which was filled with 20 mL of Sperm-TL solution.

Two Falcon tubes were placed inside an incubator, with one tube assigned for thermotaxis analysis and the other designated as a control. In the thermotaxis tube, the two opposing compartments were subjected to differential thermal conditions using adjustable heating plates. One compartment was maintained the temperature at 34°C, while the

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

opposite was set to 40°C, thereby establishing a temperature gradient for the experiment.

Temperature regulation was achieved through continuous measure of temperature by sensors positioned within each compartment of the Falcon tube. The heating plates were adjusted accordingly to maintain the target temperatures within a $\pm 1^\circ\text{C}$ range, ensuring stable thermal conditions throughout the experiment.

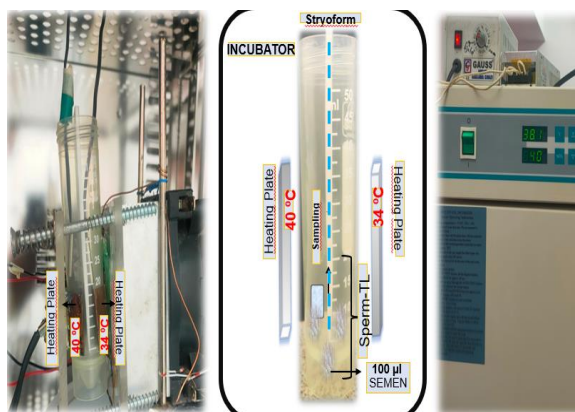


Figure 2. Thermotaxis Model Design

Semen Sample Preparation and Incubation Conditions

Freshly collected semen samples, exhibiting a minimum 75% viability, were used for the study. A 100 μL aliquot from each sample was carefully placed by using 200 μL Eppendorf pipet into the conical bottom of both the control and thermotaxis falcon tubes, which had been filled with 20 mL of Sperm-TL solution and incubated at least 2 hours early. This process was conducted with precision to minimize sample dispersion and disruption.

The sperm-containing Falcon tubes were subsequently incubated for 60 minutes under controlled atmospheric conditions (5% CO_2 concentration) and maximum humidity. The control tube was maintained within the same incubator at 38°C (Table 1), while the thermotaxis tube was exposed to the 34°C–40°C thermal gradient.

To evaluate thermotactic behaviour, the movement of live and motile spermatozoa towards different temperature zones was assessed using the swim-up technique.

Sample Collection and Analysis

Following the 60-minute incubation period, 1000 μL of sperm suspension was collected from each of the two equally sized compartments (Figure 2) for concentration and morphological analysis. These samples were subsequently processed to assess thermotactic response in relation to the established temperature gradient.

Table 1. Experimental Temperature.

Group	Incubator ($^\circ\text{C}$)	Falcon ($^\circ\text{C}$)
Control	38	38 - 38
Thermotaxis	38	34 - 40

Statistical analysis

In the present experiment, three temperature gradients (34°C, 38°C and 40°C) were used in a randomised design for sperm thermotaxis. Statistical analyses were performed using one-way ANOVA to assess the effect of temperature on canine sperm kinetic parameters. Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test was used to determine pairwise differences between temperature groups. The data obtained from the experiment were analyzed using Minitab 19 package program.

Results and Discussion

Sperm Concentration

The sperm concentration data, presented in Graph 1, show that temperature influences sperm retention in the sample after 60 minutes. The highest sperm concentration was observed at 34°C, followed by 38°C, while the lowest concentration was recorded at 40°C. This suggests that higher temperatures may lead to increased sperm loss, potentially due to cell damage or premature activation of metabolic processes leading to reduced survival. The decline in sperm concentration at 40°C aligns with the observed reductions in motility, viability, and membrane integrity, reinforcing the negative impact of excessive heat exposure on sperm preservation.

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

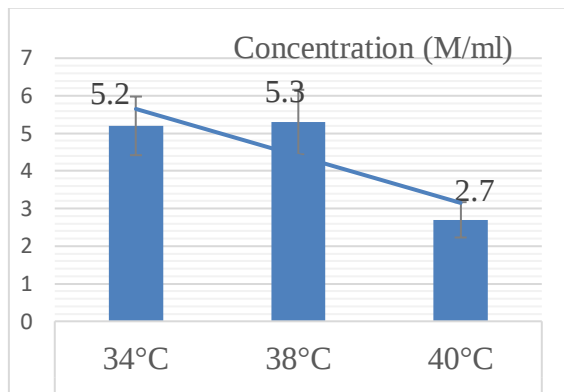


Figure 3. Temperature impact on canine sperm concentration

Sperm Motility and Kinetic Parameters

The motility analysis revealed that incubation temperature significantly influenced sperm movement characteristics. The highest total motility was observed at 34°C ($55.7 \pm 5.18\%$), followed closely by 38°C ($55.4 \pm 7.36\%$), while motility significantly decreased at 40°C ($45.4 \pm 5.66\%$). A similar trend was observed in progressive motility, which was highest at 34°C ($55.5 \pm 5.46\%$) and 38°C ($54.7 \pm 8.18\%$), but declined notably at 40°C ($44.4 \pm 8.84\%$), indicating reduced sperm movement efficiency at elevated temperatures.

Among the kinetic parameters, curvilinear velocity (VCL), representing the total distance travelled by sperm, was highest at 38°C ($112.3 \pm 8.33 \mu\text{m/s}$), followed by 34°C ($109.3 \pm 4.66 \mu\text{m/s}$), and was lowest at 40°C ($102.6 \pm 9.30 \mu\text{m/s}$). This suggests that while 38°C supports sperm movement, a further increase in temperature reduces sperm velocity.

Similarly, average path velocity (VAP) and straight-line velocity (VSL), which indicate the actual path efficiency of sperm movement, were highest at 38°C ($48.3 \pm 3.21 \mu\text{m/s}$ and $35.3 \pm 2.96 \mu\text{m/s}$, respectively). Sperm at 34°C showed slightly lower VAP ($47.4 \pm 2.22 \mu\text{m/s}$) and VSL ($34.8 \pm 2.47 \mu\text{m/s}$), while at 40°C these values decreased to $44.8 \pm 4.62 \mu\text{m/s}$ (VAP) and $31.9 \pm 4.25 \mu\text{m/s}$ (VSL), reinforcing the negative impact of excessive heat on sperm velocity.

When assessing linearity (LIN), which measures the directness of sperm movement, the highest value was recorded at 34°C ($32.1 \pm 3.21\%$),

followed by 40°C ($27.5 \pm 2.27\%$), while the lowest was at 38°C ($21.2 \pm 1.49\%$), indicating that sperm at this temperature exhibited a less linear movement pattern. However, straightness (STR), which represents the percentage of movement directed forward, was highest at 38°C ($69.1 \pm 2.04\%$), compared to 34°C ($63.6 \pm 3.67\%$) and 40°C ($60.64 \pm 4.39\%$).

The amplitude of lateral head displacement (ALH), an indicator of sperm head oscillation, was highest at 34°C ($7.8 \pm 0.92 \mu\text{m}$) and decreased with increasing temperature (38°C: $7.2 \pm 0.45 \mu\text{m}$; 40°C: $6.4 \pm 0.44 \mu\text{m}$). The beat cross frequency (BCF), which represents the frequency of sperm tail oscillations, remained relatively stable across the temperatures, with the highest values recorded at 40°C ($22.3 \pm 1.80 \text{ Hz}$), compared to 38°C ($21.6 \pm 1.19 \text{ Hz}$) and 34°C ($21.2 \pm 1.54 \text{ Hz}$).

The wobble coefficient (WOB), which reflects the relationship between sperm velocity and head displacement, showed a slight decline at 40°C ($40.6 \pm 2.62\%$), while values at 38°C ($43.8 \pm 1.19\%$) and 34°C ($43.3 \pm 1.26\%$) were higher, indicating greater movement efficiency at lower temperatures.

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

Table 2. Temperature impact on canine sperm Kinetic features

Temperature/ Kintetic Parameters	34 °C	38 °C	40 °C	P
Motility (%)	55,7±5,18	55,4±7,36	45,4±5,66	NS
Progressive Motility (%)	55,5±5,46	54,7±8,18	44,4±8,84	NS
Curvilinear Velocity (um/s)	109,3±4,66	112,3±8,33	102,6±9,30	NS
Average Path Velocity (um/s)	47,4±2,22	48,3±3,21	44,8±4,62	NS
Straight Line Velocity (um/s)	32,8±2,47	35,3±2,96	31,9±4,25	NS
Linearity (%)	32,1±3,21	21,2±1,49	27,5±2,27	NS
Straightness (%)	63,6±3,67	69,1±2,04	60,6±4,39	NS
ALH (um)	7,8±0,92	7,2±0,45	6,4±0,44	NS
BCF (Hz)	21,2±1,54	21,6±1,19	22,3±1,80	NS
WOB (%)	43,3±1,26	43,8±1,19	40,6±2,62	NS

Sperm Membrane Integrity Assessment

The percentage of HOST-positive sperm, which indicates intact sperm membranes, significantly decreased with increasing temperature. Fresh samples initially contained $85.7 \pm 6.18\%$ HOST-positive sperm, but this percentage dropped to $65.4 \pm 4.36\%$ at 34°C, $67.4 \pm 3.16\%$ at 38°C, and declined further to $45.4 \pm 4.61\%$ at 40°C, suggesting that exposure to higher temperatures leads to a substantial reduction in membrane integrity.

Table 3. Temperature impact on canine HOST-Positive Sperm (%)

	HOST-Positive Sperm (%)
Start	85,7±6,18 ^A
34 °C	65,4±4,36 ^B
38 °C	67,4±3,16 ^B
40 °C	45,4±4,61 ^C

^{a,b,c} Significant of interaction effect on group averages indicated by different letters (P < 0.05).

Sperm Viability Assessment

Similarly, the percentage of live sperm (Live/Dead ratio) declined with increasing temperature. The fresh sample contained 88.1% live sperm (185/25). After 60 minutes of incubation, sperm survival rates were 69.8% (155/67) at 34°C, 66.6% (140/70) at 38°C, and significantly lower at 57.4% (120/89) at 40°C, demonstrating that sperm viability is negatively affected by higher temperatures.

Table 4. Temperature impact on canine HOST-Positive Sperm (%)

	% Sperm (Live/Dead)
Start (Fresh)	88,1 (185/25) ^a
34 °C	69,8 (155/67) ^b
38 °C	66,6 (140/70) ^b
40 °C	57,4 (120/89) ^b

^{a,b} Significant of interaction effect on group averages indicated by different letters (P < 0.05)

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

Sperm motility and concentration are critical parameters influencing fertilization success. While motility reflects the functional capacity of spermatozoa to reach and fertilize an oocyte, concentration provides insights into sperm retention and survival under different physiological conditions. Our study demonstrated that temperature significantly influences sperm concentration, with the highest sperm retention observed at 34°C, followed by 38°C, while the lowest concentration was recorded at 40°C. These findings suggest that excessive heat exposure negatively impacts sperm survival, possibly due to increased cellular stress and metabolic exhaustion. A comparison of our results with previous studies in canine and other mammalian species reveals a consistent trend where spermatozoa exhibit temperature-dependent survival patterns, which are closely linked to their metabolic activity and susceptibility to heat stress.

The observed higher sperm concentration at 34°C and 38°C aligns with findings from bovine and ovine sperm studies, which indicate that moderate temperatures (34°C–38°C) favor sperm retention and storage (García et al., 2021; Van de Hoek et al., 2022). In contrast, the sharp decline in sperm concentration at 40°C suggests that heat stress accelerates sperm degradation and loss, potentially through increased apoptosis, membrane damage, and oxidative stress. Studies on human and mice sperm have reported that capacitated sperm actively migrate toward 35–38°C temperatures (Pérez-Cerezales et al. 2018)

A possible explanation for this trend is that higher temperatures induce premature metabolic activation, leading to a faster depletion of ATP stores (Turner, 2006). Since spermatozoa rely on oxidative phosphorylation and glycolysis for energy production, prolonged exposure to excessive temperatures may overload mitochondrial activity, triggering a metabolic crisis that leads to reduced viability and increased sperm loss (Plessis et al., 2015). This hypothesis is supported by Van de Hoek et al. (2022), who demonstrated that higher metabolic demands at elevated temperatures compromise

sperm endurance, resulting in reduced sperm numbers in the sample post-incubation.

The Nigrosin-Eosin staining and HOST results in our study provide additional insights into the temperature-dependent decline in sperm concentration. A significant drop in HOST-positive sperm at 40°C suggests that heat exposure weakens membrane integrity, making sperm more prone to lysis and loss. This is consistent with findings from Rickard et al. (2022), who reported that increased temperatures disrupt sperm lipid membranes, reducing their ability to withstand osmotic stress.

The reduced sperm retention at 40°C may also be attributed to heat-induced DNA fragmentation, which has been observed in thermally stressed spermatozoa in various species, including humans, bovines, and canines (Pérez-Cerezales et al., 2015). Thermal stress increases oxidative damage, leading to structural DNA instability, which in turn compromises sperm longevity. This mechanism could explain the significant sperm loss observed in our study at 40°C

Conclusion

This study highlights that temperature plays a crucial role in sperm concentration, motility, and viability. Sperm retention was highest at 34°C and 38°C, while exposure to 40°C resulted in significant sperm loss, likely due to heat-induced metabolic exhaustion, membrane instability, and oxidative stress. These findings align with previous research in bovine, human, and rodent sperm, supporting the conserved nature of temperature-dependent sperm survival mechanisms. The results have important implications for canine ART, emphasizing the need for precise temperature control in sperm handling and insemination protocols. Further research should focus on thermotactic-based sperm selection strategies to optimize fertilization success.

Acknowledgements

The present study was funded by Ç.Ü. Scientific Research Projects Unit (FBA-2015-4648). We sincerely appreciate Ç.Ü. Scientific Research Projects Unit for their support.

Temperature-Dependent Thermotaxis and Its Impact on Motility, Viability, and Concentration in Canine (American Bully) Sperm

References

- Ali, M. A., Wang, Y., Qin, Z., Yuan, X., Zhang, Y., Zeng, C. (2021). Odorant and Taste Receptors in Sperm Chemotaxis and Cryopreservation: Roles and Implications in Sperm Capacitation, Motility and Fertility. *Genes*, 12, 488
- Bahat A, Eisenbach M. (2006) Sperm thermotaxis. *Mol Cell Endocrinol.*; 252(1-2):115-9
- Hwang, B., Lee, D., Hwang, S. J., Baek, J. H., Kim, B. (2019). Rheotaxis-based high-throughput motile sperm sorting device. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. 20 (6), 1037-1045
- Kang, H., An, T., Lee, D., Kim, B., (2019). Gravity and rheotaxis-based sperm sorting device employing a cam-actuated pipette mechanism. *Rev. Sci. Instrum.* 90 (8): 084101.
- Khodamoradi, M., Rafizadeh Tafti, S., Mousavi Shaegh, S.A.; Aflatoonian, B.; Azimzadeh, M.; Khashayar, P. (2021) Recent Microfluidic Innovations for Sperm Sorting. *Chemosensors*, 9, 126.
- Perez-Cerezales S, Boryshpolets S, Eisenbach M. (2015). Behavioral mechanisms of mammalian sperm guidance. *Asian J Androl.*;17(4):628-32.
- Pérez-Cerezales S, Laguna-Barraza R, de Castro AC, Sánchez-Calabuig MJ, Cano-Oliva E, de Castro-Pita FJ, Montoro-Buils L, Pericuesta E, Fernández-González R, Gutiérrez-Adán A (2018). Sperm selection by thermotaxis improves ICSI outcome in mice. *Sci Rep*; 8(1):2902.
- Plessis SS, Agarwal A, Mohanty G, van der Linde M. (2015). Oxidative phosphorylation versus glycolysis: what fuel do spermatozoa use? *Asian J Androl.*;17(2):230-5.
- Söderquist L, Madrid-Bury N, Rodriguez-Martinez H. (1997). Assessment of ram sperm membrane integrity following different thawing procedures. *Theriogenology*.48 (7):1115-25.
- Suarez, S. S., Pacey, A. A. (2006). Sperm transport in the female reproductive tract, *Human Reproduction Update*, 12 (1) 23–37
- Turner, R. M. (2005). Moving to the beat: a review of mammalian sperm motility regulation. *Reproduction, Fertility and Development* 18(2) 25-38.
- Van de Hoek M, Rickard JP, de Graaf SP. Motility Assessment of Ram Spermatozoa. *Biology*. 2022; 11(12):1715



Research Article

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

Ayten ZENGER¹, Celal YÜCEL^{1*}

ÖZ

Araştırma, İdil/Şırnak iklim koşullarında yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) ile arpanın (*Hordeum vulgare* L.) saf ve farklı karışım oranlarının ot verimi ve kalitesine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, fiğ (F) ve arpanın (A) saf (%100) ekimlerin yanı sıra, %75 F-%25 A, %50 F-%50 A ve %25 F-%75 A karışımları kullanılmıştır. Araştırmada toplam yaş ot ve kuru ot verimi sırasıyla 1578-2995 kg/da ve 369-1132 kg/da arasında değişmiştir. Kuru otun ham protein (HP) oranının %10.57-19.90, nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) %47.63-61.68, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) %27.66-32.64, sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı %63.48-67.35, kuru madde tüketimi (KMT) oranı %1.950-2.521 ve nispi yem değerinin (NYD) 96.9-124.7 arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda yaygın fiğın İdil/Şırnak koşullarının sahip olduğu kış soğuklarından etkilendiği ve bundan dolayı da söz konusu koşullarda ot verimlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ancak arpanın saf ve %25-50 fiğ karışımı şeklinde yetiştirildiğinde ortalama dekara 1100 kg kuru ot elde edildiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Yaygın Fiğ, Ot Verimi, Kalite, Karışım

Effect on Forage Yield and Quality of Different Mixture Ratios of Common Vetch With Barley under İdil/Şırnak Climatic Conditions

ABSTRACT

The research was carried out to determine the effect of sole and different mixture ratios of common vetch (*Vicia sativa* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) on forage yield and quality in İdil/Şırnak climatic conditions. In the research, in addition to pure (100 %) sowing of vetch (V) and barley (B), 75V-25B%, 50V-50B% and 25V-75B% mixtures were used. In the research, it was determined that the total fresh and hay yield varied between 1578-2995 kg da⁻¹ and 369-1132 kg da⁻¹, respectively. Among some important features related to hay quality, crude protein ratio is 10.57-19.90%, neutral detergent insoluble fiber is 47.63-61.68%, acid detergent insoluble fiber is 27.66-32.64%, digestible dry matter rate 63.48-67.35%, dry matter intake rate 1.950-2.521%, relative feed value was determined to vary between 96.9-124.7. As a result of the research, it is seen that common vetch is affected by the winter cold of İdil/Şırnak climatic conditions and therefore the forage productivity is low in these conditions. However, it has been determined that when barley is grown pure and as a mixture of 25-50% vetch, an average of 1100 kg of dry matter per decare is obtained.

Keywords: Barley, Common Vetch, Forage Yield, Quality, Mixture

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0008-6235-5233, 0000-0001-6792-5890

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 04.03.2025

Kabul Tarihi: 24.06.2024

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İdil/Şırnak

E-posta: celalyucel@sirnak.edu.tr

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

Giriş

Türkiye’de kalite kaba yem sağlanan kaynakların başında çayır mera alanları ile tarla tarımı içerisinde yem bitkileri tarımı gelmektedir. Mevcut kaba yem sağlanan kaynakların, hayvancılığın ihtiyacı olan kalite kaba yem ihtiyacını karşılamadığı görülmektedir. Kaba yem açığının kapatılmasında kışlık ara ürün yetiştirme dönemindeki yem bitkilerinin ekim ve üretiminin artırılması gerekmektedir. Türkiye genelinde 2023 yılı verilerine göre yem bitkileri ekim alanı yaklaşık 2.57 milyon hektar ve yaş ot veriminin ise 67.7 milyon ton olduğu ve bunun da yaklaşık 16-17 milyon ton kuru ota eşdeğer olduğu görülmektedir. Yaygın fiğ ekim alanı 2.836 milyon dekar, yaş ot üretiminin 3.718 milyon ton ve dekara veriminin ise 1311 kg olduğu, arpanın ekim alanının 283 874 dekar, yaş ot üretiminin 537 942 ton ve dekara veriminin ise 1895 kg olduğu bildirilmektedir (Tüik, 2025). Yazlık ana ürün yetiştiriciliği yapılan GAP bölgesi ve Akdeniz ikliminin sahip olduğu bölgelerde, kışlık dönemde arazilerin birçoğu boş kalmaktadır. Özellikle GAP bölgesinde pamuk ekim zamanı veya ikinci ürün mısır tarımına kadar geçen süreler dikkate alındığında kışlık ara ürün olarak tek yıllık baklagiller, saf veya buğdaygillerle karışım şeklinde yetiştirilebilir (Yücel ve Avcı, 2009; Yücel ve ark., 2018a, b; Deniz, 2021; Kara ve Sürmen, 2023). Kışlık ara ürün yetiştirmenin yaygınlaşması ile kaliteli kaba yem üretiminin artırılmasının yanı sıra, tek yıllık baklagillerin ekim nöbeti sisteminde yer almasıyla da özellikle sürdürülebilir tarım açısından da önemli katkıda da bulunmuş olacaktır. GAP koşullarında kasım-nisan döneminde yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.)’in saf olarak yetiştirileceği ve birim alandaki yaş ot ve kuru ot verimlerinin sırasıyla 1770-3304 kg/da ve 403-804 kg/da aralığında olduğu saptanmıştır (Çil ve ark., 2006; Yücel ve ark., 2006). Ayrıca Çukurova Bölgesi’nde kışlık ara ürün yetiştirme döneminde yaygın fiğde genotiplere ve yıllara göre değişmekle birlikte, yaş ve kuru ot verimi ortalamasının sırasıyla 2291-4740 kg/da ve 347-801 kg/da arasında değiştiği bildirilmektedir (Yücel ve ark., 2007, Yücel ve ark., 2013).

Yaygın fiğ, fiğ türleri içerisinde soğuğa en

hassas olan türdür. Akdeniz iklim kuşağında kışlık ekimlerde ot verimi çok yüksek olabilmektedir. Ancak kışlık ekimlerde özellikle yüksek rakımlı alanlarda yaygın fiğ yetiştiriciliğinde yıllık yağış miktarı ve dağılımı ile birlikte kış soğuklarının, bitki ölümleri için önemli bir sorun olduğu bildirilmektedir (Açıkgöz, 1982; Ratinam ve ark., 1994; Fırıncıoğlu ve ark., 2009). Kışlık ekimlerde özellikle rakımı yüksek yerlerde soğuk, yaygın fiğ yetiştiriciliği için en önemli sınırlayıcı faktör olabilmektedir. Tüylü fiğ -17 °C’ye kadar dayanırken, yaygın fiğ ve Macar fiğ -12 °C’ye kadar dayanabildiği bildirilmektedir (McKee, 1952; Ahlgren, 1956). Yem ve toprak iyileştirme bitkisi olarak büyük bir potansiyele sahip olan fiğler, tüylü fiğ dışında sert kış koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde yetiştirilmemektedir (Kendir, 1999). Arpa, dünyada ekim alanı ve üretim bakımından tahıl üretiminde buğday, çeltik ve mısırdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Arpanın kullanımı, dünya ekonomisinde olduğu gibi, Türkiye’de de hayvan yemi, tarıma dayalı sanayi, insan beslenmesi ve biyoyakıt alanlarında önemli bir yere sahiptir. Arpanın, ekolojik sınırlara rağmen esnekliği nedeniyle üretimi tüm dünyaya yayılmıştır (Taşçı ve Bayramoğlu, 2020). Arpa, çeşitli çevre koşullarına uyum sağlayabilmesi ve yaygın olarak hayvan yemi ve malt yapımında kullanılması nedeniyle dünyanın her yerinde yetiştirilmektedir. Karışımda baklagillerin yer alması ile baklagillerin, havanın serbest azotunu toprağa biriktirerek, karışımdaki buğdaygilin bundan yararlanmasını sağlamasının yanı sıra, kendisinden sonra ekilecek ürüne organik madde ve N bakımından önemli katkılar sağladığı ve böylece toprağın verimliliğini artırdığı ve bunun sonucunda hastalık, zararlı popülasyonunu azaltarak, kimyasal girdi kullanımını azalttığı, daha sağlıklı çevre ve bunun sonucunda da daha kaliteli yem elde edilmesinin yanı sıra, sürdürülebilir tarım açısından da önemli olduğu bir çok araştırmacı tarafından da bildirilmektedir (Osman ve Osman, 1982; Gök ve ark., 1995; Anlarsal ve ark., 1996a, b; Anil ve ark., 1998; Ülger ve ark., 1999; Lithourgidis ve ark., 2006; Kökten ve ark., 2009; Kara ve Sürmen, 2023).

Fiğ-arpa karışık ekimi çiftçiler için faydalı olup,

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

hayvanların ihtiyaç duyduğu protein ve enerjiyi sağlayan yaygın tarım yöntemlerinden biri olarak kabul edilmekte ve birim alandan daha yüksek verim alınmaktadır (Yılmaz ve ark., 2015). Fiğ-arpa karışık ekiminde en yüksek toplam kuru ot verimi ve protein içeriğinin, fiğın mono kültüründen elde edildiği bildirilmektedir (Mohsenabadi ve ark., 2008; Javanmard ve ark., 2014). Arpanın baklagillerle birlikte ekim yapılması, arpanın saf ekimlerine göre karışımın yem kalitesini artırdığı da bildirilmektedir (Sadeghpour ve Jahanzad, 2012).

Araştırma, Şırnak ili İdil ilçesi iklim koşullarında, arpa ve yaygın fiğın saf ekimlerinin yanı sıra, farklı karışım oranlarındaki ot verimi ve ot kalitesini saptamak amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma Yeri Hakkında Genel Bilgiler

Çalışma, kasım-2022 ve mayıs-2023 yetiştirme döneminde, Şırnak ili İdil İlçesi, Dirsekli köyünde çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Çalışmanın sürdürüldüğü deneme alanı, Şırnak merkeze 90 km uzaklıkta, deniz seviyesinden 760 m yükseklikte olup, 37.3201° Kuzey enlemi, 41.7940° Doğu boylamın da yer almaktadır. Araziler, genel itibarıyla %2 ila %5 arasında değişen düşük eğime sahip düzlüklerden oluşmaktadır.

Araştırma Yerinin Toprak Özellikleri

Araştırmada, tarla denemesi kurulmadan önce 0-

20 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre, araştırma alanı topraklarının tekstürünün %5 kum, %45 silt ve %54 kil olduğu, organik madde içeriğinin %1.51, kireç içeriğini %0.80, K içeriğinin 345 kg/da ve P içeriğinin ise 4.5 kg/da olduğu saptanmıştır. Araştırma alanı toprakların, killi-siltli olduğu, organik madde içeriği düşük ve alınabilir fosforun 4.5 kg/da, az kireçli ve alınabilir potasyum kapsamının yeterli düzeyde olduğu görülmektedir.

Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Denemenin yürütüldüğü bölgede karasal iklim özellikleri gözlemlenmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü bölgenin, yazları kurak ve sıcak, kışlar ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Denemenin yürütüldüğü döneme ait iklim verileri, Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü İdil’in kasım 2022 ve mayıs 2023 dönemine ait iklim özelliklerine göre bu dönemdeki ortalama ve en yüksek sıcaklığın uzun yıllar ortalamasının üzerinde olduğu, ancak denemenin yürütüldüğü döneme ait en düşük sıcaklık ortalamasının 0.9 °C olduğu ve uzun yıllar sıcaklık ortalamasının (4.9 °C) çok altında olduğu görülmektedir. Özellikle kış dönemindeki aralık-ocak ve şubat aylarındaki en düşük ortalama sıcaklığın sırasıyla -0.1, -2.5 ve -4.2 °C’lerde olmuştur. Araştırmanın yürütüldüğü dönemdeki toplam yağışın 536.1 mm ile uzun yıllar yağışın iki katı kadar olduğu, ancak bu yağışın yaklaşık 100 kg/m²’si ekimden önce düşmüştür (Anonim, 2023).

Çizelge 1. Araştırmanın yürütüldüğü Şırnak ili İdil ilçesinin uzun yıllar ve 2022-2023 dönemine ait bazı meteorolojik verileri *

İklim Faktörleri	Yıllar	Kasım 2022	Aralık 2022	Ocak 2023	Şubat 2023	Mart 2023	Nisan 2023	Mayıs 2023	Ortalama/Toplam
Ortalama Sıcaklık (°C)	2022-23	12.9	8.8	5.8	5.0	12.5	15.0	20.9	11.6
	U. yıllar**	10.0	5.0	4.0	5.0	9.0	14.0	20.0	9.6
En Yüksek Sıcaklık (°C)	2022-23	24.0	18.5	18.8	22.0	22.4	27.6	32.3	23.7
	U. yıllar	15.0	9.0	8.0	10.0	14.0	19.0	27.0	14.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	2022-23	4.7	-0.1	-2.5	-4.2	1.2	0.0	7.4	0.9
	U. yıllar	6.0	2.0	0.0	1.0	4.0	8.0	13.0	4.9
Toplam Yağış (kg/m ²)	2022-23	101.1	31.4	28.7	125.0	66.1	160.9	22.9	536.1
	U. yıllar	32.8	41.3	36.0	42.4	44.3	38.4	16.9	252.1

*) Şırnak Meteoroloji İl Müdürlüğü Verileri; **) Uzun yıllar 2015-2023 yılları arasını kapsamaktadır.

İdil/Sırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

Araştırmada Kullanılan Bitkisel Materyaller
Araştırmada, yaygın fiğ (*V. sativa* L.)'in Yücel çeşidi ve arpanın ise Finola çeşidi bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Yücel çeşidi tohumları, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden; Finola arpa çeşidinin tohumu ise Progen tohumculuk firmasından temin edilmiş olup, kışlık ve altı sıralı bir arpa çeşididir.

Yöntem

Çalışmada, yaygın fiğ (F)'in ve arpa (A)'nın saf (%100) ekimleri ile %75 F - %25 A, %50 F - %50 A ve %25 F-%75 A şeklindeki karışım oranları (Tükel ve Yılmaz, 1987; Yücel ve Avcı, 2009; Yücel ve ark., 2015), araştırma konusu olarak ele alınmıştır. Dekara atılacak tohumluk miktarları türlerin saf ekimlerinde kullanılan tohumluk miktarları dikkate alınarak; fiğde m²'ye 200 adet, arpada ise 500 adet tohum olacak şekilde, bin tane ağırlıklarına göre hesaplanmıştır. Türlerin karışım oranlarındaki % durumlarına göre parselle atılacak tohumluk miktarları belirlenip, ekimler daha önce açılan çizilere elle yapılmıştır. Tarla denemesi, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Sıra arası mesafe 20 cm olup, her parsel 4 sıradan oluşmaktadır. Ekimle birlikte dekara 5 kg/da N ve 5 kg/da P₂O₅ (Kökten ve ark., 2015; Yücel ve ark., 2015) olacak şekilde 20:20 taban gübresi kullanılmıştır. Yabancı ot mücadelesi çıkıştan sonra elle yapılmıştır. Ot verimi için hasat, arpanın süt-hamur dönemi arasında elle (orakla) yapılmıştır.

Tarla Denemelerinde İncelenen Özellikler ve Yöntemleri

Fiğ ana sap uzunluğu (cm), arpa bitki boyu (cm), yaş ot verimi (kg/da), kuru ot oranı (%), kuru ot verimi (kg/da), yaş ottaki botanik kompozisyon (%), kuru ottaki botanik kompozisyon (%) gibi özellikler ve uygulanan yöntemler Yücel ve Avcı (2009), Yücel ve ark. (2015) ve Ak (2022) tarafından bildirilen yöntemlere göre yapılmıştır.

Yem Kalite Analizleri ve Yöntemleri

Her parselde ve her karışımda alınan yaygın fiğ ve arpa yaş ot örnekleri kurutulduktan sonra öğütülüp ayrı ayrı saf olarak kalite analizlerine tabi tutulmuştur. Her türün karışımdaki kuru ot

oranlarının (%) çarpımından karışımda incelenen özelliklerin ortalamaları hesaplanmıştır (Yücel ve ark., 2015). Her parselden alınan kuru ot örnekleri, kurutulup tartıldıktan sonra, 1-2 mm elek çapına sahip değirmende öğütülüp kalite analizlerine hazırlanmıştır. Fiğ ve arpa kuru ot örneklerinin başlıca kalite özellikleri olan HP, NDF, ADF ve mineral elementler (P, K, Mg ve Ca), daha önce aynı türlerle kalibrasyonu yapılmış olan NIRS (Near Reflectance Spectroscopy) ve Foss XDS Rapid Content Analyser cihazında belirlenmiştir. Fiğ ve arpa örnekleri, NIR cihazında baklagil ve buğdaygil programında ayrı ayrı okutulmuş, her özellik için her türün kuru ottaki botanik kompozisyonlarındaki % oranları ile çarpılarak, söz konusu özellik için karışımın toplam değeri hesaplanmıştır (Yücel ve ark., 2015). Kalite analizleri, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır. Ayrıca, SKM, KMT, NYD gibi özellikler aşağıdaki formüller vasıtası ile belirlenmiştir (Schroeder, 1994; Yücel ve ark., 2015). Sindirilebilir KM Oranı=88.9-(0.779 x % ADF) Kuru madde tüketimi =120 / % NDF Nispi yem değeri=(%SKM oranı x% KMT)/1.29

Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, JMP istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca istatistiki olarak önemli çıkan ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılması LSD çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır (Yurtsever, 2011).

Bulgular ve Tartışma

Ot Verimi ve Verim ile İlişkili Bitkisel Özellikler

Arpa Bitki Boyu (cm): Arpanın saf ve karışımlarda saptanan arpa bitki boyu bakımından karşımlar arasında istatistik olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Hasatta saf arpanın bitki boyunun karışımlarda daha düşük olduğu, en yüksek bitki boyunun 99.8 cm ile %50 fiğ-%50 arpa karışımlarında saptanmıştır. Karışımlardaki arpanın, bir baklagil olan fiğın toprağa kazandırmış olduğu azottan yararlanması sonucu, karışımlardaki arpanın bitki boyunun, saf ekimlerden daha fazla olduğu

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

düşünülmektedir. Ayrıca %50-50 karışımlarında bitkilerin yaşamsal olarak aynı ortamı kullandıkları ve birbirlerini baskılamadıklarından dolayı da böyle bir sonucun çıktığını düşünülmektedir. Arpanın bitki boyunun Çukurova koşullarında 99.6-104.7 cm arasında değiştiği saptanmıştır (Yaktubay ve Anlarsal, 1999). Kahrarayan ve ark. (2021) arpa ve fiğın farklı karışımlarındaki en yüksek bitki boyunun %80 arpa + %20 fiğın birlikte ekim sisteminde olduğunu bildirmiştir. Ak (2022) Mardin koşullarında saf arpanın bitki boyunun 105.8 cm olduğunu saptamıştır.

Fiğın Ana Sap Uzunluğu (cm): Fiğın ana sap uzunluğu bakımından karışım oranları arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar saptanmamıştır. Fiğ ana sap uzunluğu ortalamaları 103.5-119.7 cm arasında değiştiği ve ortalaması 110.2 cm olarak saptanmıştır. Araştırmada saf fiğın bitki boyunun karışımlarda daha yüksek olduğu, en düşük bitki boyunun %25 fiğ-%75 arpa karışımlarında saptanmıştır. Karışımlardaki fiğ bitki boyunun, saf ekimlere göre daha düşük olmasının nedeni, farklı türlerin birbirine olan rekabetin yanı sıra arpanın, fiğın kazanmış olduğu azottan yararlanması sonucu olabilir. Ayrıca fiğın ana sap uzunluğunun arpanın bitki boyu ortalamalarından daha yüksek olduğu da saptanmıştır (Çizelge 2). Farklı lokasyonlarda yürütülen karışım çalışmalarında; Çukurova koşullarında fiğ+arpa karışımlarında fiğın bitki boyunun 84.2-90.6 cm arasında (Yaktubay ve Anlarsal, 1999), Erzurum sulu şartlarında adi fiğ ve arpa karışımlarında fiğın bitki boyunun 51.80 cm olarak belirlediği (Bakoğlu ve Memiş, 2002), Şanlıurfa ili Akçakale koşullarında saf fiğın ana sap uzunluğu 58-95 cm arasında olduğu (Çil ve ark., 2006; Yücel ve ark., 2006), Adana taban koşullarında adi fiğın ana sap uzunluğunun 109-136 cm arasında (Yücel ve ark., 2007), Bingöl koşullarında ise yaygın fiğın ana sap uzunluğunun 50.4-61.3 cm arasında değiştiği (Enayat ve ark., 2017) bildirilmiştir. Araştırmada saf fiğ ve karışımlarda saptanan ana sap uzunluğunun Çukurova koşullarında elde edilen bulgular hariç, diğer çalışmalardan elde edilen bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir.

Arpa Yaş Ot Verimi (kg/da): Arpanın yaş ot verimi bakımından karışımlar arasında $P < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir. Yaş ot verimlerinin 1813-2995 kg/da arasında değiştiği, saf arpadan sonra en yüksek verimin %25 fiğ ve %75 arpa karışımında elde edilmiştir. Ak (2022) Mardin koşullarında arpanın yaş ot veriminin 1667 kg/da olduğunu bildirmiştir. Seydoşoğlu (2020) Siirt kışlık ekim koşullarında farklı karışımlarında en yüksek yeşil ve kuru ot verimi yalın arpadan elde edilirken, arpanın girdiği karışımlarda, arpanın oranı arttıkça yeşil ve kuru ot verimlerinin arttığını bildirmiştir.

Fiğ Yaş Ot Verimi (kg/da): Fiğın yaş ot verimi bakımından karışımlar arasında $P < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur. Fiğın yaş ot veriminin 240 ile 1578 kg/da arasında değiştiği, en yüksek fiğ yaş verimi saf fiğde elde edilirken, karışımdaki fiğ oranının artmasına paralel olarak fiğ yaş ot verimlerinin de arttığı görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü koşullardaki rakımın 760 m olduğu ve bu gibi ekolojilerde bazı yıllar kışlar sert geçmekte ve adi fiğ gibi soğuğa hassas bitkilere zarar verebilmektedir. Nitekim denemenin yürütüldüğü aralık, ocak ve şubat aylarında en düşük ortalama sıcaklıklar sırasıyla (-0.1), (-2.5), (-4.2) °C olduğu ve düşük düzeydeki soğukların bazı bitki ölümlerine neden olduğu ve birim alandaki fiğın botanik kompozisyonundaki oranlarının düşük olması ile doğrulanmaktadır. Yaygın fiğ, ılıman bölgelerde kışlık olarak yetiştirildiğinde birim alan verimleri çok yüksek olabilmektedir (Çil ve ark., 2006; Yücel ve ark., 2006). Ancak kışlık ekimlerde özellikle yüksek rakımlı alanlarda yaygın fiğ yetiştiriciliğinde yıllık yağış miktarı ve dağılımı ile birlikte kış soğuklarının bitki ölümleri için önemli bir sorun olduğu bildirilmektedir (Açıkgöz, 1982; Ratinam ve ark., 1994; Kendir, 1999; Fırıncıoğlu ve ark., 2009).

Arpa Kuru Ot Verimi (kg/da): Arpada kuru ot verimi açısından karışımlar arasında istatistiksel olarak önemli farkların bulunmadığı görülmektedir. Saf arpa ve karışımlarındaki arpanın kuru ot verimine ilişkin ortalamaları,

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

Çizelge 2’de verilmiştir. Saf arpa ve karışırlardaki arpanın kuru ot verimleri 822 ile 1057 kg/da arasında değiştiği, en yüksek kuru ot veriminin saf arpadan elde edildiğini, karışımdaki arpa oranının düşmesi ile birlikte kuru ot verimlerinin de azaldığı görülmektedir. Ak (2022) Mardin koşullarında arpanın kuru ot veriminin 822 kg/da olduğunu bildirmiştir. Bacchi ve ark. (2021) İtalya koşullarında %50 fiğ-arpa karışımlarında, saf arpada 765 kg/da, karışımda ise 533 kg/da arpa kuru madde verimi elde edildiğini bildirmişlerdir. Seydoşoğlu (2020) Diyarbakır koşullarında saf arpanın kuru ot veriminin 1638 kg/da olduğunu ve arpanın süt olum döneminde biçilmesinin uygun olduğunu rapor etmiştir.

Fiğ Kuru Ot Verimi (kg/da): Fiğın kuru ot verimi bakımından karışımlar arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farkların

olduğu görülmektedir. Saf fiğ ve karışımlarındaki fiğın kuru ot verimi ortalamaları ve oluşan gruplar, Çizelge 2 verilmiştir. Fiğın dekara kuru ot verimlerinin 66 ile 369 kg arasında değiştiği, saf fiğden en yüksek verimin elde edildiğini ve karışımdaki fiğ oranının artmasına paralel olarak fiğ kuru ot verimlerinin de arttığı saptanmıştır. Çakmakçı ve Açıkgöz (1987) Bursa koşullarında kışlık olarak ekilen adi fiğden dekara 500 kg kuru ot verimi alınabileceğini bildirmişlerdir. Tükel ve Yılmaz (1987) Adana koşullarında uygun arpa + fiğ karışımlarından dekara 500 kg kuru ot elde edildiğini bildirmişlerdir. Öz (1990) Bursa kıraç koşullarında %75 arpa-%25 fiğ karışımının en yüksek ve saf fiğ ekiminden ise en düşük kuru ot veriminin elde edildiğini, ekimle birlikte karışımdaki fiğ oranı arttıkça elde edilen kuru ot verimlerinin de düştüğünü bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Fiğ ve arpanın bitki boyu, yaş ve kuru ot verimi ortalama değerleri

Karışımlar	Bitki Boyu (cm)		Yaş Ot Verimi (kg/da)		Kuru Ot Verimi (kg/da)	
	Arpa	Fiğ	Arpa	Fiğ	Arpa	Fiğ
%25 Fiğ-75 Arpa	95.2	103.5	2552 ab ⁺	240 c ⁺	1057	66 c ⁺
%50 Fiğ-50 Arpa	99.8	105.3	2398 b	410 bc	965	113 bc
%75 Fiğ- 25 Arpa	95.3	112.3	1813 c	488 b	822	143 b
Saf	92.6	119.7	2995 a	1578 a	1132	369 a
Ortalama	95.7	110.2	2439	679	994	173
DK (%)	11.78	12.89	13.55	22.70	15.61	27.05
LSD (0.05)	ÖD	ÖD	528.87	246.60	ÖD	74.84
F (Karışımlar)	0.277	1.076	8.731**	62.281**	2.955	33.159**

+) Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur.

ÖD: Önemli değil

Yaş Otta Arpa ve Fiğın Botanik Kompozisyonu (%): Arpanın ve fiğın yaş otta botanik kompozisyonuna ait verilere uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre, karışımlar arasında botanik kompozisyonu %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmiştir. Yaş ottaki arpanın botanik kompozisyonundaki oranları %79.05 ile 100 arasında değiştiği, karışımdaki arpa oranının düşmesi ile birlikte, botanik kompozisyonundaki arpanın da oranının azaldığı görülmektedir.

Yaş ottaki fiğın botanik kompozisyonundaki oranları saf fiğ hariç %8.60 ile %20.95 arasında değiştiği, karışımdaki fiğ oranının artmasına paralel olarak botanik kompozisyonundaki fiğ oranının da arttığı görülmektedir. Baklagil buğdaygil karışımlarında her ne kadar ekimdeki

tahıl oranı düşüğe olsa, hasattaki tahıl yada buğdaygilin oranının yüksek olduğu bir çok araştırmada da bildirilmektedir (Yücel ve Avcı, 2009; Yücel ve ark., 2018 a, b).

Kuru Otta Arpanın ve Fiğın Botanik Kompozisyonu (%): Kuru otta arpanın ve fiğın botanik kompozisyonuna ait özellik bakımından karışımlar arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmiştir. Kuru otta arpanın botanik kompozisyonundaki oranı %85.18 ile 93.96 arasında değiştiği görülmektedir. Ekimde karışımlardaki arpanın en düşük oran %25 iken, hasatta elde edilen botanik kompozisyonundaki kuru ottaki oranının %85 civarlarında olduğu görülmektedir. Bu durumun tahılların baklagillere göre daha çok

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

kardeşlendiği için birim alandaki verimi ve buna bağlı olarak da oranları yüksek çıkmaktadır. Kuru otta fiğın botanik kompozisyonundaki oranın saf ekimler hariç %6.04 ile 14.82 arasında değiştiği, ekimde karışımındaki fiğ oranının artmasına paralel olarak botanik kompozisyonundaki oranlarının da arttığı görülmektedir. Ancak ekimde karışımındaki fiğın oranı %75 iken, kuru ottaki botanik kompozisyon oranının %14.82 gibi çok düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Öz (1990) karışımında, en yüksek fiğ oranını %25 arpa-75 fiğ karışımından sağlanırken, %75 arpa-25 fiğ karışımında da en düşük fiğ oranı elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ekimdeki fiğ oranı ile botanik kompozisyonundaki fiğ oranı arasında önemli bir korelasyon bulunduğunu bildirmişlerdir. Baklagil buğdaygil karışımlarında ekimdeki baklagil oranının azalmasına paralel olarak botanik kompozisyonundaki oranlarının azaldığı görülmektedir. Benzer bulgular başka

araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir. Çukurova koşullarında İskenderiye üçgülün tritikale ve İtalyan çimi ile farklı karışımlarında da karışımındaki baklagilin azalmasına paralel olarak kuru otun botanik kompozisyonundaki baklagil oranının azaldığı bildirilmiştir (Yücel ve ark., 2018 a, b). Yaktubay ve Anlarsal (1999) Çukurova koşullarında fiğ+arpa karışımlarında karışımındaki kuru ottaki fiğ oranının %32.07-40.85 arasında değiştiğini, biçim zamanı geciktikçe bu oranın da arttığını bildirmişlerdir. Öz (1990) botanik kompozisyonundaki en yüksek ve en düşük fiğ oranını sırasıyla %25 arpa-%75 fiğ ve %75 arpa-%25 fiğ karışımında saptamışlardır. Ekimdeki fiğ oranı ile botanik kompozisyonundaki fiğ oranı arasında önemli bir korelasyon bulunduğunu saptamışlardır. Albayrak ve ark. (2004) Samsun ili Karadeniz kıyı bölgesinde kuru maddede %80 tüylü fiğ + %20 tritikale karışımının en yüksek fiğ oranına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 3. Fiğ ve arpanın botanik kompozisyonundaki oranları ile kuru ot oranları

Karışımlar	Yaş Otta Botanik Kompozisyon (%)		Kuru Otta Botanik Kompozisyon (%)		Kuru Ot Oranı (%)	
	Arpa	Fiğ	Arpa	Fiğ	Arpa	Fiğ
%25 Fiğ-75 Arpa	91.41 b ⁺	8.60c ⁺	93.96 b ⁺	6.04 c ⁺	41.40	22.75
%50 Fiğ-50 Arpa	85.70 b	14.30 c	89.47 bc	10.53 bc	40.30	28.60
%75 Fiğ- 25 Arpa	79.05 c	20.95 b	85.18 c	14.82 b	44.95	29.40
Saf	100 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a	37.85	23.40
Ortalama	89.04	35.96	92.15	32.85	41.13	27.29
DK (%)	4.08	10.11	3.20	8.97	8.31	13.64
LSD (0.05)	5.816	5.816	4.705	4.714	ÖD	ÖD
F (Karışımlar)	23.861**	559.170**	18.514**	928.697**	2.981	2.072

+⁺ Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur .

ÖD: Önemli değil

Arpa ve Fiğ Kuru Ot Oranı (%): Kuru ot oranı bakımından karışımlar arasında istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmemiştir. Arpanın kuru ot oranlarının %37.85-44.95 arasında değiştiği, en yüksek oranın %25 karışımlardan elde dildiği görülmektedir. Düzcekiç ve ark. (2022) karışımında Macar fiğ oranı arttıkça kuru madde veriminin azaldığı ve en yüksek kuru madde veriminin arpanın saf ekiminden elde ettiklerini bildirmişlerdir. Fiğ kuru ot oranının %23.40-29.40 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Toplam Yaş Ot Verimi (kg/da): Toplam yaş ot verimi sonuçlarına göre karışımlar arasında %1

seviyesinde istatistiki olarak önemli farklılık saptanmıştır. Saf fiğ ve arpanın yanı sıra karışımların yaş ot verimi ortalamaları ve oluşan gruplar, Çizelge 4’de verilmiştir. Yaş ot verimlerinin 1578 ile 2995 kg/da arasında değiştiği ve ortalamanın 2495 kg/da olduğu görülmektedir. Saf yaygın fiğ en düşük verimi verirken, en yüksek verimin ise saf arpada elde edildiğini, diğer karışımında saptanan yaş ot verimlerinin ise birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Saf fiğın yaş ot veriminin GAP koşullarında dekara 1770-3304 kg arasında (Çil ve ark., 2006; Yücel ve ark., 2006), Çukurova koşullarında 2291-4740 kg/da arasında değiştiği

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

bildirilmiştir (Yücel ve ark., 2007). Çalışmada elde edilen saf fiğ yaşı ot verimlerinin, önceki çalışmalardan daha düşük olduğu görülmektedir. Yaygın fiğın çok soğuk geçen kışlarda soğuktan zarar görmesi nedeniyle zaman zaman verimler düşmektedir. Saf fiğ ve karışımındaki fiğın yaşı ot verimlerinin düşük olması, toplam yaşı ot verimini de düşürmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü ekolojilerde, uzun yıllar iklim verileri dikkate alındığında yaygın fiğın bölgede yetiştirilebileceğini ve beklenen verim performansını vermesi beklenmektedir. Oysa denemenin yürütüldüğü yılda her ne kadar yağış yeterli olsa da özellikle aralık, ocak ve şubat ayındaki sıcaklık değerlerin sırasıyla (-0.1), (-2.5), (-4.2) °C’lerde görülmesi, soğuğa hassas olan fiğde önemli düzeyde zarar etkisi yaratmış ve bundan dolayı beklenen verim alınamamıştır. Kendir (1999) yem ve toprak iyileştirme bitkisi olarak büyük bir potansiyele sahip olan fiğler, tüylü fiğ dışında sert kış koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde yetiştirilmemektedir. Kışlık ekimlerde özellikle yüksek rakımlı alanlarda yaygın fiğ yetiştiriciliğinde yıllık yağış miktarı ve dağılımı ile birlikte kış soğuklarının bitki ölümleri için önemli bir sorun olduğu bildirilmektedir (Açıkgöz, 1982; Ratinam ve ark., 1994; Fıncıoğlu ve ark., 2009). Albayrak ve ark. (2004) Samsun ili Karadeniz kıyı bölgesinde en yüksek yaşı ot veriminin 3294 kg/da ile %70 tüylü fiğ + %30 tritikale içeren karışımdan elde edildiğini bildirmişlerdir. Pınar (2007) Karabük ekolojik koşullarında en yüksek (2236 kg/da) ve en düşük yaşı ot veriminin (1573 kg/da) sırasıyla %62.5 tüylü fiğ-%37.5 arpa ve %62.5 Macar fiğ-%37.5 arpa karışımlarından bulunduğunu bildirmiştir. Bedir (2010) Karaman koşullarında verim toplamı bakımından %40 Macar fiği + %60 arpa içeren karışımların üstün olduğunu bildirmiştir. Arslan (2012) Konya koşullarında %50 fiğ + %50 arpa karışımından en yüksek yeşil ot verimi (2160 kg/da) elde edildiğini bildirmiştir. Demiroğlu ve ark. (2020) Bornova/İzmir koşullarında Kubilay adı fiğ ve arpa Akhisar %50:50 karışımlarının 2. hasat dönemindeki yaşı ot verimini 4260 kg/da olarak belirlemişlerdir. Diyarbakır koşullarında saf arpada 5026 kg/da (Seydoşoğlu, 2020), Mardin koşullarında, arpanın yaşı ot veriminin 1667 kg/da olduğunu saptanmıştır (Ak, 2022). Saf

arpa verimine ilişkin ortalamaların Seydoşoğlu (2020) bulgularında düşük, Ak (2022) bulgularından daha yüksek olduğu görülmektedir.

Toplam Kuru Ot Verimi (kg/da): Toplam kuru ot verimi bakımından karışımlar arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmiştir. Kuru ot verimlerinin 369 ile 1132 kg/da arasında değiştiği ve ortalamasının 934 kg/da olduğu görülmektedir. Saf yaygın fiğ, en düşük verimi verirken, en yüksek verimin ise saf arpada elde edildiğini, ancak saf fiğ hariç arpanın saf ve diğer karışımlardaki uygulamalarından elde edilen kuru ot verimlerinin istatistiki olarak aynı grupta oldukları görülmektedir. Çalışmada elde edilen fiğ kuru ot verimlerinin düşük olması nedeniyle toplam kuru ot verimlerinin de düşük olduğu saptanmıştır. Bunun da çalışmanın yürütüldüğü lokasyon ve yılda ki özellikle kış dönemindeki sıcaklık ve yağış ile ilgili olduğu görülmektedir. Yaygın fiğın ılıman iklim koşullarında saf olarak yetiştirildiğinde dekara kuru ot veriminin Bursa koşullarında 500 kg (Çakmakçı ve Açıkgöz, 1987), GAP koşullarında 403-804 kg arasında (Çil ve ark., 2006; Yücel ve ark., 2006), Çukurova koşullarında 347-801 kg/da arasında değiştiği (Yücel ve ark., 2007; Yücel ve ark., 2013) bildirilmektedir. Yaşı ot veriminde de görüleceği üzere, araştırmanın yürütüldüğü yıldaki kış döneminde meydana gelen düşük sıcaklıkların fiğın gelişimini ve hayatta kalmasını önemli düzeyde etkilediği ve bundan dolayı saf fiğın ve fiğın yer aldığı karışımlardaki yaşı ot verimleri düşük olmuştur. Yaşı ot verimlerinin düşük olmasına paralel olarak da kuru ot verimleri düşük olabilmektedir. Yaşı ot verimi ile kuru ot verimi arasında önemli ve olumlu ilişkilerin olduğu bilinmektedir. Çukurova koşullarında fiğ+arpa karışımlarında kuru ot veriminin 708-908 kg/da arasında değiştiğini (Yaktubay ve Anlarsal, 1999), Adana koşullarında uygun arpa + fiğ karışımlarından 500 kg/da kuru ot elde edildiği bildirilmiştir (Tükel ve Yılmaz, 1987). Arslan (2012) Konya koşullarında farklı fiğ ve arpa karışımlarının kuru ot verimi (450.5 kg/da) %50 fiğ+%50 arpa karışımından elde ettiğini bildirmiştir. Uzun ve İdikut (2012) en yüksek kuru ot verimini (708.7 kg/da) saf arpa

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

ekiminden elde etmişlerdir. Düzcekiç ve ark. (2022) Kayseri ekolojik koşullarında en yüksek kuru madde veriminin arpanın yalın ekiminden elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bacchi ve ark. (2021) İtalya koşullarında toplamda 814 kg/da kuru madde elde edildiğini bildirmişlerdir. Ak (2022) Mardin koşullarında, arpanın kuru ot veriminin 822 kg/da olduğunu bildirmiştir. Seydoşoğlu (2020) Diyarbakır koşullarında arpanın kuru ot verimini 1638 kg/da rapor etmiştir.

Ham Protein Oranı (%): Yaygın fiğ-arpa karışım denemelerinin kuru otun HP oranı bakımından karışımlar arasında %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır. HP oranlarının %10.57-19.90 arasında değiştiği, en yüksek HP oranın saf fiğde elde edildiğini, saf fiğ hariç, saf arpa ve karışımların HP oranlarının istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir. Farklı ekolojilerde ve farklı tahıl türleri ile yapılan çalışmalarda, arpa otunun HP oranları; Geren (2014) Ege koşullarında %10.2 olarak belirlemiştir. Francia ve ark. (2006) yumuşak hamur olum döneminde biçilen arpanın HP değerini 60 g/kg KM olarak bulmuşlardır. Kızılišmşek (1997) Çukurova koşullarında buğdaygillerin protein oranın %12 olduğunu belirlemiştir. Çağan ve Kökten (2019) Bingöl koşullarında tahıl türlerinin ortalama olarak HP oranının %11.1-12.0 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ak (2022) Mardin koşullarında, arpanın kuru otunun HP oranının %6.87 olduğunu saptamıştır. Önceki çalışmalarda karışımlarda elde edilen sonuçların, araştırmada saptadığımız bulgulardan yüksek olduğu görülmektedir. Bununla temel nedeninin, karışımdaki baklagil yani fiğ oranının düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Nötral Deterjan Lif (%): Nötral deterjan lif sonuçlarına göre karışımlarda %5 seviyesinde önemli farklar saptanmıştır. Yaygın fiğ-arpa karışımların NDF oranı ilişkin ortalamaları ve oluşan gruplar, Çizelge 4’de verilmiştir. Saf ve karışımların NDF oranının %47.63-61.68 arasında değiştiği, saf fiğın NDF değerleri hariç, saf arpa ve diğer karışımlardaki NDF ortalamaların istatistiki olarak aynı grupta

olduğu ve saf fiğden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Karışımda baklagil oranın artmasına paralel olarak NDF değerlerinin düştüğü beklenmektedir. Baklagillerin NDF ve ADF içeriğinin buğdaygillerden daha düşük olduğu da bilinmektedir. Kahramanmaraş koşullarında yaygın fiğ genotiplerinin NDF oranı %32.32-49.56 arasında (Kaplan, 2013), Çukurova koşullarında %39.78-51.15 arasında (Yücel ve ark., 2013) değiştiği bildirilmiştir. Gülümser ve ark. (2017) Yozgat koşullarında saf arpa ekiminde yıllara göre sırasıyla NDF içeriğinin %59.72 ve 66.72 olduğunu bildirmişlerdir. Ak (2022) Mardin koşullarında, arpanın NDF içeriğinin %80.12 olduğunu belirlemiştir. Seydoşoğlu (2020) Siirt koşullarında saf fiğ ve arpanın yalın ekimlerindeki kuru otun sırasıyla NDF içeriğinin %47.6 ve 54.7 olarak saptadığını belirtmiştir. Düzcekiç vd. (2022) Kayseri koşullarında Macar fiği + arpa karışık ekim sisteminde, karışımda Macar fiğ oranı arttıkça NDF oranın azaldığını bildirmişlerdir. Çanakkale koşullarında arpanın NDF oranın %63.22 olarak saptandığı bildirilmiştir (Göçmen ve Özasan Parlak, 2017). Francia vd. (2006) yumuşak hamur olum döneminde biçilen arpanın NDF içeriğinin 506 g/kg KM olduğunu, Geren (2014) Ege koşullarında NDF oranın arpada %56.4 olarak, Yolcu (2008) arpanın NDF oranını %55.85-61.36 olarak belirlemişlerdir. Saf arpa ve fiğın NDF içeriklerinin, önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiğini, ancak karışımlardaki NDF oranlarının farklılık gösterdiğini ve bu durumun, karışımdaki baklagil ve buğdaygil oranın farklı olmasından kaynaklanmış olması beklenmektedir.

Asit Deterjan Lif (%): Asit deterjan lif oranı bakımından karışımların %5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Saf ve karışımlardan elde edilen kuru otun ADF oranlarının %27.66-32.64 arasında değiştiği, en düşük ortalamanın saf arpada saptanırken, saf fiğ ve diğer karışımların ADF bakımından istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları saptanmıştır. Baklagil ve buğdaygil kuru otunda normal beklenen ADF değerlerin, baklagillerde yani yaygın fiğde daha düşük olması beklenmektedir. Ancak çalışmada saf ekilen yaygın fiğın ADF

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

içeriğinin, saf arpadan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebinin, arpanın hasat edildiği dönemde başaktaki tane doldurma ve olgunlaşmasının yanı sıra, fiğın hasat edildiği dönemde muhtemelen yaprakların döktüğünü ve bundan dolayı ADF içeriğinin biraz yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir. Gerek baklagil olsun ve gerekse de buğdaygil yem bitkileri olsun yaprakların, saplara göre daha düşük NDF, ADF içeriğine sahip olduğu ve de daha yüksek sindirilebilir içeriğine sahip olabilmektedir (Yücel ve ark., 2018a, b). Farklı lokasyonlarda ve farklı baklagil ve buğdaygillerle yapılan çalışmalarda; Gülümser ve ark. (2017) Yozgat ekolojik koşullarında yıllara göre sırasıyla ADF

değerlerinin saf arpada %33.64 ve %35.02 olarak saptandığı bildirmişlerdir. Francia ve ark. (2006) yumuşak hamur olum döneminde biçilen arpanın ADF içeriğinin 316 g/kg KM olarak saptamışlardır. Ak (2022) Mardin koşullarında, arpa kuru otun ADF içeriğinin %46.05 olduğunu bildirmiştir. Kaplan (2013) Kahramanmaraş koşullarında bazı yaygın fiğ genotiplerine ait ADF oranlarının %26.28-45.43 arasında değiştiğini bildirmiştir. Seydoşoğlu (2020) Siirt kışlık ekim koşullarında saf fiğın ve arpanın yalın ekimlerindeki kuru otun ADF içeriğinin sırasıyla %34.8 ve 42.0 olarak saptadığını belirtmiştir.

Çizelge 4. Toplam yaş ve kuru ot verimleri ve bazı kalite özellikleri

Karışımlar	Yaş Ot Verimi (kg/da)	Kuru Ot Verimi (kg/da)	Ham Protein Oranı (%)	Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif (%)	Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (%)	Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (%)
%25Fiğ-75 Arpa	2792 ab ⁺	1124 a ⁺	10.57 b ⁺	61.62 a ⁺	31.95 a ⁺	64.01 b ⁺
%50 Fiğ-50 Arpa	2809 ab	1078 a	11.07 b	59.43 a	31.11 a	64.66 b
%75Fiğ- 25 Arpa	2301 b	965 a	10.99 b	59.13 a	32.64 a	63.48 b
Saf Arpa	2995 a	1132 a	11.64 b	61.68 a	27.66 b	67.35 a
Saf Fiğ	1578 c	369 b	19.90 a	47.63 b	32.25 a	63.77 b
Ortalama	2495	934	12.83	57.90	31.12	63.77 b
DK (%)	15.18	16.54	10.72	9.27	6.70	64.66
LSD (0.05)	583.49	237.88	2.12	8.27	3.21	2.50
F (Karışımlar)	9.164**	17.426**	33.279**	4.771*	3.730*	3.713*

+) Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre %5 seviyesinde önemli farklılık yoktur.
ÖD: Önemli değil

Sindirilebilir Kuru Madde Oranı (%): Sindirilebilir KM oranı bakımından karışımlar arasında %5 seviyesinde istatistiki olarak önemli farklar bulunmuştur. Sindirilebilir KM oranlarının %63.48-67.35 arasında değiştiği, en yüksek değerin saf arpada saptandığı ve saf fiğın ve diğer karışımların ise istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları ve saf arpadan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Normal koşullarda baklagillerin sindirilebilirliklerinin, buğdaygillerden yüksek olması beklenmektedir. Ancak çalışmada, arpanın NDF içeriğinin düşük olması, SKM oranının da düşük çıkmasını sağlamıştır. Bilindiği gibi SKM oranı, ADF ortalamaları baz alınarak hesaplanmaktadır. Ak (2022) Mardin koşullarında arpanın SKM oranının %53.03 olduğunu saptamıştır. Seydoşoğlu (2020) Siirt koşullarında saf fiğın ve

arpanın yalın ekimlerindeki kuru otun SKM oranını sırasıyla %61.8 ve %56.21 olarak saptadığını belirtmiştir.

Kuru Madde Tüketimi (%): Kuru madde tüketimi bakımından karışımlar arasında istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli farklar saptanmıştır. Yaygın fiğ-arpa karışımlarının KMT ortalamaları ve oluşan gruplar, Çizelge 5’de verilmiştir. Kuru madde alımı (tüketimi) oranlarının %1.950-2.521 arasında değişim gösterdiği, en yüksek KMA oranının saf fiğın kuru otunda olduğu, saf arpa ve diğer karışımların ise istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları görülmektedir. Ak (2022) Mardin koşullarında arpa kuru otunun KMT oranının %1.498 olduğunu saptamıştır. Yücel ve ark. (2013) Çukurova koşullarında saf olarak ekimi

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

yapılan adi fiğ genotiplerinin KMT oranının %2.35-3.02 arasında değiştiğini saptamışlardır. Seydoşoğlu (2020) Siirt koşullarında saf fiğın ve arpanın yalın ekimlerdeki kuru otun KMT oranlarını sırasıyla %2.52 ve %2.19 olarak saptadığını belirtmiştir. Çalışmada saptanan KMT ile ilgili sonuçları, önceki çalışmalarda saptanan değerlerle benzer oldukları görülmektedir.

Nispi Yem Değeri (%): Nispi yem değeri bakımından karışımlar arasında istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli farklar saptanmıştır. Nispi yem değerlerinin 96.9 ile 124.7 arasında değiştiği, en yüksek NYD'nin saf fiğde ve en düşük NYD'nin ise 96.7 ile %25 fiğ-%75 arpa karışımında belirlenmiştir. Ayrıca saf fiğ hariç, saf arpa ve diğer karışımların ortalamaları istatistiki olarak benzer oldukları görülmektedir. Ak (2022) Mardin koşullarında, arpa kuru otunun nispi yem değerinin 61.62 olduğunu, Çağan ve Kökten (2019) tahıl türlerinin ortalama olarak nispi yem değerinin 99.7-108.3 arasında değiştiğini bildirmektedirler. Yücel ve ark. (2012) Diyarbakır koşullarında yaygın fiğ genotiplerinin, nispi yem değerlerinin sırasıyla birinci yılda 105.7-161.0 ve ikinci yılda 170.8-203.8 arasında değiştiği saptanmışlardır. Yücel ve ark. (2013) Çukurova koşullarında saf fiğın nispi yem değerinin 89.6-135.8 arasında değiştiğini saptamışlardır. Seydoşoğlu (2020) Siirt koşullarında saf fiğın ve arpanın yalın ekimlerdeki kuru otun NY değerlerini ise sırasıyla 120.9 ve 95.6 olarak saptadığını belirtmiştir. Yemin ADF %41 ve NDF %53 olduğunda nispi yem değeri 100 olarak kabul edilir (Roheder ve ark., 1978). Bu kapsamda değerlendirildiğinde saf fiğın 2. derecede kaliteli yem sınıfında yer aldığı ve diğer karışımların ise kalite derecesinin 3 olduğu görülmektedir.

Mineral Elementler

Kuru otun kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg) ve fosfor (P) içeriği bakımından karışımlar %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Kalsiyum oranlarının %0.052 ile 0.915 arasında değiştiği, en düşük Ca içeriğinin saf arpada ve en yüksek Ca içeriğinin ise saf fiğde elde edildiği, diğer karışımların ise bu değerler arasında yer aldığı

görülmektedir. Ayrıca karışımlarda fiğ oranı arttıkça, karışımda elde edilen otun Ca içeriğinin de arttığı görülmektedir. Eğritaş ve Önal Aşçı (2015) fiğ oranının artışına bağlı olarak Ca ve Mg içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir. Potasyum içeriğinin %2.925-3.821 arasında değiştiği, en düşük K içeriğinin %75 fiğ- %25 arpa karışımında ve en yüksek K içeriğinin ise saf fiğde olduğu belirlenmiştir. Magnezyum içeriğinin %0.085 ile 0.304 arasında değiştiği, en düşük Mg içeriğinin saf arpada ve en yüksek Mg içeriğinin ise saf fiğde elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca karışımda ki fiğ oranının artmasına paralel olarak kuru ot içeriğindeki Mg içeriği de artış göstermiştir. Saf türlerin yanı sıra karışımların kuru otunun fosfor içeriğinin %0.301 ile 0.338 arasında değiştiği, en yüksek değerin saf arpada ve en düşük değerin ise saf fiğde görüldüğünü, karışımlarda arpa oranının artması ile birlikte kuru otun P içeriği de kısmen artış göstermiştir. Baklagillerin mineral element içeriklerinin, buğdaygillere göre daha yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından da bildirilmektedir (Yücel ve ark., 2015; Gülümser ve ark., 2017; Sever, 2021). Tahıl otunun, baklagile göre daha fazla P içerdiği Ak (2022) tarafından da bildirilmiştir.

Hayvanların düzenli ve rasyonel bir şekilde beslenmeleri için, yemlerin yapısında %0.3 oranında Ca, %0.8 K ve %0.2 oranında da P bulunması gerektiği önerilmektedir (Anonim, 1971; Kidambi ve ark., 1989). Bu mineral maddelerden, Ca, P ve Mg iskelet ve dişlerin yapı taşlarına katılırken, K ise vücuttaki asit baz dengesini sağlamaktadır (Kirchgesner, 1985). NRC (2001) ise sığır besiciliğinde %0.65 K, %0.23 P ve %0.04 Mg gereksinim olduğunu bildirmiştir. Yozgat koşullarında yıllara göre sırasıyla saf arpa ekiminde Ca içeriğinin %0.287 ve 0.333, K içeriğinin %0.907 ve 1.187, Mg içeriğini %0.173 ve 0.063 ve P içeriğinin %0.350 ve 0.407 arasında değiştiği bildirilmektedir (Gülümser ve ark., 2017). Gül ve ark. (2022) Malatya koşullarında bazı fiğ türlerinin (yaygın, Macar ve tüylü fiğ) arpa ile ve farklı karışım oranlarına ait kuru otların Ca içeriklerinin %0.45-1.75, K içeriklerinin %1.80-3.17, Mg içeriklerinin %0.15-0.34 ve P içeriklerinin %0.31-0.38 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Ak (2022) Mardin

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

koşullarında arpa kuru otunun Ca içeriğinin %0.080, K içeriğini %3.878, Mg içeriğinin %0.030 ve P içeriğinin ise %0.30 olduğunu, İskenderiye üçgülünün Mg içeriğinin %0.243 olduğunu, baklagil kuru otun Mg içeriğinin

tahıllardan daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Eğritaş ve Önal Aşçı (2015) fiğ oranının artışına bağlı olarak Mg içeriklerinin arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 5. Kuru madde tüketimi, nispi yem değerleri ve bazı mineral element içerikleri

Karışımlar	Kuru Madde Tüketimi (%)	Nispi Yem Değeri	Kalsiyum (%)	Potasyum (%)	Magnezyum (%)	Fosfor (%)
%25Fiğ-75 Arpa	1.950 b ⁺	96.9 b ⁺	0.134 bc ⁺	3.233 bc ⁺	0.092 c ⁺	0.332 ab ⁺
%50Fiğ-50 Arpa	2.036 b	102.4 b	0.134 bc	3.242 bc	0.110 c	0.318 ab
%75Fiğ-25 Arpa	2.074 b	102.2 b	0.205 b	2.925 c	0.146 b	0.317 ab
Saf Arpa	1.959 b	102.3 b	0.052 c	3.471 ab	0.085 c	0.338 a
Saf Fiğ	2.521 a	124.7 a	0.915 a	3.821 a	0.304 a	0.301
Ortalama	2.108	105.7	0.288	3.338	0.147	0.321
LSD (0.05)	0.32	17.4	0.095	0.269	0.027	0.035
DK (%)	9.71	10.69	21.45	5.22	11.68	7.05
F (Karışımlar)	5.360*	3.713*	132.117**	14.496**	111.248**	1.581**

+) Aynı sütunda yer alan aynı harf grubuna giren ortalamalar arasında LSD testine göre 5 seviyesinde önemli farklılık yoktur.

Sonuç

Sonuç olarak yaygın fiğ ve arpanın saf ekimlerinin yanı sıra, yaygın fiğın arpa ile %25, %50 ve %75 karışımların İdil/Şırnak koşullarında ot verimleri ve kalitelerinin belirlenmesi için yürütülmüş olan çalışmada; toplam yaş ve kuru ot verimlerinin sırasıyla 1578-2995 kg/da ve 369-1132 kg/da arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırmada yaygın fiğın kışlık ekimlerinde, bölgedeki zaman zaman oluşabilecek kış soğuklarından etkilendiği bundan dolayı saf ekimlerin risk oluşturacağı, ancak arpa ile %25 veya %50 oranında karışımlarda yer alması ile soğuklardan kaynaklanacak risklerin azaltılmasının yanı sıra,

saf arpaya yakın ot verimlerin alındığı görülmektedir. Fiğın arpa ile birlikte ekiminde, otun kalitesini artırmasının yanı sıra, fiğın toprağa kazandıracağı azot nedeni ile sürdürülebilir ekim nöbeti sistemleri bakımından da önemli olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, Ayten ZENGER'in Yüksek Lisans Tezinden türetilmiştir. Deneme alanı tahsisi için Mehmet Zeki ZENGER'e ve Yem kalite analizlerinin yapılması konusundaki destekleri için Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E. (1982). Parameters of cold tolerance in common vetch. *Euphytica* 31:997-1001.
- Ahlgren, G. H. (1956). *Forage crops*. McGraw Hill Book Company, Inc.
- Ak, E. (2022). Mardin ekolojik koşullarında İskenderiye üçgülü ile bazı tahılların kaba yem olarak değerlendirme potansiyelinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Şırnak Üniversitesi.
- Albayrak, S., Guler, M., Tongel, M. O. (2004). Effects of seed rates on forage production

and hay quality of vetch-triticale mixtures. *Asian Journal of Plant Sciences* 3(6):752-756.

- Anil, L., Park, J., Phipps, R. H., Miller, F. A. (1998). Temperature intercropping of cereals for forage: A review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass Forage Sciences* 53:301-317.
- Anlarsal, A. E., Ülger, A. C., Gök, M., Yücel, C., Çakır, B., Onaç, I. (1996a). Çukurova'da tek yıllık baklagil yem bitkisi+mısır üretim sisteminde baklagillerin ot

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

- verimleri ile azot fiksasyonlarının saptanması ve mısır üretiminde azot kullanımını azaltma olanakları. Türkiye 3. Çayır- Mera ve Yem Bitkileri Kongresi 17-19 Haziran 1996, Erzurum, s. 362-368.
- Anlarsal, A. E., Yücel, C., Ülger, A. C. 1996 b. Çukurova koşullarında bazı baklagil yem bitkilerinin (adi fiğ, yem bezelyesi ve mürdümük) bakla ile karışım olarak yetiştirilme olanakları üzerine bir araştırma. Türkiye 3. Çayır-Mer'a ve Yem Bitkileri Kongresi, 17-19 Haziran 1996, Erzurum, s.718-724.
- Anonim (1971). *Nutrient requirements of beef cattle*. N.A.S. Washington D.C. pp: 55.
- Anonim (2023). İdil ilçesi iklim değerleri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [https://tr.weatherspark.com/y/101967/Idil-T% C3% BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y% C4% B1l-Boyunca#Figures-Rainfall](https://tr.weatherspark.com/y/101967/Idil-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca#Figures-Rainfall). Erişim Tarihi: 25 Aralık 2023.
- Arslan, S. (2012). Farklı fiğ (*Vicia sativa* L.) arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımlarının verimi ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi.
- Bacchi, M., Monti, M., Calvi, A., Lo Presti, E., Pellicanò, A., Preiti, G. (2021). Forage potential of cereal/legume intercrops: Agronomic performances, yield, quality forage and LER in two harvesting times in a Mediterranean environment. *Agronomy* 11, 121. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010121>
- Bakoğlu, A., Memiş, A. (2002). Farklı oranlarda ekilen adi fiğ (*Vicia sativa* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımlarında tohum verimi ve bazı özelliklerin belirlenmesi. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimler Dergisi* 14(1):29-35.
- Bedir, S. (2010). Karaman ili şartlarında yetiştirilecek Macar fiği+arpa karışımında uygun karışım oranının saptanması üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Çağan, E., Kökten, K. (2019). A research on the evaluation of the cereal species as roughage. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 56 (2):221-229.
- Çakmakçı, S., Açıkgöz, E. (1987). Adi (*Vicia sativa* L.) ekim zamanı, sıra arası uzaklığı ve biçim devrelerinin ot verimi ve kalitesine etkisi. *Doğa, Tarım ve Ormancılık Serisi* 1(I):79-185.
- Çil, A., Çil, A. N., Yücel, C. (2006). Bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) hatlarının Harran ovası koşullarına adaptasyonu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 10(1/2):53-61.
- Demiroğlu, T. G., Kır, B., Çelen, A. E., Kavut, Y.T. (2020). Değişik fiğ + tahıl karışımları için en uygun karışım oranı ve biçim zamanının belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 4(2):146-156.
- Deniz, C. (2021). Harran ovası koşullarında kışlık ara dönemde yetiştirilen yaygın fiğ, tahıl karışımlarında farklı ot hasat dönemlerinin verim ve kalite özelliklerine olan etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi.
- Düzçekiç, Y., Özaktan, H., Okumuş, O., Uzun, S. (2022). Kayseri ekolojik koşullarında macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) + arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışık ekim sisteminde uygun karışım oranlarının belirlenmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi* 5(2):50-55.
- Eğritaş, Ö., Önal Aşçı, Ö. (2015). Yaygın fiğ-tahıl karışımlarının bazı mineral madde içeriğinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi* 4(1):13-18.
- Enayat, A. H. K., Kökten, K., Tutar, H. (2017). Effects on hay yield of common vetch (*Vicia sativa* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) mixture rates in Bingol conditions. Türkiye 12. Tarla Bitkileri Kongresi, Kahramanmaraş, Türkiye, 12-15 Eylül 2017, 173-177 pp.
- Fıncıoğlu, H. K., Erbektaş, E., Doğruyol, L., Ünal, S., Menteş, Ö. (2009). Enhanced winter hardiness in common vetch (*Vicia sativa* L.) for autumn sowing in the central highlands of Turkey. *Journal of Central European Agriculture* 10(3):271-282.
- Francia, E., Pecchioni, N., Li Destri Nicosia, O., Paoletta, G., Taibi, L., Franco, V., Odoardi, M., Stanca, A. M., Delogu, G.

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

- (2006). Dual-purpose barley and oat in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 99:158-166. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.04.006>
- Geren, H. (2014). Dry yield and silage quality of some winter cereals harvested at different stages under Mediterranean climate conditions. *Turkish Journal of Field Crops* 19(2):197-202.
- Göçmen, N., Özaslan Parlak, A. (2017). Yem bezelyesi ile arpa, yulaf ve tritikale karışım oranlarının belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5(1):119-124.
- Gök, M., Anlarsal, A. E., Ülger, A. C., Yücel, C., Onaç, I. (1995). Bazı baklagil yeşil gübre bitkilerinde N₂-fiksasyonu ve biyomas verimi. *İlhan Akalan Toprak ve Çevre Semp.*, 2(7), C-207-216.
- Gül, E., Akbay, F., Erol, A. (2022). Farklı fiğ türleri ile arpa karışım oranlarının mineral besin elementi içeriklerine etkisi. *UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi* 4(2):36-41.
- Gülümser, E., Mut, H., Doğrusöz, M. Ç., Başaran, U. (2017). Baklagil yem bitkisi tahıl karışımların ot kalitesi üzerinde ekim oranlarının etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 31(3):43-51.
- Javanmard, A., Shekari, F., Deganian, H. (2014). Evaluation of forage yield and competition indices for intercropped barley and legumes. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 8(2):193-196. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1108434>
- Kahrarian, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshekari, B., Rashidi, V. (2021). Evaluation of yield, yield components and nutritive value in intercropping of barley with vetch. *Plant Science Today* 8(2):373-379. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.2.871>
- Kaplan, M. (2013). Yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) genotiplerinde hasat zamanının ot verim ve kalitesine etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(1):76-80.
- Kara, E. ve Sürmen, M. (2023). Forage yield and quality characteristics of winter legume/grass mixtures harvested at different phenological stages. *Turkish Journal of Nature and Science* 12(4):147-153. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1378089>
- Kendir, H. (1999). Determination of some yield components of winter vetch species (*Vicia* spp.) grown in Ankara conditions. *Tarım Bilimleri Dergisi* 5(2):85-91.
- Kızılcı, M. (1997). Çukurova koşullarında İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) kışlık ara ürün olarak değişik buğdaygillerle karışım halinde yetiştirme olanakları üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Kidambi, S. P., Matches, A. G., Griggs, T. C. (1989). Variability for Ca, Mg, K, Cu, Zn, and K/(Ca + Mg) ratio among 3 wheat grasses and sainfoin on the southern high plains. *Journal of Range Management* 42: 316-322.
- Kirchgesner, M. (1985). Hayvan besleme. TÜBİTAK Fotoğraf Klişe Laboratuvarı ve Ofset Tesisleri, Ankara.
- Kökten, K., Atış, İ., Çelikaş, N., Hatipoğlu, R., Tükel, T. (2015). Çukurova kıraç koşullarında azot ve fosfor gübrelemesinin fiğ (*Vicia sativa* L.) + tritikale (*x tritosecale* wittmack) karışımında ot verimi ve kalitesine etkisi üzerinde bir araştırma. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya (Araştırma Sunusu Cilt II, Sayfa 791-796).
- Kökten, K., Toklu, F., Atış, İ., Hatipoğlu, R. (2009). Effects of seeding rate on forage yield and quality of vetch (*Vicia sativa* L.) - tritikale (*Triticosecale* Wittm.) mixtures under east Mediterranean rainfed conditions. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5367-5372.
- Lithourgidis, A., Vasilakoglou, I., Dhima, K., Dordas, C. ve Yiakoulaki, M. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and tritikale in two seeding ratios. *Field Crops Research* 99(2-3):106-113. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008>

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

- Mckee, R. (1952). *The Vetches, in Forages* (Ed. H. G. Hughes, M. E. Heath ve D. S. Metcalfe). The Iowa State Collage Press, Ames, Iowa.
- Mohsenabadi, G. R., Jahansooz, M. R., Chaichi, M. R., Rahimian, H., Liaghat, A., Savaghebi, G. R. (2008). Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. *Journal of Agricultural Science and Technology* 10(1):23-31.
- NRC, 2001. In: Nutrients requirement of dairy cattle, 7th rev. ed. The National Academies Press, Washington D.C.
- Osman, A. E. ve Osman, A. M. (1982). Performance of mixtures of cereal and legume forages under irrigation in the Sudan. *Journal of Agriculture Sciences Cambridge*, 98:17-21.
- Öz, M. (1990). Farklı tohum miktarları ile farklı azotlu gübre seviyelerinin bir arpa (*Hordeum vulgare* L.) adi fiğ (*Vicia sativa* L.) karışımında ot verimi ve kalitesine etkileri üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi.
- Pınar, İ. (2007). Değişik karışım oranlarının tüylü fiğ (*Vicia villosa* Roth) + arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) + arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımlarının verim ve verim özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi.
- Ratinam M., Abd-El Moneim A. M., Saxena M. C. (1994). Variations in sugar content and dry matter distribution in roots and their associations with frost tolerance in certain forage legume species, *Journal of Agronomy and Crop Science* 173:345-353.
- Rohweder, D. A., Barnes, R. F. ve Jorgensen, N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Sciences* 47:747-759.
- Sadeghpour, A., Jahanzad, E. (2012). Seed yield and yield components of intercropped barley (*Hordeum vulgare* L.) and annual medic (*Medicago scutellata* L.). *Australian Journal of Agricultural Engineering* 3(2): 47.
- Schroeder, J.W. (1994). Interpreting forage analysis. Extension Dairy Specialist (NDSU). AS-1080, North Dakota State University.
- Sever, C. (2021). Aydın koşullarında İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ile tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* L.) karışım oranlarının ot verimi ve kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi.
- Seydoşoğlu, S. (2020). Farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinin yem bezelyesi ile arpa karışımlarının ot verim performansına etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 10(3):2136-2142.
- Taşcı, R., Bayramoğlu, Z. (2020). Arpa üretim işleme ve pazarlama yapısının değerlendirilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology* 10(4):2988-2998.
- Tukel, T., Yılmaz, E. (1987). Research on determining the most suitable ratios of vetch (*Vicia sativa* L.) + barley (*Hordeum vulgare* L.) mixtures grown under dry conditions of Çukurova. *Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* 11:171-178.
- Tüik (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. 2023 Tarımsal Üretim verileri 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim tarihi: 05.02.2025
- Uzun, B., İdikut, L. (2012). Arpa, fiğ ve karışım ekimine uygulanan bakterinin (*Rhizobium leguminosarum* L.) biyolojik verim ve kalite değerlerine etkisinin araştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* (2):156-160.
- Ülger, A. C., Anlarsal, A. E., Gök, M., Çakır, B., Yücel, C., Onaç, I., Atıcı, O. (1999). Değişik azot dozlarında yetiştirilen mısır bitkisinde tane verimi ve bazı tarımsal özelliklere bazı yeşil gübre baklagil bitkilerinin etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23(Ek Sayı 1):193-200
- Yaktubay, Ş., Anlarsal, A. E. (1999). Çukurova koşullarında farklı ekim ve biçim zamanlarının bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.)

İdil/Şırnak İklim Koşullarında Yaygın Fiğın (*Vicia sativa* L.) Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi

- ve tüylü fiğ (*Vicia villosa* Roth) çeşitlerinin arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile karışımlarında verim ve verimle ilgili özelliklere etkisi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Yılmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., Erayman, M. (2015). Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39(1):135-143. <https://doi.org/10.3906/TAR-1406-155>.
- Yolcu, H. (2008). Kaba yem olarak kullanılan arpa ve buğday çeşitlerinin ahır gübresi uygulamasının morfolojik, verim ve kalite özelliklerine etkisi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 23(3):137-144.
- Yurtsever, N. (2011). *Deneyisel İstatistik Metotları*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 121 Teknik Yayın No 56, 800 s.
- Yücel, C., Çil, A., Çil, A. N. (2006). Harran ovası koşullarında bazı adi fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşit ve hatların ot ve tane verimlerinin saptanması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 10(1/2):63-71.
- Yücel, C., Gültekin, R., İnal, İ., Avcı, M. (2007). Adi fiğ (*Vicia sativa* L.) hatlarının verim ve önemli bazı tarımsal özellikleri. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran Erzurum, s. 285-288.
- Yücel, C., Avcı, M. (2009). Effect of different ratios of common vetch (*Vicia sativa* L.) - triticale (*Triticosecale* Wittmack) mixtures on forage yields and quality in Cukurova plain in Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 15(4):323-332.
- Yücel, C., Avcı, M., İnal, İ., Yücel, H., Aktaş, A., Hatipoğlu, R. (2015). İskenderiye üçgülünün tritikale ve İtalyan çimi ile yapılan farklı karışım oranları ve biçim dönemlerinin ot verimi ve silaj kalitesine etkileri. Proje Sonuç Raporu, Proje No: Tagem/Ta/11/01/005, Yayın No: 12.01dataem.F.F08.2015.01, 89 S. Adana.
- Yücel, C., Avcı, M., Kılıçalp, N., Gültekin, R. (2013). Çukurova koşullarında bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) genotiplerinin kuru madde verimi ve ot kalitesi bakımından değerlendirilmesi. *OMU Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 28(3):134-140.
- Yücel, C., Avcı, M., Yücel, H., Sevilmiş, U., Hatipoğlu, R. (2018 b). Effects of seed mixture ratio and harvest time on forage yield and silage quality of intercropped berseem clover with triticale. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(8):5312-5322.
- Yücel, C., İnal, İ., Yücel, D., Hatipoğlu, R. (2018 a). Effects of mixture ratio and cutting time on forage yield and silage quality of intercropped Berseem clover and Italian ryegrass. *Legume Research* 41(5):1-8.
- Yücel, C., Sayar, M. S., Yücel, H. (2012). Diyarbakır koşullarında yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) genotiplerinin ot kalitesi ile ilgili bazı özelliklerin saptanması. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 16(2):45-54.



Araştırma Makalesi

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo* L.) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

Seher PAMUK², Zhanerke AMANGELDI^{1*}, Beyza KAPLAN², Deniz ÇAĞINDA²,
Gülten KOSAL², İbrahim MANCAK²

ÖZ

İslah programlarında genetik saflığın kısa sürede sağlanması ve seleksiyon sürecinin hızlandırılması açısından haploid ve dihaploid teknikleri büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, 2 adet Ananas ve 1 adet Kırkağaç tipi kavun (*Cucumis melo* L.) genotiplerinde ışınlanmış polenle yapılan partenogenetik meyve bağlama, haploid embriyo indüksiyonu ve saf hat üretim süreçlerini değerlendirmektedir. Çalışmada, Co⁶⁰ kaynağından gelen 300 Gray dozundaki gama ışınıyla iletirilen polenlerin kullanılması sonucunda genotipler arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. A-1 ve A-2 No'lu Ananas grubu genotiplerinde sırasıyla %86.00 ve % 82.00; K-3 No'lu Kırkağaç genotipinde ise %45.31 oranında meyve bağlama başarısı elde edilmiştir. Ayrıca, haploid embriyo indüksiyonu oranları sırasıyla % 84.94, % 48.05 ve % 56.16 olarak tespit edilmiştir. Kolhisin uygulamaları sonucunda, haploid bitkilerden %100 saf hatlar elde edilmiştir. In vivo kolhisin uygulamaları sonucunda en yüksek katlanma oranı % 76.83 ile A-2 genotipinde görülürken; en düşük katlanma oranı % 40.65 oranı ile K-3 genotipinde belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kavun (*Cucumis melo* L.), partenogenez, haploid, ışınlanmış polen, kromozom katlama, embriyo kurtarma

Haploid Embryo Induction and Pure Line Production Using Irradiated Pollen in Kırkağaç and Ananas Type Melons (*Cucumis Melo* L.)

ABSTRACT

In breeding programs, haploid and dihaploid techniques are of great importance in terms of providing genetic purity in a short time and accelerating the selection process. This study evaluates parthenogenetic fruit setting, haploid embryo induction and pure line production processes performed with irradiated pollen in 2 Ananas and 1 Kırkağaç type melon (*Cucumis melo* L.) genotypes. In the study, significant differences were observed among the genotypes as a result of using pollen irradiated with 300 Gray dose gamma rays coming from Co⁶⁰ source. Fruit setting success was achieved in A-1 and A-2 No. Ananas group genotypes by 86.00% and 82.00%, respectively, and in K-3 No. Kırkağaç genotype by 45.31%. In addition, haploid embryo induction rates were determined as 84.94%, 48.05% and 56.16%, respectively. As a result of colchicine applications, 100% pure lines were obtained from haploid plants. As a result of in vivo colchicine applications, the highest folding rate was observed in the A-2 genotype with 76.83%; while the lowest folding rate was determined in the K-3 genotype with 40.65%.

Keywords: Melon (*Cucumis melo* L.), parthenogenesis, irradiated pollen, haploid, chromosome doubling, embryo rescue

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0002-5657-8410, 0000-0002-9017-8106, 0009-0008-1937-1609, 0009-0001-5036-7615, 0009-0000-6851-2860, 0009-0008-9170-3030

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 07.03.2025

Kabul Tarihi: 25.06.2025

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana,

²Manier Tohumculuk Ziraat Kimya San. Ve Tic. Ltd.Şti., Adana

*E-posta: amangeldi-zhanerke@mail.ru

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo* L.) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

Giriş

Cucurbitaceae familyasında yer alan kavun (*Cucumis melo* L.), yüksek besin değeri ve giderek artan üretimiyle önemli bir sebze türüdür. Türkiye'nin de dahil olduğu anavatanları arasında yer alan kavunun, dünya genelindeki yıllık üretimi yaklaşık 29.4 milyon ton olarak belirlenmiştir. Dünya genelinde en büyük kavun üreticileri arasında Çin, Türkiye, İran, Mısır, Hindistan, ABD, İspanya, Kazakistan ve Fas yer almaktadır FAO, (2024). Türkiye'de kavun üretimi 1.370.000 ton yapılmakta, bu kapsamda sebze üretim bazında öne çıkmaktadır TÜİK (2023). Türkiye'deki toplam kavun üretiminin %85'i Kırkağaç, Hasanebey, Yuva ve Kışlık Sarı (Kuşçular) çeşitlerinden oluşurken, geriye kalan kısmı ise Ananas ve Galia gibi diğer kavun çeşitleri tarafından sağlanmaktadır Abak (2001). Bu tür için yapılan ıslah programları genellikle ticari hibrit üretiminin bir önceki adımı olarak saf hatların elde edilmesine yöneliktir. Bu süreç, dihaploid (DH) bitkilerden saf hatların elde edilmesiyle kısaltılabilir. DH bitkilerinin tam genomu homozigot durumda olduğundan, heterozigot genomik bölgeler bulunmaz ve tamamen homozigot bireyler yalnızca bir nesilde elde edilir Morrison ve Evans (1988). Ayrıca, in vitro DH hatlarının üretimi ile birleştirilen markör yardımcı seçim gibi diğer biyoteknolojik araçların ıslah programlarına dahil edilmesi, hibrit üretim sürecini hızlandırmaktadır. Haploidler, diploid bitkilerden türetilen ve her kromozomdan yalnızca bir kopya taşıyan, yalnızca bir ebeveynin gametlerinden üretilen bitkilerdir. Bu bitkilerin gametlerin birleşimi olmaksızın in vivo olarak üretilme olasılığı çok düşüktür ve türe bağlı olarak değişiklik gösterir; kavunda %2 Lotfi ve ark. (2003) ile bazı Brassica türlerinde %10 ile %35 arasında değişir Foisset ve ark. (1997). Haploidler, türe bağlı olarak Pauls (1996), anterlerin veya izole edilmiş mikrosporların in vitro kültürü (androjenezi), ovüller (ginojenezi) veya in situ polinasyon yoluyla ışınlanmış polenle indüklenen partenogenetik embriyoların in vitro kurtarılması (partenogenez) ile elde edebileceğini bildirmiştir.

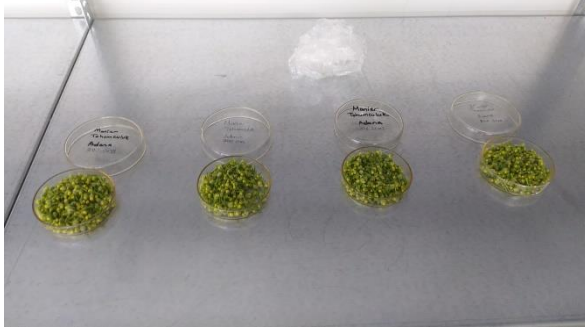
Bu çalışmanın amacı, Kırkağaç ve Ananas tipi kavun (*Cucumis melo* L.) genotiplerinde ışınlanmış polenle partenogenetik meyve tutumu, haploid embriyo indüksiyonu ve saf hat üretim potansiyelini değerlendirmektir. Çalışma kapsamında, Co⁶⁰ ışınları ile ışınlanmış polenlerin partenogenez süreci üzerindeki etkileri araştırılmış ve genotiplerin meyve tutma oranı, haploid embriyo üretimi ve bitkiye dönüşüm oranı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, elde edilen haploid bitkilerde kolhisin uygulamaları ile dihaploidizasyon sağlanarak %100 homozigot saf hatların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, çalışmanın, hibrit kavun çeşitlerinin geliştirilmesinde gerekli olan başlangıç materyallerinin daha kısa sürede elde edilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Manier Tohumculuk Ziraat Kimya San. Ve Tic. Ltd. Şti. araştırma ve uygulama sera ve laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kışlık kavun olarak bilinen Kırkağaç (*Cucumis melo* var. *inodorus*) ve ananas (*Cucumis melo* var. *reticulatus*) tip kavun genotipleri bitki materyali olarak kullanılmıştır. Ananas tipi kavun verimi oldukça yüksek olup bitki yapısı çok güçlü ve orta erkenci bir kavun çeşididir. Meyveleri ortalama 2-2.5 kg ağırlığında olup, yüksek şeker içeriği bulunmaktadır. Kırkağaç kavununun kabuğu sert ve kalındır. Üzerinde yeşil ve sarı çizgilerle oluşan bir desen bulunmakta olup, genellikle 4-7 kilogram arasında değişen bir ağırlığa sahiptir. Bu çalışmada; 2 adet ananas BC 3 popülasyonu ve 1 adet kırkağaç kavun GR melez 3 popülasyonu kullanılmıştır. A-1 ananas genotipinden 400, A-2 ananas 300 adet ve K-3 Kırkağaç genotipinden 300 adet tohum, 11 Şubat 2023 tarihinde torf ve perlit (2:1 oranında) doldurulan viyollere ekilmiş ve gerekli bakım işlemleri yapılmıştır. Fideler 2-3 gerçek yapraklı aşamaya geldikten sonra, A-1 den 350, A-2 den 150 ve K-3 dan 350 adet fide olacak şekilde, (100-50) x 50 cm mesafelerle plastik seraya 15 Mart 2023 tarihinde dikilmiştir. Henüz açılmamış ancak iyi gelişmiş balon aşamasındaki erkek çiçekler tozlamadan bir gün önce toplanmış, taç ve kısmen çanak

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo L.*) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

yapraklarından ayrılarak 9 cm çaplı petri kaplarına konularak 150 dakika süresince Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu'nda Co⁶⁰ kaynağından gelen 300 Gray dozundaki gama ışınıyla muameleye tabi tutulmuştur Sarı ve ark. (1992). Işınlanan tomurcuklar oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Işınlama sonrası erkek çiçeklerin 25 C°'de 24 saat beklemesi

Polen ışınlamasından bir gün önce, haploid embriyo indüksiyonu amacıyla kullanılacak bitkilerin erselik çiçekleri, ince uçlu bir pens ile dikkatlice emasküle edilmiştir. Emasküle edilen çiçek tomurcukları, yabancı polen girişini engellemek için tül keselerle izole edilmiştir.

Tozlama, ışınlama işlemini takip eden sabah saatlerinde yapılmış ve her dişi çiçeğin stigmatına 3-4 erkek çiçek tomurcuğu sürülmüştür. Tozlama sonrasında, yabancı polen girişini önlemek amacıyla çiçekler tekrar tül keselerle kapatılarak etiketlenmiştir. Ardından, çiçekler düzenli olarak gözlemlenmiş ve dişi çiçeklerin şişkinleşmeye başladığı ve stigma dokusunun kuruduğu dönemde tül keseler çıkarılmıştır. Tozlama işlemi toplamda 3 kez tekrarlanmıştır.

Tozlamadan 24-25 gün sonra A-1 ve A-2 çeşitlere ait olgunlaşmamış meyveler, yine tozlamadan 28-30 gün sonra K-3 genotipine ait olgunlaşmamış meyveler hasat edilmeye başlanmıştır (Şekil 3). Hasattan sonra tek tek tartılarak ağırlıkları alınmış olan ham meyveler Manier Tohumculuk San. ve Tic. Ltd. Şti Doku Kültürü Laboratuvarına getirilmiştir. Doku Kültürü Laboratuvarına getirilen meyveler yüzey sterilizasyonu yapılarak ve steril kabin

içinde boyuna kesilerek tohumları çıkarılıp steril kavanozlara konulmuştur.



Şekil 2. Işınlanmış polenle tozlamadan sonra embriyo kurtarma yapılmak üzere laboratuvara getirilen olgunlaşmamış meyveler

Kavanozlarda bulunan tohumlar embriyo gelişimi açısından kontrol edilerek, bistüri yardımıyla açılmış ve kalp ve globül aşamalarda bulunan embriyolar MS kültür ortamındaki kültüre alınarak 24-25 °C sıcaklıktaki 16 saat aydınlık 8 saat karanlık fotoperiyoda sahip büyütme odasına yerleştirilmiştir (Sauton ve Dumas de Vault, 1987; Sarı ve ark., 1992; Abak ve ark., 1996; Sarı ve ark., 1999). Kültüre alınan embriyoların kotiledonları yeşermeye başlamış ve küçük bitkicikler haline geldikten sonra cam kavanozlardan tüplere transfer edilmiştir. Bitkiye dönüşüm oranları tespit edilerek, bitkiye dönüşüm mikročelikle çoğaltma aşamasına geçilmiştir.



Şekil 3. Steril kabin içerisinde meyveyi yakma yöntemi ile sterilizasyon aşaması

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo L.*) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi



Şekil 4. Tohum çıkarma ve embriyo kurtarma aşamaları

İlk mikroçeliklemeden 20-25 gün sonra ikinci mikroçelikleme yapılmış, yeterli sayıda bitki elde edildikten sonra bitkiler dış ortama aktarılmış ve kökleri suya, ardından fungusitli suya daldırılarak 2:1 oranındaki torf:perlit karışımı içeren viyollere dikilmiş, tünellere yerleştirilmiş ve nemli ortamda yetiştirilip düzenli sulama ve ilaçlama yapılmıştır.

Viyollerde geliştirilen bitkiler, kökleri sardıktan sonra her hattan 5 bitki olacak şekilde plastik seraya dikilmiştir. Bitkiler 20-30 cm uzunluğa ulaştığında in vivo kolhisin uygulamasına başlanmıştır. Uygulama öncesinde haploid bitkilerin yan sürgünleri, alt yaprakları ile erkek ve dişi çiçekleri budanmış, ardından sürgün uçları %0.5'lik kolhisin çözeltisine daldırılarak 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda sürgünler bol su ile yıkanmış ve katlanma yerinin belirlenmesi için rafya ile işaretlenmiştir. Bitkiler çiçek açtığında, çiçek tozu varlığına bakılarak katlanma olup olmadığı kontrol edilmiş ve haploid bitkilerin morfolojik olarak diploid bitkilerden farklı olduğu gözlemlenmiştir; haploid erkek ve dişi çiçekler diploidlere göre daha küçük olup, erkek çiçeklerin polen taşımadığı görülmüştür. Yapılan gözlemler sonucunda katlanma görülen bitkilerin bakım işlemleri yapılarak askıya alınmıştır. Bu bitkilerde kendilemeler yapılarak, %100 saf hatlar oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

A-1 kavun genotipinde tozlanan 300 adet çiçekten 258'i meyve bağlamış olup, genel meyve bağlama oranı %86, A-2 kavun genotipinde tozlanan 100 adet çiçekten 82'si meyve bağlamış olup, genel meyve bağlama

oranı %82 ve K-3 Kırkağaç kavun genotipinde tozlanan 192 adet çiçekten 87'si meyve bağlamış olup, genel meyve bağlama oranı %45,31 olarak gerçekleşmiştir.

Genotip	Tozlanan Çiçek Sayısı	Meyve Bağlayan Çiçek Sayısı	Meyve Bağlama Oranı (%)
A-1	300	258	86.00
A-2	100	82	82.00
K-3	192	87	45.31
TOPLAM	592	427	72.13

Çizelge 1. Ananas ve Kırkağaç Kavun Çeşitlerinde Co⁶⁰ Işın Kaynağı ile Işınlamadan Sonra Tozlanan ve Meyve Bağlayan Çiçek Sayıları ile Meyve Bağlama Oranları

Genotipler arasında meyve bağlama oranında önemli farklılıklar elde edilmiştir. Bu, ışınlamanın genetik varyasyonlara bağlı olarak farklı etkiler gösterdiğini veya belirli genotiplerin ışınlamaya karşı daha dayanıklı olduğunu düşündürülebilir. Çizelge 2, Co⁶⁰ ışın kaynağı ile ışınlamanın her genotipte aynı etkiyi göstermediğini ortaya koymaktadır.

Genotip	Toplam Haploid Embriyo Sayısı (adet)	Ortalama Meyve Başına Embriyo Sayısı (adet/meyve)	Toplam Haploid Bitki Sayısı (adet)	Ortalama Bitkiye Dönüşüm Oranı (%)
A-1	216	0.84	177	84.94
A-2	308	3.76	148	48.05
K-3	203	2.33	114	56.16
Toplam	727	1.70	439	60.39

Çizelge 2. Ananas ve Kırkağaç Genotiplerine ait Toplam Haploid Embriyo Sayıları, Ortalama Meyve Başına Embriyo Sayısı, Toplam Haploid Bitki Sayısı ve Ortalama Bitkiye Dönüşüm Oranları

Işınlanmış polenle tozlamalar sonucu elde edilen meyvelerde embriyo kurtarma çalışmaları yapılmıştır. Çizelge 2'de çalışmada yer alan Ananas ve Kırkağaç genotiplerine ait toplam haploid embriyo sayısı (adet), ortalama meyve

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo* L.) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

başına embriyo sayısı, toplam haploid bitki sayısı (adet) ve ortalama bitkiye dönüşüm oranına (%) yer verilmiştir. Toplam 427 adet meyveden toplam 727 adet embriyo (çoğunluğu kalp şeklinde, çok az miktarda globüler) elde edilmiş; meyve başına embriyo sayısı 1.70 adet olarak bulunmuştur. 439 embriyo bitkiye dönüşmüş olup, üç genotipin ortalaması baz alındığında bitkiye dönüşüm oranı %60.39 olarak belirlenmiştir. Bitkiye dönüşen embriyolar, in vitro mikroçelikleme yöntemiyle yeterli sayıya ulaştırıldıktan sonra dış ortama alıştırılmıştır. Toplamda 6000 bitki dış ortama aktarılmış ve her bir hattın bitkileri, esas yetiştirme alanları olan sera koşullarına dikilmiştir. Sera koşullarına dikimden sonra haploid bitkilerde kromozom katlama amacıyla *in vivo* kolhisin uygulamaları yapılmıştır. Kolhisin uygulamasından sonra bitkilerde katlanma olup olmadığı polen gözlemleri ve stomatal incelemeler ile kontrol edilmiştir. Çizelge 3'te 3 farklı genotip için in vivo kolhisin uygulaması yapılan haploid bitki sayıları, dihaploide dönüşen bitki sayıları ile in vivo katlanma oranları verilmiştir.

Genotip	<i>In vivo</i> Kolhisin Uygulanan Haploid Bitki Sayısı (adet)	Diploide Dönüşen Bitki Sayısı (adet)	Katlanma Oranı (%)
A-1	856	462	53.97
A-2	712	547	76.83
K-3	775	315	40.65
Toplam	2343	1324	56.51

Çizelge 3: Ananas ve Kırkağaç Grubu Kavunlarda *In vivo* Kolhisin Uygulanan Haploid Bitki Sayısı, Diploide Dönüşen Bitki Sayısı ve Katlanma Oranları (%)

A-1 genotipinde 856 adet haploid bitkiye kolhisin uygulaması yapılmış, 462 adeti dihaploide dönüşmüştür. A-2 genotipinde 712 adet bitkiye kolhisin uygulaması yapılmış ve 547 adeti dihaploide dönüşmüştür. K-3 genotipinde ise 775 adet bitkiye kolhisin uygulaması yapılmış ve 315 adetinde katlanma belirlenmiştir. En yüksek katlanma oranı %76.83 ile A-2 genotipinde görülürken; en düşük katlanma oranı % 40.65 oranı ile K-3 genotipinde görülmüştür. Toplamda 2343 adet

bitkiye in vivo kolhisin uygulaması yapılmış, 1324 adeti dihaploide dönüşmüş ve katlanma oranı % 56.51 olarak belirlenmiştir.

Yapılan gözlemler sonucunda katlanma görülen bitkilerde kendilemeler yapılarak, % 100 saf hatlar oluşturulmuştur. Çizelge 4'te kendilemeler neticesinde tozlanan çiçek sayısı, meyve bağlayan çiçek sayısı ile meyve bağlama oranları yüzde (%) olarak verilmiştir.

Geno tip	Tozlanan Çiçek (adet)	Meyve Bağlayan Çiçek (adet)	Meyve Bağlama Oranı (%)
A-1	254	75	29,53
A-2	316	112	35,44
K-3	347	102	29,39
Toplam	917	289	31,52

Çizelge 4. Ananas ve Kırkağaç Grubu Kavunlarda Kendilemeler Neticesinde Tozlanan Çiçek Sayısı, Meyve Bağlayan Çiçek Sayısı ile Meyve Bağlama Oranları (%)

Çizelge 4'te de görüleceği gibi kendileme çalışmaları sonucunda toplam 917 adet çiçek tozlanmıştır. Bunun 289 adedinin meyveye dönüşmesiyle toplam meyve bağlama oranı % 31.52 olarak bulunmuştur. En düşük meyve bağlama oranı % 29.39 değerleri K-3 genotipinde görülürken; en yüksek meyve bağlama oranı A-2 genotipinde %35.44 olarak tespit edilmiştir. Meyve tutumları sonucunda A-1 genotipinden 38, A-2 genotipinden 58 ve K-3 genotipinden 50 adet saf hat elde edilmiştir.

Gürsoy (2009), *Inodorus* grubu kavunlarda ışınlanmış polenlerle yapılan tozlamalarda haploid embriyo elde etmek için en uygun dönemi belirlemiştir. Dört haftalık çalışmada, 26 Nisan-03 Mayıs tarihleri arasında yapılan tozlamalarda % 63.64 meyve bağlama oranı ve meyve başına 5.81 embriyo ile en yüksek verim elde edilmiştir. Kasapoğlu (2009), Kırkağaç kavunlarında, farklı tozlama dönemlerinin embriyo verimine etkisini incelemiş ve en fazla haploid embriyo (% 83.33 dönüşüm oranı) ile en iyi sonuçların aynı dönemde elde edildiğini belirtmiştir. Arazi koşullarında meyve hasadı ve depolama üzerine çalışmış ve hasattan hemen

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo* L.) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

sonra yapılan ekstraksiyonun en iyi sonucu verdiğini bildirmiştir.

Işınlanmış polenle kantelop grubu kavunlarda yapılan tozlamalarda, Sauton ve Dumas de Vaulx (1987) % 35, Maestro-Tejada (1992) ise polen miktarına bağlı olarak % 87'ye kadar çıkan meyve bağlama oranları bildirmiştir. Sarı ve ark. (1999), *Fusarium oxysporum* f.sp. melonis'e dayanıklı kantelop grubu kavun hatlarında meyve bağlama oranlarını % 25-54 arasında tespit etmiş ve toplamda 552 embriyodan 219 haploid bitki elde edilmiştir. Bu haploid bitkiler kolhisin uygulamalarıyla diploidleştirilmiş ve 50 saf hat geliştirilmiştir. Yetişir ve Sarı (2003), haploid bitkilerde kromozom katlanmasında in situ kolhisin uygulamalarının in vitro yöntemlere kıyasla üç kat daha başarılı olduğunu rapor etmiştir.

Solmaz ve ark. (2011), inodorus grubu kavunlarda in vitro ve in vivo kolhisin uygulamalarının etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, en etkili yöntemin, 2 saat süre ile sürgün ucu daldırma yöntemi ile kolhisinin in vivo uygulanması olduğunu tespit etmişlerdir. Kırkağaç' ve 'Yuva Hasanbey' kavun gruplarındaki genotipler arasında in vitro kolhisin uygulamasından sonra ortalama katlanma oranı %10.13, in vivo kolhisin uygulamasından sonra ise katlanma oranı %46.03 olarak belirlenmiştir.

Bagheri ve ark. (2021), farklı İran kavun çeşitlerinde; farklı gama ışın dozlarının (250, 350, 450 ve 550 Gy) haploid embriyo indüksiyonu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Gama ışınlarıyla ışınlanmış polenlerle yapılan tozlamadan 21-25 gün sonra çıkartılan farklı şekil ve aşamalarındaki embriyolar E20A besi yerinde kültüre alınmıştır. Doğrudan kültür, sıvı kültür ve entegre kültür yöntemleri kullanılmış; entegre ve sıvı kültür yöntemlerinin kavunda haploid bitki üretiminin verimliliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak; 550 Gy gama ışınlamasının partenogenez ve meyve gelişimini indüklemeye başarılı olduğunu, daha düşük ışınlama dozlarının ise haploid embriyoları indüklemeye etkili olmadığını ortaya koyulmuştur. Tohum başına embriyo oranları 'Samsori' (%1.2) ve 'Saveh' (%1.1) çeşitlerinde en yüksek olarak tespit edilmiştir.

Toplamda, 274 embriyodan Işınlanmış Polen Tekniği (IPT) yoluyla 52 partenogenetik kavun fidesi elde edilmiştir. Haploid embriyoların ve haploid bitkilerin üretiminin; gama ışını dozu, embriyo aşaması ve genotip tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Yan ve ark. (2025), kavunda kromozom katlama etkinliğini arttırmayı amaçladıkları çalışmanın 1. aşamasında, genotipin ve eksplant yaşının hayatta kalma ve kromozom katlanma oranları üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. 21 günlük haploid eksplantların nispeten yüksek bir katlanma oranına ($19.04 \pm \%7.10$) ulaşabileceğini fakat bu eksplantların düşük bir hayatta kalma oranı ($\%38.76 \pm \%9.72$), yüksek bir vitrifikasyon insidansı ($\%37.36 \pm \%9.93$) ve 30 günden daha uzun bir rejenerasyon süresi gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmanın 2. aşamasında, katlanma ve hayatta kalma oranını arttırmak ve diğer sorunları çözmek için uygun antimikrotübüler ajanlar ve hormon tedavileri kombinasyonlarını taramak üzere dört temsili genotip seçmişlerdir. Sonuç olarak 24 saat boyunca trifluralin ile tedavinin ardından 15 gün boyunca 6-BA içeren katı MS besiyerinde kültüre alınan en yüksek hayatta kalma oranını ($\%72.27 \pm 9.44$) ve en yüksek katlanma oranını ($\%42.12 \pm 9.72$) sağladığını, ancak en düşük vitrifikasyon oranını ($\%2.35 \pm 4.25$) ve 15 günlük kısaltılmış bir rejenerasyon periyodunu sağladığını belirtmişlerdir.

Sonuç

Bu çalışma, Kırkağaç ve Ananas tipi kavun genotiplerinde ışınlanmış polen kullanılarak yapılan partenogenetik meyve bağlama ve haploid embriyo indüksiyonu süreçlerinin değerlendirilmesi açısından önemli bulgular ortaya koymuştur. Ananas grubu genotiplerinde ışınlanmış polen ile tozlama sonucunda genel meyve bağlama oranı % 85.00, Kırkağaç genotipinde ise % 45.31 olarak belirlenmiştir. Haploid embriyo verimi Ananas grubu genotiplerinde meyve başına ortalama 1.54, Kırkağaç genotipinde ise 2.33 olarak tespit edilmiştir. Bitkiye dönüşüm oranı, Ananas grubunda %62.02, Kırkağaç genotipinde ise %56.16 olarak belirlenmiştir. Kolhisin uygulamaları sonucunda haploid bitkilerden %100 saf hatlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar,

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo L.*) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

ışınlanmış polenle yapılan tozlama ve embriyo kurtarma yöntemlerinin genotipler arasında farklılık göstermekle birlikte, özellikle belirli genotiplerde yüksek verim sağladığını ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- Abak, K. (2001) Melons from Turkey: Main Types And Their Characteristics. Proc. 23th Geisenheim Meeting, 12-14, February 2001, Geisenheim- Germany, 61-68.
- Abak, K., Sari, N., Paksoy, M., Yilmaz, H., Aktaş, H., Tunalı, C., (1996) Kavunda ışınlamış polen tozlamaları ile haploid embriyo uyartımında genotip etkisi, dihaploid hatların oluşturulması, haploid ve diploid bitkilerin değişik yöntemlerle ayrımı. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 20 (5), 425-430.
- Bagheri, L., Lotfi, M., Nori, M., (2021) Production of haploid embryos and plants in iranian melon (*Cucumis melo L.*) through irradiated pollen-induced parthenogenesis. international atomic energy agency. Mutation breeding, genetic diversity and crop adaptation to climate change (eds S. Sivasankar et al.) DOI: 10.1079/9781789249095.0013.
- FAO; (2024) [Erişim Tarihi:22.02.2025]. <https://www.fao.org/turkiye/tr/>
- Foisset, N., Delourme, R., Lucas, MO., Renard, M., (1997) In vitro androgenesis and segregation distortion in Brassica napus L.: spontaneous versus colchicine-doubled lines. Plant Cell Rep 16: 464-468.
- Gürsoy, I., (2009) Yuva ve Hasanbey kavunlarında ışınlamış polenle farklı tozlama dönemlerinin meyve tutumuna etkisi ile farklı hasat tarihleri ve depolama sıcaklıklarının embriyo verimi ve bitkiye dönüşüme etkileri. Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Adana, 59 s.
- Kasapoğlu, S. (2009) Kırkağaç Kavunlarında Işınlanmış Polenle Farklı Tozlama Dönemlerinin Meyve Tutumuna Etkisi İle Farklı Hasat Tarihleri Ve Depolama Sıcaklıklarının Embriyo Verimi Ve Bitkiye Dönüşüme Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 55 s.
- Lotfi, M., Alan, A.R., Henning, M.J., Jahn, M.M., Earle, E.D., (2003) Production of haploid and doubled haploid plants of melon (*Cucumis melo L.*) for use in breeding for multiple virus resistance. Plant Cell Reports, 21(11): 1121-1128.
- Maestro-Tejada, M. C., (1992) Resistance du Melon aux Virus. Interaction Avec les Pu cerons Vecteurs. Analyse Genetique sur les Ligneés Haplodiploides. These de Docteur, Spécialité “Biologie des Organismes et Populations”, Univ. de Droit, d’Economie et des Sciences d’ Aix-Marseille, 134 p.
- Morrison, R. A., & Evans, D. A. (1988) Haploid plants from tissue culture: new plant varieties in a shortened time frame. Bio/technology, 6(6), 684-690.
- Pauls, K.P., (1996) The utility of double haploid populations for studying the genetic control of traits determined by recessive alleles 125 144
- Jain S.M., Sopory S.K. & Veilleux R.E. In vitro haploid production in higher plants Vol. 1 Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands
- Sarı, N., Abak, K., Ekiz, H., Yücel, S., Yetişir, H., Ekbiç, E., (1999) Kavunda dihaploidizasyon yöntemiyle örtüaltı tarımına uygun ve Fusarium oxysporum F.sp.melonis’e dayanıklı hatların geliştirilmesi. Türkiye III.Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül 1999, Ankara, 488-498.
- Sari, N., Abak, K., Pitrat, M., Dumas De Vaulx, R., (1992) Kavunlarda (*Cucumis melo L.* var. inodorus naud ve C.melo L. var.

Kırkağaç ve Ananas Tipi Kavunlarda (*Cucumis Melo* L.) Işınlanmış Polen Kullanılarak Haploid Embriyo İndüksiyonu ve Saf Hat Üretimi

reticulatus naud) partenogenetik haploid embriyo uyartımı ve bitki eldesi. Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 16, 302-314.

Sauton, A., Dumas Vaulx, R., (1987) Obtention de Plantes Haploides Chez le Melon (*Cucumis melo* L.) par Gynogenese Induite par du Pollen Irradié. Agronomie, 7, 141-148.

Solmaz, I., Sarı, N., Dasgan Y., Aktaş, H., Yetişir, H., Ünlü, H., (2011) The effect of salinity on stomata and leaf characteristics of dihaploid melon lines and their hybrids. Journal of Food, Agriculture and Environment, 9 (3-4): 172-176.

Solmaz, İ., Sarı, N., Gürsoy, I., Kasapoğlu, S., (2011) Comparison of in vivo and in vitro colchicine application for production of dihaploid “Kırkagac” and “Yuva Hasanbey” melons. African Journal of Biotechnology, 10 (70): 15717-15724.

TÜİK; 2023 [Erişim Tarihi:22.02.2025].

Yan, L., Zhu, S., Wu, K., Huang, Y., Zhang, Y., Yang, J., Wang, K., · Qian Chuntao, Q., (2025) Efficiency improvement of in vitro chromosome doubling in melon haploid. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 160:47. <https://doi.org/10.1007/s11240-025-02995-7>.

Yao, H., Lelong, Y., Yanyan, C., Zhihu, M., Yongping, Z., & Chuntao, Q. (2024). Improvement of embryo rescue efficiency in haploid melon (*Cucumis melo* L.) via irradiated pollen pollination. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 159(2), 36.

Yetişir, H., Sari, N., (2003) A new method for haploid muskmelon (*Cucumis melo* L.) dihaploidization. Scienta Horticulturae, 98 (3), 277-283.



Research Article

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

Eda Elgin KILIÇ^{1*}, Songul KESEN¹

ABSTRACT

In this study, the effects of different drying methods on the physical properties and antioxidant properties of purple potato powders obtained by freeze drying and hot air drying were investigated. The purple potatoes were mashed, and the mashed samples were dried using hot air (oven) and freeze-drying (lyophilizer) methods. The obtained purple potato powder samples were analyzed for moisture content, water activity, wettability, color measurements and antioxidants. The results of the analyses showed that the moisture content, water content, wettability and color and antioxidant values of the powdered purple potato samples obtained by freeze drying gave better industrial and nutritional results. It was determined that freeze drying process is more suitable for the production of purple potato powder.

Keywords: Purple potato, freeze drying, oven drying, antioxidant activity, physical properties

Kurutulmuş Mor Patateslerin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

ÖZ

Bu çalışmada, dondurarak kurutma ve sıcak hava kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen mor patates tozlarının fiziksel özellikleri ve antioksidan özellikleri üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkileri incelenmiştir. Mor patates püre haline getirilerek dondurularak (liyofilizatör) ve sıcak hava (etüv) kurutulmuştur. Elde edilen mor patates tozu örneklerinde nem içeriği, su aktivitesi, ıslanabilirlik, renk ölçümleri ve antioksidan analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarında nem, su içeriği, akabilirlik ve renk değerleri ile antioksidan değerlerinin dondurularak kurutma sonucu elde edilen toz mor patates örneklerinde endüstriyel ve besinsel olarak daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Dondurularak kurutma prosesinin mor patates tozu üretimi için daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Mor patates, dondurarak kurutma, sıcak hava kurutma, antioksidan aktivite, fiziksel özellikler

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-9887-8377, 0000-0003-0587-1721

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 14.04.2025

Kabul Tarihi: 26.06.2025

¹ Food Processing Department, Naci Topcuoglu Vocational High School, Gaziantep University, Gaziantep

*E-posta: edakilic@gantep.edu.tr

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

Introduction

In recent years, purple sweet potato has been recognized as a beneficial food crop worldwide due to its high nutritional potential (Guo et al., 2019). Nowadays, sweet potato cultivation has spread worldwide due to its great adaptability to different climatic conditions. It is tolerant to relatively low temperatures at high altitudes, but is very sensitive to freezing temperatures (Lim, 2016). Edible roots are long and conical in shape, with flesh of various colors and a smooth skin (Jain et al., 2015). The purple potato (*Solanum tuberosum*) has recently become a cultivated plant that has gained popularity among healthy food options and attracts attention with its nutritional values. This type of potato stands out for its rich composition of anthocyanins, vitamins and minerals that provide many health benefits. In particular, the anthocyanin content of purple potatoes plays an important role as the source of their color; these pigments are known for their high antioxidant properties (Mesiano et al., 2024). Purple sweet potatoes are used not only as food but also as a natural colorant in the food industry. In particular, it serves as a coloring agent in food and beverage products (Mahfud & Kusuma, 2016). In addition, purple sweet potato flours are used to enhance flavor and nutritional value in various baked goods and desserts (Mahfud & Kusuma, 2016).

The flesh color varies from white to orange and purple. Purple sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) are a type of potato with a distinctive purple color due to the presence of anthocyanins, natural pigments with antioxidant properties. Studies have shown that purple sweet potatoes contain bioactive molecules with a variety of health benefits, including antioxidant and potential anti-cancer effects. Overall, purple sweet potatoes are a versatile and nutritious food source with promising health-promoting properties that make them a valuable addition to a variety of food and health products. Purple sweet potatoes not only contribute to your health, but also stand out with nutritious properties.

Fresh fruits and vegetables with high moisture content maintain their vitality for a certain period of time after harvest. Therefore, products can

deteriorate quickly when storage conditions are not suitable. Many preservation methods are used to prevent rapid deterioration of foods after harvest and to increase their durability. The most commonly used of these methods is drying foods. In drying foods, different drying methods such as sun drying, microwave drying, spray drying, freeze drying are used. (Talib & Dirim, 2018)

Drying fruits and vegetables in particular makes them consumable for a longer period of time and generally extends their shelf life (Çerçi & Hürdoğan 2020). Hot air drying, which is applied in the food industry to extend the shelf life of foods while preserving their nutritional value, involves drying foods with air temperature. This method is widely used in the food industry (Ersoy et al., 2017). Hot air drying is considered an effective method in the processing of many types of foods. Freeze drying allows foods to be dried by freezing and then subliming water at low pressure. This method allows the best preservation of nutritional values and ensures that products are of similar quality to fresh foods (Metiner & Ersus, 2023). Although freeze drying is generally costly, it is preferred in terms of obtaining high-quality products. There are various drying methods in the literature and studies on drying fruits and vegetables (Zhao et al., 2024; Ntuli et al., 2017; Chandel et al., 2021; Hooshmand et al., 2011; Cho & Kim, 2015; Richard et al., 2015; Kowalska et al., 2018).

In this study, the physical and antioxidant properties of purple potato powders obtained by two different drying methods (freeze drying and hot air (oven) drying) were determined. Bulk density, tapped density, wettability, water content, water activity, water absorption capacity, water solubility index and antioxidant activities of the powders obtained by freeze and hot air drying were determined.

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

Material and Methods

Material

Purple potatoes were obtained September (2024) and stored in the refrigerator at +4 °C until use. Purple sweet potatoes used in the study were obtained from the Hatay region (registered by İlkmoru).

Preparation of samples

Purple sweet potatoes were washed and sterilized by immersion in a sodium hypochlorite solution (200 ppm for 15 minutes). They were then peeled and cut into thin slices approximately 5 cm² in size. Purple sweet potatoes were heat treated by immersing in water at 80 °C for 10 minutes (Fig 1). After heat treatment, the potatoes were blended with the cooking water in a bench type blender (Waring Commercial Blender, USA) for 10 minutes to obtain a puree (Cunha et al., 2023). Some of the mashed potatoes (Fig 2) were placed in plastic packages for drying in a lyophilizer and the rest in an oven.



Figure 1. Heat treatment of purple sweet potato

Freeze drying (Lyophilization)

The prepared purple mashed potatoes were dried using a freeze dryer (Biobase BK-FD 18P, Biobase Biosun Co. Ltd, China) and a condenser set at -70/-80 °C for an average of 5 days. After lyophilization, the powdered samples (Fig 2) were stored at 4 °C storage temperature until use.

Hot air (Oven) drying

An oven (NUVE, FN 400, Türkiye) was used to dry the prepared purple potato puree at 80 °C until the moisture content was within the permissible range (Processed for about 4-5 hours until the final moisture content was less than 3)

for powder samples. Until they were used, the dried purple potato powders (Fig 2) were kept at 4 °C.



Figure 2. Puree and dried potato powders

Physical analysis of powder

Moisture determination and water activity

An infrared moisture analyzer (XM 120; Precisa Instruments Ltd, Switzerland) was used to measure the moisture contents. A water activity meter (Rotronic Hygropalm, Bassersdorf, Switzerland) was used to measure changes in water activity (aw) values at 25 °C. Analyses were performed in triplicate.

Color values

HunterLab ColorFlex EZ (Hunter Associate Laboratory Inc., USA) was used to assess the powders' L* (brightness value), a*± (redness-greenness index), and b*± (yellowness-blueness index) values (Duangmal et al., 2008). Using the following formula and the color values of purple potato puree, the total color change (ΔE) was determined (Telis & Martínez-Navarrete, 2009). Measurements were repeated three times.

$$\Delta E = [(L^*-L_0^*)^2 + (a^*-a_0^*)^2 + (b^*-b_0^*)^2]^{1/2}$$

Bulk and tapped density

Using the mass/volume ratio, the bulk density (ρ_B) of about 2 g (m_0) of microencapsulated olive oil powder was determined by filling a 10 ml cylindrical container with no air pockets and applying any pressure (Bhandari et al., 1999). The mass to volume ratio of the powder in the cylinder following 50 taps on the bench of a 10 ml cylindrical container holding the sample was used to calculate the tapped bulk density (ρ_T)

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

(Goula & Adamopoulos, 2004). Measurements were repeated three times.

$$\text{Bulk Density } (\rho_B) \text{ (g/mL)} = m_0 / V_0$$
$$\text{Tapped density } (\rho_T) \text{ (g/mL)} = m_0 / V_n$$

V_0 : Volume in the cylinder,

V_n : Sample volume in the same cylindrical container at tapped density

Flowability

The Carr Index (CI) and Hausner ratio (HR) values were used to examine the powders' viscosity characteristics. Bulk density and tapped density values were used to calculate these values (Carr, 1965).

$$CI = ((\rho_T - \rho_B) / \rho_T) * 100$$
$$HR = (\rho_T / \rho_B)$$

Wettability

The wettability of the powder sample was examined by measuring the full wetting time of 1 g of powder sample in a 250 ml beaker filled with 100 ml of clean water at 25 °C (± 1 °C) (Jinapong et al., 2008). Analyses were repeated three times.

Water absorption capacity (WAC)

WAC is expressed as the percentage of water absorbed per gram of sample by weighing the residue obtained after centrifuging the powders (Shafi et al., 2016). Measurements were performed with two replicates.

Water solubility index (WSI)

WSI was determined following the method of Asaduzzaman et al. (2013). Ten milliliters of distilled water were thoroughly combined with one gram of each sample. The mixture was centrifuged at 4,000 rpm for 30 minutes. The resulting supernatant was oven-dried at $70 \pm 5^\circ\text{C}$ until its weight remained constant. After cooling in the desiccator, the dried samples were weighed. The formula used to calculate WSI was as follows:

$$\text{WSI (\%)} = W_1 - W_2 \div W * 100$$

W = Dried sample weight; W_1 = Weight of petri dish and dried liquid; W_2 = Weight of empty petri dish.

Antioxidant activity analysis

The antioxidant activities were carried out using the approach developed by Yu et al. (2002). The antioxidant activities were assessed using their hydrogen-binding ability to trap the DPPH radical. This method involved taking 0.1 ml of appropriately diluted sample extracts in a specific concentration range and the standard substance Trolox, then adding 3.9 ml of DPPH ethanol solution (10^{-4} M), mixing in a vortex, and keeping in the dark at room temperature for 2 hours until the reaction stabilized. The absorbance of the color produced by the reaction was measured at 517 nm using a spectrophotometer. A linear calibration curve was obtained with Trolox, and results were expressed as mg Trolox equivalents per 100 g samples. Analyses were repeated three times.

Results and Discussion

In the food industry, the maximum acceptable moisture content for many dry products is between 3-4% (Klinkesorn et al., 2006). In order to ensure microbial stability in foods, the water activity value should be below 0.6 (Quek et al., 2007). The moisture content value of the powders was measured as 1.99% for the potato powders obtained by drying in lyophiliser and 2.32% for the potato powders obtained by drying in oven, and the water activity values of the powders were determined as 0.10 ± 0.01 and 0.24 ± 0.01 for powders (lyophiliser) and powders (oven) (Table 1).

Bulk density values of freeze-dried and hot air-dried purple potato powder samples were 0.57 g/cm^3 - 0.22 g/cm^3 and tapped density values were 0.69 g/cm^3 - 0.31 g/cm^3 , respectively (Table 1). Low bulk density is an indication that the powder product is cohesive, i.e. has poor flowability. Bulk and tapped density, Carr's index and Hausner's ratio values are important evaluation criteria in the processing and storage of powdered products. The flowability properties of the powders were analyzed using

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

Carr's Index and Hausner's ratio values. CI and HR values are evaluated as <15 (very good), 15-20 (good), 20-35 (medium) and 35> (bad) and <1.2 (low), 1.2-1.4 (medium) and 1.4 (high) respectively (Jinapong et al., 2008).

Carr's Index values for different drying methods (freeze drying and oven drying) for purple potato powders were determined as 18.27 and 27.94; Hausner ratio values were determined as 1.22 and 1.39, respectively (Table 1). Cohesiveness and fluidity values were evaluated. It was found that freeze-dried purple potato powders gave better results. It was determined that its cohesion was low and its fluidity was at medium level. The obtained results show that the drying process has a statistically significant effect on the CI and HR values of the powder samples ($p<0.05$).

Table 1. Physical analysis of purple potato powder

Physical properties of powders	Powder (lyophilizer)	Powder (oven)
Water content (%)	1.99±0.01 ^a	2.32±0.03 ^b
Water activity	0.10±0.01 ^a	0.24±0.01 ^b
ρB (g/cm ³)	0.57±0.02 ^b	0.22±1.01 ^a
ρT (g/cm ³)	0.69±0.01 ^b	0.31±0.03 ^a
CI (%)	18.27±0.77 ^a	27.94±1.19 ^b
HR	1.22±0.01 ^a	1.39±0.02 ^b
Wettability (s)	1.85±0.06 ^a	3.70±0.1 ^b

Different letters in the same row are statistically significant

Mean±standart deviation: results are the means of three repetitions

The wettability of powder products varies depending on the surface properties of the powders, mixing, temperature, particle size, presence of amphiphilic substances, and pore structure (Sharma et al., 2012). Wettability in powdered food products is one of the main determinants of product performance and end-use quality. The lower wettability values can be considered an important parameter in terms of product quality. The wettability values of freeze-dried potato powder were found to be lower compared to hot air-dried potato powder. (Table 1).

Water absorption capacity is affected by factors such as protein concentration, pH, ionic strength, temperature, presence of polysaccharides, lipids,

salts, other components, amount and duration of heat treatment, storage conditions as well as protein matrix (Chavan et al., 2001) In terms of functional properties, water absorption capacity is also of great importance, especially in instant foods, instant mixes and some agricultural applications (Goude et al., 2023). The water absorption capacity and water solubility index were shown in Table 2. According to the results, the water absorption capacity of lyophilizer-dried powder samples was higher than that of oven-dried powder samples. These values were 5.03 and 4.90 % for lyophilizer and oven dried powder samples, respectively.

The water solubility index is affected by parameters such as the initial composition of the dried raw material, the carrier agents it contains, the drying method applied, temperature, and feed rate (Kha et al., 2011). According to the water solubility capacity values obtained, the values of the powder samples dried in the lyophilizer and in the oven were determined as 3.16 and 3.03, respectively. According to these results, it can be stated that a more compact powder is obtained with the oven drying method and thus the solutes pass into the aqueous phase more slowly (Table 2). According to the obtained results, it has been determined that the drying method is statistically effective on water absorption and solubility capacity ($p<0.05$).

Table 2. Water absorption capacity and water solubility index

	Powder (lyophilizer)	Powder (oven)
WAC (%)	5.03±0.02 ^b	4.90±0.02 ^a
WSI (%)	3.16±0.01 ^b	3.03±0.03 ^a

Different letters in the same row are statistically significant

Mean±standart deviation: results are the means of three repetitions as percent

The L^* value (brightness) is a^* scale that measures the brightness of the product and the numerical value decreases as the product color darkens. The decrease in a^* and b^* values may be due to the degradation of chlorophyll as well as non-enzymatic reactions (Maskan, 2001). The L value of the powder samples obtained by freezing and hot air drying was found to be

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

brighter and whiter than the puree. L and a^* values similar increase was observed in the freeze-dried kiwi purees (Maskan, 2001). Alibas (2007) stated in his study that he dried pumpkin using microwave, hot air, and microwave-hot air combined methods, and noted that the L , a^* , and b^* values decreased in all three drying methods. As seen in Table 3, the a^* and b^* values of the powder samples obtained by both drying methods showed a^* and b^* decrease compared to the mash. The lowest values were determined in the powder samples dried in the oven. Statistically, a significant difference was determined in the change in L and a^* values of pureed and dried $p < 0.05$ samples. Similarly, the fresh L values of fruits dried using different drying methods were lower than those of dried samples. The drying process increases brightness (Zhang et al., 2023; Akcicek et al., 2023).

Table 3. L , a^* , b^* values of samples

Color parameter	Puree	Powder lyophilizer	Powder (oven)
L	39.36±0.65 ^a	58.11±0.24 ^b	59.57±0.08 ^c
a^*	13.61±0.26 ^c	9.34±0.87 ^b	7.58±0.03 ^a
b^*	11.95±0.41 ^a	7.16±0.80 ^b	6.32±0.04 ^b

Different letters in the same row are statistically significant
Mean±standart deviation: results are the means of three repetitions as color values

The results of the total color change (ΔE) showed that oven drying had a higher and freeze drying had a lower effect on the color change, indicating that freeze drying had less effect on the color change (Table 4).

Table 4. Total color change (ΔE^*) of purple potato powders

	Powder (lyophilizer)	Powder (oven)
ΔE	19.82±0.56 ^a	21.83±0.73 ^b

Different letters in the same row are statistically significant

Antioxidant activity values of the samples are given in Table 5. The antioxidant activity values of lyophilizer and oven dried purple potato powders were determined by DPPH method. The antioxidant activities of mash and powder samples were calculated as mg trolox/100g dry

matter. As a result of the drying process, a statistically significant difference was determined between the antioxidant values of purple potato puree and powder samples. It was determined that the antioxidant activity value decreased with the drying process and the antioxidant amount of the powder samples obtained by oven drying was less. It was determined that freeze drying process preserved the antioxidant amount of purple mashed potatoes more than oven drying. The data obtained as a result of the effects of different drying treatments on the antioxidant activity of purple sweet potato are in agreement with the results of previous studies (Inchuen et al., 2008; Sultana et al., 2012; Wang et al., 2019).

Table 5. Antioksidant activity of samples

Samples	DPPH (mg trolox/100g DM)
Puree	553.35±4.41 ^c
Powder (lyophilizer)	425.56±2.18 ^b
Powder (oven)	307.05±3.25 ^a

Different letters in the same column are statistically significant
Mean±standart deviation: results are the means of two repetitions as mg trolox/100g DM

Conclusion

The physical moisture content of purple potato powders obtained by freeze and oven drying is below 3-4% and the water activity values are below 0.25. These results show that it has food stability in terms of oxidation, enzymatic browning and microbial growth. The Carr Index and Hausner Ratio results determined that the freeze-dried samples exhibited better flowability and lower cohesiveness than the powder samples obtained by oven drying. Total colour change was calculated to be less in freeze-dried powder samples compared to purple mashed potato. This indicates that freeze drying preserves the colour stability. The water retention and water absorption capacity results determined that the water solubility index and water absorption capacity were lower as a result of obtaining a more compact powder with the oven drying method compared to the freeze drying method. The highest value of antioxidant result obtained in puree and freeze drying preserved the antioxidant value of purple mashed potato more than oven drying. As a result, physical properties

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

and antioxidant capacity values of purple potato were found to be better with freeze drying method.

Acknowledgement

The authors thank the Scientific Research Projects (BAP) Coordination Unit of Gaziantep University for funding this research (Project Number: NTMYO.HZP.24.03)

References

- Akcicek, A., Avci, E., Tekin-Cakmak, Z. H., Kasapoglu, M. Z., Sagdic, O., & Karasu, S. (2023). Influence of Different Drying Techniques on the Drying Kinetics, Total Bioactive Compounds, Anthocyanin Profile, Color, and Microstructural Properties of Blueberry Fruit. *ACS omega*, 8(44), 41603–41611.
- Alibas I. (2007) Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT- Food Sci Technol*, 40:1445–1451.
- Asaduzzaman, M., M. E. Haque, J. Rahman, S. K. Hasan, M. A. Ali, M. S. Akter, and M. Ahmed. (2013). Comparisons of physiochemical, total phenol, flavonoid content and functional properties in six cultivars of aromatic rice in Bangladesh, *African. J of Food Sci*, 7:198–203
- Bhandari, B., D'Arcy, B., & Kelly, C. (1999). Rheology and crystallization kinetics of honey: present status *Int. J Food Prop*, 2: 217–226.
- Carr, R. L. (1965). Evaluating flow properties of solids. *Chem Eng*, 72:163-168
- Chandel, S., Rana, A., & Ibrahim, M. (2021). Physiological analysis and evaluation of heavy metal contents in leafy vegetables and fruits collected from the local market of prayagraj. *Int J Stat Distrib Appl*, 7: 7. <https://doi.org/10.11648/j.ijsd.20210701.12>
- Chavan, U. D., McKenzie, D. B., & Shahidi, F. (2001). Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chem*, 74: 177-187.
- Cho, M. J. and Kim, H. J. (2015). Effect of the dextrose equivalent of maltodextrin on the quality characteristics of jeju purple sweet potato (*ipomoea batatas* l.) during molecular press dehydration. *Korean J Food Sci Technol*, 47: 744-750. <https://doi.org/10.9721/kjfst.2015.47.6.744>
- Cunha, P. C. D., Silva, M. T. D. C., Barbosa, M. I. M. J., & Ferreira, E. H. D. R. (2023). Application of lyophilized purple-fleshed sweet potato powder as a multifunctional ingredient in Greek yogurt. *Ciência Rural*, 54(3), e20220688.
- Çerçi, K. N. and Hürdoğan, E. (2020). Experimental determination of drying kinetics of peanut dried by using drying air at different humidity. *ÇU Müh-Mim Fak Derg*, 35: 537-550. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.792476>
- Duangmal, K., Saicheua, B., & Sueeprasan, S. (2008). Colour evaluation of freeze-dried roselle extract as a natural food colorant in a model system of a drink. *LWT- Food Sci Technol*, 41: 1437-1445.
- Ersoy, B., Baysal, G., & Ceyhan, T. (2017). Farklı yöntemlerle kurutulmuş meyve tozlarının antioksidan ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi determination of antioxidant and sensory properties of dried fruit powder by different methods. *Aydin Gastro*, 8: 95-107. https://doi.org/10.17932/iau.gastronomy.2017.016/gastronomy_v08i1006
- Goude, K. A., Adingra, K. M., KouamE, K. H., Soro, S., & Kouadio, E. J. P. (2023). Functional properties of fermented and unfermented cocoa placenta powders (*theobroma cacao* l.) for the production of biscuits. *Food Environ Saf J*, 22(2). <https://doi.org/10.4316/fens.2023.011>
- Goula, A. M., Adamopoulos, K. G., & Kazakis, N. A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Drying Tech*, 22: 1129-1151.
- Guo, K., Liu, T., Xu, A., Zhang, L., Bian, X., & Wei, C. (2019). Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes. *Food Hydrocolloids*, 89: 829-836.

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

- Hooshmand, S., Chai, S., Saadat, R., Payton, M., Brummel-Smith, K., & Arjmandi, B. (2011). Comparative effects of dried plum and dried apple on bone in postmenopausal women. *Br J Nutr*, 106: 923-930. <https://doi.org/10.1017/s000711451100119x>
- Inchuen, S., Narkruga, W., Pornchaloempong, P., Chanasinchana, P., & Swing, T. (2008). Microwave and hot-air drying of Thai red curry paste. *Maejo Int J Sci Technol*, 1: 38-49.
- Jain, P., Pandey, R., & Shukla, S. S. (2015). Natural sources of anti-inflammation. In *Inflammation: Natural Resources and Its Applications* (pp. 25-133). Springer, New Delhi.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *J Food Eng*, 84: 194-205
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2011). Effects of pre-treatments and air drying temperatures on colour and antioxidant properties of Gac fruit powder. *Int J Food Eng*, 7(3).
- Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., Decker, E. A., & McClements, D. J. (2006). Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. *Food Res Inter*, 39: 449-457.
- Kowalska, J., Kowalska, H., Marzec, A., Brzeziński, T., Samborska, K., & Lenart, A. (2018). Dried strawberries as a high nutritional value fruit snack. *Food Sci Biotech*, 27: 799-807. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0304-6>
- Lim, T. K. (2016). Ipomoea batatas. In *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants* (pp. 92-171). Springer, Dordrecht. 2016, page 100.
- Mahfud, T. and Kusuma, B. J. (2016). Hedonic and quality analysis of chiffon cake with purple sweet potato flour substitution. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 2: <https://doi.org/10.32487/jst.v2i2.186>
- Maskan M. 2001. Kinetics of Colour Change of Kiwifruits During Hot Air and Microwave Drying. *J Food Eng*, 48: 169-175
- Mesiano, T., Rasyid, A., Gayatri, A., Kusumaningsih, W., Witjaksono, F., Herqutanto, H., ... & Harris, S. (2024). Stability of anthocyanin content in various processed purple sweet potatoes. *Acta Univ Agric Silv Mendelianae Brun*, 71: 309-316.
- Metiner, E. E., & Ersus, S. (2023). The effects of different drying methods on the quality of Aronia (*Aronia melanocarpa*) fruit and its dried powder. *Ege Üniv Ziraat Fak Derg*, 60:353-362.
- Ntuli, V., Chatanga, P., Kwiri, R., Gadaga, H., Gere, J., Matsepo, T., ... & Potloane, R. (2017). Microbiological quality of selected dried fruits and vegetables in maseru, lesotho. *Afr J Microbiol Res*, 11: 185-193. <https://doi.org/10.5897/ajmr2016.8130>
- Quek, Y.S., Chok, N.K., Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chem Eng Process*, 46: 386- 392.
- Richard, J., Bernadette, K., Trude, W., Lucy, M., & Bernard, E. (2015). Effect of solar drying methods on total phenolic contents and antioxidant activity of commonly consumed fruits and vegetable (mango, banana, pineapple and tomato) in tanzania. *Afr J Food Sci*, 9: 291-300. <https://doi.org/10.5897/ajfs2015.1232>
- Shafi, M., Baba, W. N., & Masoodi, F. A. (2017). Composite flour blends: Influence of particle size of water chestnut flour on nutraceutical potential and quality of Indian flat breads. *J Food Meas Charact*, 11: 1094-1105.
- Sharma, A., Jana, A. H., Chavan, R. S. (2012). Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications—a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 11: 518-528.
- Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M., & Saari, N. (2012). Effect of drying techniques on the total phenolic. *J Med Plants Res*, 6: 161-167.
- Talih, M., & Dirim, S. N. (2018). Kurutma yardımcı maddelerinin dondurarak

Determination of Quality Properties of Dried Purple Potatoes

- kurutulmuş taflan tozlarının özellikleri
Üzerine Etkisi. *Gıda*, 43: 461-475.
- Telis, V.R.N., Martínez-Navarrete N., 2009. Collapse and color changes in grape fruit juice powder as affected by water activity, glass transition and addition of carbohydrate polymers. *Food Biophys*, 4: 83–93.
- Wang, Q., Li, S., Han, X., Ni, Y., Zhao, D., & Hao, J. (2019). Quality evaluation and drying kinetics of shitake mushrooms dried by hot air, infrared and intermittent microwave-assisted drying methods. *LWT-Food Sci Technol*, 107: 236-242.
- Yu, L., Haley, S., Perret, J., Haris, M., Wilson, J. And Qian, M., 2002. free radical scavenging properties of wheat extracts. *J Agric Food Chem*. 46: 3630-3634.
- Zhao, W., Chen, Z., Lin, X., & Zhang, Y. (2024). A meta-analysis of the effects of ultrasonic pretreatment on the characteristics of dried fruits and vegetables. *J Food Process Eng*, 47: e14689.
- Zhang, L., Zhang, C., Wei, Z., Huang, W., Yan, Z., Luo, Z., ... & Xu, X. (2023). Effects of four drying methods on the quality, antioxidant activity and anthocyanin components of blueberry pomace. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 35.



Araştırma Makalesi

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

Özlem KILIÇ BÜYÜKKURT^{11*}

ÖZ

Kerevizin (*Apium graveolens* L. rapaceum) genellikle kullanılmayan aromatik sap ve yaprakları aroma bileşenleri açısından değerlendirilmesi ve baharat olarak kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla mevcut çalışmada, kereviz sap ve yaprakları etüvde ve güneşte olmak üzere iki farklı yöntemle kurutularak aroma profilleri gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ile belirlenmiş ve koku aktivite değerleri (OAV) hesaplanmıştır. Her iki yöntemde toplam 17 aroma bileşiği tanımlanmış, monoterpenler en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. En baskın bileşikler limonen, β -mirsen ve α -osimen olarak saptanmıştır. OAV değerlendirmelerinde α -pinen, β -pinen, sabinen, β -mirsen, limonen, γ -terpinen, (Z)- β -osimen, (E)- β -karyofilen, 3-n-bütülfthalid ve sedanolid bileşikler ön plana çıkmış ve bunlar arasında, her iki örnekte de 3-n-bütülfthalid ve β -mirsen için en yüksek değerler kaydedilmiştir. Etüvde kurutulan örneklerde aroma bileşiklerinin konsantrasyonu ve OAV'leri, güneştekilere kıyasla daha yüksek belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kereviz, kurutma, aroma profili, GC-MS, koku aktivite değeri (OAV)

The Effect of Different Drying Methods on the Aroma Profile of Celeriac (*Apium graveolens* L. rapaceum) Stems and Leaves

ABSTRACT

The aromatic stems and leaves of celeriac (*Apium graveolens* L. rapaceum), which are often underutilized, hold significant potential for evaluation in terms of aroma compounds and possible use as a spice. For this purpose, in this study, stems and leaves of celeriac were dried using oven and sun drying methods. Aroma profiles were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and odor activity values (OAVs) were also calculated. A total of 17 aroma compounds were identified in both drying methods, with monoterpenes being the most abundant. The dominant compounds included limonene, β -myrcene, and α -osimene. In the OAV evaluations, α -pinene, β -pinene, sabinene, β -myrcene, limonene, γ -terpinene, (Z)- β -ocimene, (E)- β -caryophyllene, 3-n-butylphthalide and sedanolide compounds stood out and among these, 3-n-butylphthalide and β -myrcene exhibited the highest values in both samples. The concentration and OAVs of aroma compounds were higher in oven-dried samples compared to sun-dried ones.

Keywords: Celeriac, drying, aroma profile, GC-MS, odor activity value (OAV)

ORCID ID

0000-0001-5786-6655

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 24.05.2025

Kabul Tarihi: 26.06.2025

¹ Gıda Teknolojisi Bölümü, Kadirli Uygulama Bilimler Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye

*E-posta: ozlemkilog@osmaniye.edu.tr

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

Giriş

Kereviz (*Apium graveolens* L.), Apiaceae familyasına ait olan iki yıllık otsu bir bitkidir (Liu ve ark., 2021). Bu bitkinin, *A. graveolens* var. *rapaceum*, *A. graveolens* var. *dulce* ve *A. graveolens* var. *secalinum* en bilinen üç türü bulunmaktadır. *A. graveolens* var. *rapaceum* büyük kök yumrusuna sahiptir ve bu kökün pişirilmesi ya da salatalara eklenmesi şeklinde tüketilmektedir. *A. graveolens* var. *dulce* türü genellikle sap kereviz olarak bilinmekte ve özellikle sapsız ve yaprakları için yetiştirilen kereviz çeşididir (Sellami ve ark., 2012). *A. graveolens* var. *secalinum* ise yaprak kerevizi olarak bilinen ve baharat olarak kullanılan bir türüdür (Khalil ve ark., 2015). Kereviz, flavonoidler, fenolik asitler, terpenoidler ve ftalidler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler açısından zengin bir bitkidir. Bunun yanı sıra C ve K vitaminleri, demir, manganez, potasyum, fosfor, magnezyum ve foliat açısından zengin bir kaynaktır (Godlewska ve ark., 2020). Bu sayede antimikrobiyal, antibakteriyel, antiinflamatuvar özellikler sergilemektedir (Sun ve ark., 2023). Bu bitki, antik çağlardan beri hem bitkinin tamamı hem de tohumları ilaç olarak tüketilmiş, ayrıca benzersiz ve güçlü aromasından dolayı aromatik bir bitki ve baharat olarak kullanılmıştır (Momin ve Nair, 2002). Günümüzde *A. graveolens* var. *rapaceum* türünün kök kısmı tüketilirken, yaprak ve sapsızdan oluşan yeşil kısmı genellikle atık olarak değerlendirilmektedir (Du ve ark., 2024). Ancak bu kısım güçlü bir aromaya sahip olması sebebiyle çeşitli gıdalara lezzet verici olarak taze ya da kurutulmuş şekilde kullanım imkanına sahiptir (Liu ve ark., 2021). Bu konu ile ilgili olarak, kereviz yapraklarının atık olarak değerlendirilmesi için kereviz yaprak çayı, kereviz yaprak suyu gibi çeşitli ürünlerin değerlendirildiği çalışmalar literatürde mevcuttur. Yapılan bazı çalışmalarda kereviz yapraklarının saponinler, flavonoidler, vitaminler ve mineraller açısından zengin olduğunu göstermiştir (Han ve ark., 2019).

Aroma bileşikleri, taze ve/veya işlenmiş sebze ve meyvelerin kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdir. Kereviz, karakteristik bir aroma profiline sahiptir (Motti et al., 2024). Kerevizin farklı kısımlarının aroma maddeleri birçok

araştırmacı tarafından incelenmiş ve temel aroma gruplarının monoterpenler, seskiterpenler, alkoller ve ftalidler olduğu rapor edilmiştir (Sellami ve ark., 2012; Turner ve ark., 2021a; Sun ve ark., 2023). Bu aroma grupları arasında da terpenlerin en baskın grup olduğu ve bunlar içerisinde en önemli aroma bileşiğinin limonen olduğu belirtilmiştir (Beltrán Sanahuja ve ark., 2021; Yan ve ark., 2021). Kerevizin karakteristik aromasından sorumlu olan diğer bileşik grubunun ftalidler olduğu ve bu grup içerisinde 3-n-butilftalid, sedanenolid ve cis ve trans-ligustilid gibi ftalidlerin kerevize, yeşil, kereviz ve bitkisel gibi kokular sağladığı bildirilmiştir (Kurobayashi ve ark., 2006; Dąbrowska ve ark., 2020; Turner ve ark., 2021a).

Kurutma işlemi, sebze meyve gibi çeşitli gıda ürünlerinin nem içeriğini azaltarak uzun süre muhafazasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Kurutma işlemi, ürünün su içeriğini azaltarak yalnızca mikrobiyal bozulma ve enzimatik aktiviteyi sınırlamakla kalmaz, aynı zamanda gıdanın aroma ve lezzetini de etkilemektedir (Du ve ark., 2024). Gıdaların kurutulmasında güneş ışığında, etüvde ve mikrodalgada kurutma gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Nurhaslina ve ark., 2021).

Gıda artıklarının katma değerli ürün olarak değerlendirilmesi son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Kerevizin genel olarak kullanılmayan sap ve yapraklarının değerlendirilmesi, gıda israfının azaltılması ve sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır. Genellikle değerlendirilmeden atılan bu kısımlar, aroma bileşenleri açısından potansiyel bir kaynaktır. Önceki çalışmalarda kerevizin atık olarak ifade edilen yan ürünlerini değerlendirmek için bunların aroma kaynağı (D'Antuono ve ark., 2002), fonksiyonel gıda bileşeni (Sowbhagya, 2019; Bas-Bellver ve ark., 2020; Beltrán Sanahuja ve ark., 2021; Aşkın Uzel, 2022) olarak kullanımları incelenmiştir. Bu çalışmada, atık olarak değerlendirilen kereviz sap ve yapraklarının kurutularak baharat ya da aroma verici olarak kullanım potansiyelinin araştırılması amacıyla etüvde ve güneşte olmak üzere farklı kurutma yöntemleri uygulanarak aroma profili belirlenmiş ve

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

kurutma işleminin aroma bileşenleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ayrıca, örneklerin güçlü aroma bileşiklerini değerlendirmek için koku aktivite değerleri (Odor Activity Value, OAV) bu çalışmayla ilk kez belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada, atık değerlendirme amacıyla yumru kerevizin (*Apium graveolens* L. rapaceum) sap ve yaprakları (Şekil 1.) Adana ili, yöresel pazardan 2025 yılında temin edilmiştir. Kerevizin, sağlıklı yaprak ve sapları ayıklanarak bol su ile yıkanmış ve nemi alınarak yaklaşık 5-6 cm uzunluğunda kesilerek kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi uygulanmadan önceki sap ve yaprakların nem içeriği, infrared nem tayin cihazı (Adam, PMB53, USA) kullanılarak 105°C'de analiz edilmiş ve örneklerin nem içeriği ortalama %89.55±1.69 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kerevizin sap ve yaprakları

Yöntem

Kurutma İşlemi

Kerevizin sap ve yaprakları etüvde ve güneşte kurutma olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak İnan-Çınkır ve ark. (2024) tarafından belirtilen yöntemlere göre kurutulmuştur. Güneşte kurutma için küçük parçalara ayrılan örnekler, filtre kâğıdına serilerek doğrudan güneş altında kurumaya bırakılmıştır. Bu işlem ortalama bağıl nemi yaklaşık %63 olan Mart ayında gerçekleştirilmiş ve toplam kuruma süresi 40 saat olarak belirlenmiştir. Etüvde kurutmada, 50°C sıcaklıktaki etüv (Memmert UN 110, Almanya) kullanılarak yaklaşık 24 saat süren bir kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki kurutma

işleminde de örneklerin ağırlıkları sabit ağırlığa gelene kadar kurutma yapılmış olup, etüvde kurutulan örneklerin nem içeriği ortalama %9.3; güneşte kurutulan örneklerin nem içeriği ise ortalama %9.8 olarak belirlenmiştir.

Aroma Maddeleri Ekstraksiyonu

İki farklı yöntemle kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarının aroma profilinin belirlenmesi için taşıyıcı ve tuzak (purge and trap) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, aroma maddeleri taşıyıcı azot gazı yardımıyla reçine (Lichrolut EN) içeren kartuşlardaki tuzağa tutturularak gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş örnekler öğütülerek boyutu küçültülmüş ve yaklaşık 3 g alınarak 20 ml hacimdeki cam viallere konulmuştur. Her bir vialin üzerine iç standart olarak 5 µl 4-nonanol eklenmiş, ardından kapakları kapatılmıştır. Kapaklara, biri taşıyıcı gaz girişi, diğeri ise tuzak bağlantısı için olmak üzere iki delik açılmıştır. Tuzaklar, viallere yerleştirilmeden önce 6 ml diklorometan çözgeni ile yıkanarak şartlandırılmıştır. Azot gazı akışına başlanmadan önce, örnekler 60°C sıcaklığındaki su banyosunda 10 dakika bekletilmiş ve ardından, her bir vial üzerinden dakikada 500 ml akış hızında azot gazı geçirilerek aroma bileşenlerinin tuzaklarda tutulması sağlanmıştır. Örnekler, azot gazı eşliğinde 60°C'deki su banyosunda 90 dakika boyunca bekletildikten sonra, aroma bileşenlerini tutan tuzaklar çıkarılarak 12 ml diklorometan ile yıkanmış ve aroma maddelerinin bu çözgene geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra, çözgen susuz sodyum sülfat kullanılarak su içeriğinden arındırılmış ve aroma bileşiklerini içeren ekstrakt, Vigreux damıtma kolonu ile 50°C'lik su banyosunda 0.5 ml'ye kadar konsantre edilmiştir. Elde edilen konsantre aroma ekstraktı, insert viallere aktarılmış ve gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) analizine kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir (Guclu ve ark., 2021; Kilic-Buyukkurt ve ark., 2025).

Aroma maddelerinin GC-MS analizi

Aroma bileşiklerini tanımlamak ve miktarlarını belirlemek için bir Shimadzu Nexis GC-2030 gaz kromatografisi ve bir alev iyonizasyon dedektörü (FID) ile DB-Wax kolonu (30 m uzunluk × 0.25 mm iç çap × 0.5 m kalınlık, J&W Scientific, Folsom, CA, ABD) olan bir

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

Shimadzu GC-MS-QP2020 NX kütle spektrometresi kullanılmıştır. Analiz sırasında enjektör sıcaklığı 220°C, dedektör sıcaklığı ise 250°C olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklık programı ise şu şekilde uygulanmıştır: Başlangıçta 60°C'de 3 dakika bekletilmiş, ardından sıcaklık dakikada 2°C artışla 220°C'ye çıkarılmış ve sonrasında dakikada 3°C artışla 245°C'ye ulaşılmıştır. Bu sıcaklıkta 20 dakika süreyle sabit tutulmuştur. Cihaza 2 µl örnek enjekte edilmiş olup, taşıyıcı gaz olarak 1.5 ml/dakika akış hızına sahip helyum kullanılmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları 250°C'de sabitlenmiştir. Aroma maddelerinin tanımlanmasında kullanılan kütle spektrometresinde enjektör tipi ve sıcaklık programı aynı koşullarda kullanılmıştır. Kütle spektrometresinde iyonlaşma enerjisi 70 eV olarak belirlenmiş; iyon kaynağı 250°C, kuadropol ünitesi ise 120°C sıcaklıkta çalıştırılmıştır. Cihaz, her saniyede bir olmak üzere 30 ile 300 kütle/yük (m/z) aralığında tarama yapacak şekilde ayarlanmıştır. Piklerin tanımlanması, standart bileşikler için standart çözümlerin enjeksiyonu ile gerçekleştirilirken, standardı bulunmayan bileşiklerin tanımlanması, tutulma indekslerinin ve kütle spektrumlarının ticari bir spektrum veri tabanı (Wiley 11, NBS 75 k) ve cihazın dahili kütüphanesiyle karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. Bileşiklerin tutulma indeksleri n-alkan (C₈–C₃₂) serisi kullanılarak hesaplanmıştır. Tanımlama işlemi tamamlandıktan sonra, aroma bileşiklerinin konsantrasyonları iç standart yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar, üç tekrarın ortalamaları alınarak verilmiştir (Dagli ve ark., 2022).

Koku Aktivite Değerlerinin Hesaplanması

Uçucu bileşiklerin kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarının genel aroması üzerindeki etkisini değerlendirmek için koku aktivite değerleri (Odor Activity Value, OAV) belirlenmiştir. Bu değer, aroma bileşiklerinin konsantrasyonlarının

literatürden alınan koku eşiklerine bölünerek hesaplanmıştır. Sadece OAV değeri 1'den büyük olan aroma bileşikleri kurutulmuş kereviz örneklerinin aromasına ayrı ayrı katkıda bulunmaktadır (Kelebek ve Selli, 2011).

İstatistiksel Analiz

Elde edilen bulgular SPSS paket program (v.23.0, SPSS Inc., Chicago, IL) kullanılarak bağımsız örnekler t-testine tabi tutulmuş ve %95 güven düzeyinde anlamlılık sınırı kabul edilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama ± standart hata şeklinde verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Aroma Maddeleri

Güneşte ve etüvde kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarının aroma bileşiklerinin ekstraksiyonunda taşıyıcı ve tuzak yöntemi kullanılmıştır. Kurutulmuş örneklerde duysal özellikleri etkileyen en önemli faktörlerden biri aroma maddeleridir ve farklı kurutma yöntemleri kullanılarak aroma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kurutulan kereviz sap ve yapraklarındaki aroma bileşikleri, alıkonma indeksleri (LRI) ve miktarları Çizelge 1.'de verilmiştir. Buna göre her iki yöntemle kurutulmuş örnekte toplam 17 aroma bileşiği tanımlanmıştır. Bu bileşikler sınıflandırıldığında, sekiz adet monoterpen bileşiği, dört adet seskiterpen bileşiği, iki adet ftalid bileşiği, bir adet monoterpenoid bileşiği, bir adet seskiterpenoid bileşiği ve bir adet alkol bileşiğinden oluşmaktadır. Farklı yöntemlerle kurutulan örneklerin toplam aroma maddelerinin çoğunluğunu monoterpenler, ardından alkol, ftalidler ve seskiterpenler oluşturmaktadır. Benzer şekilde yapılan önceki çalışmalarda da çeşitli kereviz örneklerinde bu aroma grupları belirlenmiştir (Kurobayashi ve ark., 2006; Beltrán Sanahuja ve ark., 2021; Turner ve ark., 2021a; Naghneh ve ark., 2023).

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

Çizelge 1. Etüvde ve güneşte kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarının aroma profili

No	LRI ¹	Bileşikler	Konsantrasyon (mg/kg) ²		p ³	Tanımlama ⁴
			Etüv	Güneş		
Monoterpenler						
1	1011	α -Pinen	3.34 $\pm$ 0.03	0.43 $\pm$ 0.04	**	LRI, MS, Std
2	1096	β -pinen	7.07 $\pm$ 0.12	1.85 $\pm$ 0.17	**	LRI, MS, Std
3	1113	Sabinen	1.30 $\pm$ 0.08	0.11 $\pm$ 0.00	**	LRI, MS, Std
4	1167	β -Mirsen	192.32 $\pm$ 18.02	92.26 $\pm$ 4.22	**	LRI, MS, Std
5	1196	Limonen	255.32 $\pm$ 13.53	142.46 $\pm$ 7.00	**	LRI, MS, Std
6	1232	α -Osimen	120.16 $\pm$ 9.30	83.80 $\pm$ 2.97	**	LRI, MS, Std
7	1238	γ -Terpinen	14.73 $\pm$ 0.55	10.22 $\pm$ 0.34	**	LRI, MS, Std
8	1245	(Z)- β -Osimen	9.23 $\pm$ 0.84	6.37 $\pm$ 0.33	**	LRI, MS, Std
Toplam			603.48	337.50		
Seskitерpenler						
9	1585	(E)- β -Karyofilen	0.64 $\pm$ 0.01	0.58 $\pm$ 0.05	**	LRI, MS, Std
10	1680	γ -Kurkümen	1.49 $\pm$ 0.03	1.41 $\pm$ 0.06	öd	LRI, MS, Std
11	1714	β -Selinen	11.93 $\pm$ 0.41	8.67 $\pm$ 0.64	**	LRI, MS, Std
12	1790	α -Kurkümen	0.18 $\pm$ 0.02	0.15 $\pm$ 0.00	*	LRI, MS, Std
Toplam			14.25	10.81		
Ftalidler						
13	2557	3-n-Bütülfalid	2.64 $\pm$ 0.24	2.22 $\pm$ 0.01	*	LRI, MS, Tent
14	2550	Sedanolid	11.89 $\pm$ 1.06	12.11 $\pm$ 1.14	öd	LRI, MS, Tent
Toplam			14.53	14.33		
Monoterpenoid						
15	1705	(E)-Karveil asetat	0.44 $\pm$ 0.02	0.41 $\pm$ 0.04	öd	LRI, MS, Std
Toplam			0.44	0.41		
Seskitерpenoid						
16	1915	Neofitadien	9.62 $\pm$ 0.55	9.75 $\pm$ 0.66	öd	LRI, MS, Tent
Toplam			9.62	9.75		
Alkol						
17	2423	1-Fenilpropanol	26.44 $\pm$ 2.63	22.27 $\pm$ 0.27	*	LRI, MS, Std
Toplam			26.44	22.27		
Genel toplam			668.77	395.07	**	

¹LRI (Linear alıkonma indeksi): DB-WAX kapiler kolon üzerinde hesaplanmıştır.

²Konsantrasyonlar üç tekerrürün ortalaması $\pm$ standart hata ile birlikte mg/kg cinsinden verilmiştir.

³T-testine göre önemli derecede farklıdır. (ö.d.: önemli değil, *:p<0.05, **:p<0.01)

⁴Tanımlama: LRI (Linear alıkonma indeksi); Tent (MS ile tentatif tanımlama); Std (Standart madde ile tanımlama).

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

Her iki yöntemle kurutulmuş örneklerde benzer aroma bileşikleri tespit edilmesine rağmen, kantitatif olarak incelendiğinde önemli farklılık bulunmaktadır. Etüvde kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarında toplam aroma bileşiklerinin miktarı 668.77 mg/kg olarak belirlenirken, güneşte kurutulmuş olan örneğin toplam aroma miktarı 395.07 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Toplam aroma konsantrasyonları incelendiğinde, etüvde kurutulan örneklerin güneşte kurutulanlara kıyasla daha fazla aroma konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Güneşte kurutma işlemiyle kurutulan örneklerin kuruma süresi daha uzun olmasından dolayı aroma konsantrasyonunda azalmalar meydana geldiği düşünülmektedir. Literatürde de

konvektif ısı uygulamasıyla kurutma süresi azalması ve dolayısıyla uçucu bileşenlerin korunduğu belirtilmektedir (Nurhaslina ve ark., 2021). Bulgumuza benzer olarak güneşte kurutulmuş kırmızı biberlerin, tütsülenmiş ve fırında kurutulmuş kırmızı biberlere kıyasla önemli ölçüde daha az miktarda aroma madde içerdiği yapılan çalışmada bildirilmiştir (Martín ve ark., 2017). Yapılan kurutma işleminin, kurutulmuş kereviz örneklerinin aroma konsantrasyonları üzerine oldukça etkili olduğu tespit edilmiş ve yapılan t-testine göre aroma konsantrasyonları arasında genel olarak istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($p<0.01$) bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Etüvde ve güneşte kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarındaki güçlü uçucu bileşiklerin koku eşikleri ve koku aktivite değerleri

No	Bileşik	Koku Eşiği ¹ (mg/kg)	Koku Aktivite Değerleri (OAV) ²		Koku Tanımları
			Etüv	Güneş	
1	α -Pinen	0.006 ^a	556.75	71.91	Taze, çam benzeri
2	β -Pinen	0.14 ^a	50.53	13.20	Odunsu, reçinemsi
3	Sabinen	0.95 ^b	1.37	<1	Otsu, baharatımsı
4	β -Mirsen	0.099 ^b	1942.58	931.92	Otsu, çam benzeri
5	Limonen	1.04 ^b	245.50	136.98	Narenciye benzeri
6	γ -Terpinen	0.26 ^b	56.67	39.32	Odunsu, yeşilimsi
7	(Z)- β -Osimen	0.034 ^c	271.50	187.30	Yeşilimsi, çiçeksi
8	(E)- β -Karyofilen	0.064 ^a	9.97	9.02	Odunsu, Baharatımsı
9	3-n-Bütülfalid	0.001 ^d	2640.00	2216.96	Kereviz benzeri, otsu, yeşilimsi
10	Sedanolid	2 ^c	5.95	6.06	Kereviz benzeri, baharatımsı

¹: Koku Eşiği (Odor Threshold, ppm): Sudaki koku eşiği değerleri literatürden alınmıştır (^a: Pino ve Mesa, 2006; ^b: Boonbumrung ve ark. 2001; ^c: Tamura ve ark. (2001); ^d: van Gemert, (2011)).

²: Koku Aktivite Değerleri (Odor Activity Value, OAV): Bileşiklerin konsantrasyonlarının koku eşiği değerlerine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Çizelge 2., OAV değeri 1'den büyük olan bileşikler, literatürden alınan koku algı eşik değerlerini ve duyuşal koku tanımlarını göstermektedir. Aroma bileşiklerinin genel kurutulmuş kereviz örneklerinin aroması üzerindeki etkisini değerlendirmek için OAV'ler her bileşiğin konsantrasyonunun koku algılama eşiklerine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Buna göre, etüvde kurutulmuş örnekte 10, güneşte kurutulmuş örnekte 9 adet aroma bileşiğinin OAV'si 1'den büyük olarak saptanmıştır. Bu bileşikler, karşılık gelen koku eşik değerlerinden daha yüksek konsantrasyonlardadır ve muhtemelen her iki kurutulmuş örneğin genel

aromasına katkıda bulunmaktadır. OAV'ler, gıdanın içerisinde bulunan bir aroma bileşiğinin kokuya olan katkısını, diğer bir ifade ile ne kadar güçlü algılandığını, o bileşiğin gıdadaki koku eşiğine dayanarak göstermektedir (Frauendorfer ve Schieberle 2006). Çizelge 2.'deki OAV sonuçlarına göre, kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarının aromasına en büyük katkıyı sağlayanlar ftalidler, monoterpenler ve seskiterpen bileşikleridir.

Monoterpenler

Monoterpenler, kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarındaki uçucu fraksiyonun niceliksel ve niteliksel olarak temel grubunu temsil

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. *rapaceum*) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

etmektedir (Çizelge 1.). Etüvde kurutulan örnekte toplam monoterpen konsantrasyonu 603.48 mg/kg iken güneşte kurutulan örnekte ise 337.50 mg/kg olarak saptanmıştır. Her iki örnekte de α -pinen, β -pinen, sabinen, β -mirsen, limonen, α -osimen, γ -terpinen ve (Z)- β -osimen olmak üzere toplam 8 adet monoterpen bileşiği tespit edilmiştir. Bu bileşikler arasında en fazla miktarda bulunan aroma bileşiği limonen olup bunu β -mirsen ve α -osimen takip etmiştir (Çizelge 1.). Limonen konsantrasyonu, etüvde ve güneşte kurutulan örneklerde sırasıyla 255.32 mg/kg ve 142.46 mg/kg olarak belirlenmiştir. Etüvde ve güneşte kurutulan örneklerde β -mirsen içeriği sırasıyla 192.32 mg/kg ve 92.26 mg/kg olarak saptanırken; α -osimen içeriği ise 120.16 mg/kg ve 83.80 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde önceki çalışmalarda kereviz esansiyel yağının temel aroma bileşiğinin limonen olduğu bildirilmiştir (Philippe ve ark., 2002; Xu ve ark., 2023). Limonen, β -pinen, ve β -mirsen bileşiklerinin kereviz esansiyel yağının önemli bileşiklerinden olduğu yapılan bir çalışmada bildirilmiştir (Lu ve ark., 2011). Farklı genotip ve olgunluk aşamasındaki kereviz örneklerinde de limonen en baskın aroma bileşiği olarak tespit edilmiştir (Turner ve ark., 2021a). Bir başka çalışmada ise atık olarak değerlendirilen kereviz sap ve köklerinde de monoterpenlerin temel aroma grubu olduğu ve limonenin en baskın bileşik olduğu bildirilmiştir (Beltrán Sanahuja ve ark., 2021). Genel olarak monoterpen içerikleri incelendiğinde güneşte kurutulan örneklerde, etüvde kurutulan örneklere kıyasla daha az konsantrasyonda aroma bileşiği tespit edildiği belirlenmiştir. Yapılan t-testine göre kurutma işleminin tüm monoterpen bileşiklerini konsantrasyonu üzerine istatistiksel ($p < 0.01$) olarak önemli düzeyde etki ettiği saptanmıştır. Kereviz örneklerinin aroma profilinin farklılık göstermesi uygulanan kurutma işleminin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu konu ile ilgili olarak önceki çalışmalarda farklı uçucu bileşik kompozisyonlarının, farklı olgunluk ve çeşit, hasat zamanı, farklı kısımların kullanımı (yaprak, sap, kök vb.), ekstraksiyon ve işleme koşulları gibi çeşitli faktörler nedeniyle farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Reale ve ark., 2021; Turner ve ark., 2021a; Xu ve ark., 2023).

Monoterpenler, etüvde kurutulan kereviz sap ve yaprakların aroma profilinin yaklaşık %90'nın; güneşte kurutulanların ise yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır. Literatürde, monoterpenlerin çeşitli kereviz genotiplerinde bildirilen en bol bileşikler olduğu gösterilmiştir (Reale ve ark., 2021; Turner ve ark., 2021b; Naghneh ve ark., 2023). Benzer şekilde, Estonya'da yetiştirilen kerevizden elde edilen esansiyel yağın aroma profilinin büyük kısmını (%85.3) monoterpenlerin oluşturduğu bildirilmiştir (Orav ve ark., 2003). Monoterpen bileşikler, yüksek koku eşiği değerleri nedeniyle yalnızca sınırlı koku aktivitesinden sorumludurlar (Kelebek ve Selli, 2011). OAV sonuçları incelendiğinde (Çizelge 2.), bu gruptan kurutulmuş kereviz örneklerinin aromasına en büyük katkıda bulunanlar, büyük ihtimalle β -mirsen, limonen, α -pinen ve (Z)- β -osimen'dir. β -Mirsen, güçlü OAV'si (etüvde kurutulan için 1942.58 ve güneşte kurutulan için 931.92) ile otsu, çam benzeri kokular sağlayarak her iki örneğin aromasına önemli katkıda bulunmaktadır. Bu bileşiğin örneklerdeki konsantrasyonu, bildirilen 0.099 mg/kg (Boonbumrung ve ark., 2001) koku eşiği değerinden önemli ölçüde yüksektir.

Etüvde kurutulmuş örnek için β -mirsen'den sonra en yüksek OAV'ye sahip aroma bileşiği 556.75 ile α -pinen, taze çam benzeri kokular sağlarken, bunu takiben sırasıyla (Z)- β -osimen (yeşilimsi, çiçeksi, OAV: 271.50) ve limonendir (narenciye benzeri, OAV: 245.50). Güneşte kurutulmuş kereviz örneğinde ise OAV açısından β -mirsen'den sonraki önemli monoterpen bileşiklerini sırasıyla (Z)- β -osimen (OAV: 187.30) ve limonendir (OAV: 136.98). Önceki bir çalışmada özellikle limonenin, kerevizin narenciye, limon ve taze aromalarına en fazla katkıda bulunan terpen olduğu bildirilmiştir (Beltrán Sanahuja ve ark., 2021).

OAV açısından önemli olan diğer monoterpen bileşiklerini, odunsu, reçinems kokulara sahip β -pinen ve odunsu, yeşilimsi kokulara sahip olan γ -terpinen'dir (Çizelge 2.). Etüvde ve güneş altında kurutulan örneklerde, γ -terpinen için OAV değerleri sırasıyla 56.67 ve 39.32, β -pinen için ise 50.53 ve 13.50 olarak belirlenmiştir. Bu bileşiklerin kurutulmuş kereviz örneklerinin

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. *rapaceum*) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

genel aromasına küçük bir katkıda bulunduğu; güneşte kurutulmuş örneklerde ise bu katkının etüvde kurutulmuş örneklerle göre daha az olduğu belirlenmiştir. Başka bir monoterpen olan sabinen, etüvde kurutulmuş kereviz örneğinde düşük OAV'ye (1.37) sahip olduğu ve bu nedenle kurutulmuş kereviz örneğinin kokusuna otsu, baharatımsı kokularla oldukça küçük bir katkıda bulunabileceği tespit edilmiştir. Aynı bileşiğin güneşte kurutulmuş örnekte OAV değeri 1'den küçük olduğu için kokuya katkısı bulunmamaktadır.

Alkoller

Kurutulan örneklerde tespit edilen bir diğer önemli aroma grubu alkollerdir. Bu gruba ait olan bir adet 1-fenilpropanol bileşiği tespit edilmiştir. Monoterpenlerden sonra en yüksek miktarda tespit edilen bu bileşiğin örneklerdeki konsantrasyonu etüvde kurutulmuş örnekte 26.44 mg/kg iken güneşte kurutulmuş örnekte ise 22.27 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Monoterpenlerde olduğu gibi güneşte kurutulmuş örneklerde daha az miktarda tespit edilmiş ve istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Ftalidler

Kereviz örneklerinde belirlenen önemli bir aroma grubu da ftalidlerdir. Bu bileşikler, özellikle Apiaceae familyasında doğal olarak bol miktarda bulunan ve biyolojik olarak aktif bileşikler olarak ifade edilmektedir (Karmakar ve ark., 2014). Ftalidlerin, düşük konsantrasyonlarda bulunmalarına rağmen, kerevizin karakteristik aromasında sorumlu olan temel aroma grubu olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Kurobayashi ve ark., 2006; Sellami ve ark., 2012; Dąbrowska ve ark., 2020; Turner ve ark., 2021a). İki farklı kereviz türünün aroma-aktif bileşiklerinin incelendiği bir çalışmada bütülfthalid ve sedanolid bileşiklerinin, kerevizin karakteristik aromasına önemli katkılarda bulunduğu rapor edilmiştir (Qian ve ark., 2025). Etüvde kurutulmuş örnekte toplam ftalid miktarı 14.53 mg/kg, güneşte kurutulmuş örnekte ise 14.33 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Hem etüvde hem de güneşte kurutulmuş örneklerde 3-n-bütülfthalid ve sedanolid olmak üzere 2 adet ftalid bileşiği saptanmıştır. Her iki kurutma yönteminde de en yüksek konsantrasyonda sedanolid bileşiğinin sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak aroma

bileşikleri incelendiğinde güneşte kurutulmuş örneklerin aroma miktarlarında azalmalar görülmektedir. Sedanolid bileşiğinde bu durumun aksine, güneşte kurutulmuş örnekte daha yüksek miktarda tespit edilmiş ancak, istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

OAV sonuçlarına göre (Çizelge 2.), kurutulmuş kereviz örneklerinin genel aromasına en çok katkıda bulunan bileşiğin 3-n-bütülfthalid olduğu belirlenmiştir. En yüksek OAV değeri etüvde kurutulmuş örnek için 2640.00 ve güneşte kurutulmuş örnek için 2216.96 olarak hesaplanmıştır. Kereviz benzeri, otsu, yeşilimsi kokudan sorumlu olan bu bileşiğin konsantrasyonu, literatürde bildirilen 0.001 mg/kg koku eşiği değerinden oldukça yüksektir. 3-n-Bütülfthalid, kerevizdeki temel ftalid bileşiğidir ve kurutulmuş kereviz örneklerinin karakteristik aromasına önemli düzeyde katkıda bulunmaktadır. Bir başka ftalid bileşiğim olan sedanolid ise daha düşük OAV'ye sahip olduğu ($OA_{etüv}: 5.95$, $OA_{güneş}: 6.06$) ve bu nedenle kurutulmuş kereviz örneklerinin kokusuna kereviz benzeri, baharatımsı kokularla küçük katkıda bulunabileceği belirlenmiştir. Kurobayashi ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, gaz kromatografisi-olfaktometri (GC-O) kullanılarak sedanenolid, 3-n-bütülfthalid ve sedanolid'in, kereviz aromasının en ayırt edici bileşenleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, aroma ekstraktı seyreltme analizi (AEDA) yoluyla bu bileşiklerin çiğ kereviz yaprak ve saplarında en bol bulunan aroma-aktif bileşikler olduğu ve bu bileşiklerin kerevize hoş kokulu, yeşil ve baharatlı gibi kokular kazandırdığı bildirilmiştir.

Seskiterpenler

Etüvde ve güneşte kurutulmuş kereviz örneklerinde tespit edilen bir diğer aroma grubu ise seskiterpenlerdir. (*E*)- β -Karyofilen, γ -kurkümen, β -selinen ve α -kurkümen olmak üzere her iki örnekte de toplam 4 adet seskiterpen bileşiği tespit edilmiştir. Etüvde kurutulmuş örnekteki seskiterpen miktarı 14.25 mg/kg iken güneşte kurutulmuş örnekte ise 10.81 olarak saptanmıştır. Seskiterpen bileşikler arasında en yüksek konsantrasyonda tespit edilen bileşik her iki örnekte de β -selinen olarak belirlenmiştir. β -Selenin bileşiği kereviz esansiyel

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

yağının aroma profilinin belirlendiği bir çalışmada majör bileşik olarak tespit edilmiştir (Philippe ve ark., 2002). Önceki çalışmalarda benzer şekilde (*E*)- β -karyofilen ve β -selinen temel seskiterpen bileşikler olarak farklı kereviz çeşitlerinde ve kısımlarında tespit edilmiştir (Ehiabhi ve ark., 2006; Reale ve ark., 2021; Turner ve ark., 2021a).

Çizelge 2.'de verilen OAV sonuçlarına göre, (*E*)- β -karyofilen odunsu ve baharatımsı kokular sağlayarak hem etüvde (OAV: 9.97) hem de güneşte (OAV: 9.02) kurutulmuş kereviz örneklerinin genel aromasına küçük bir katkıda bulunduğu bulunmuştur. Önceki bir çalışmada, seskiterpen bileşiklerin farklı genotip ve olgunluktaki kereviz örneklerinin aromasına odunsu, bitkisel ve çiçeksi kokular sağladığı bildirilmiştir (Turner ve ark., 2021a).

Diğer aroma grupları

Son olarak farklı yöntemlerle kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarında 1 adet monoterpenoid ((*E*)-karveil asetat) ve 1 adet seskiterpenoid (neofitadien) bileşiği tespit edilmiştir. (*E*)-Karveil asetat bileşiği her iki örnekte de iz miktarda tespit edilmiştir. Neofitadien ise etüvde ve güneşte kurutulmuş örneklerde sırasıyla 9.62 ve 9.75 mg/kg olarak saptanmıştır. Terpenoid bileşiklerin yüksek koku eşiği değerleri nedeniyle kurutulmuş kereviz örneklerinin genel aromasına katkıda bulunmadığı belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde kurutulmuş kereviz sap ve yaprakların aromasına taze, bitkisel, odunsu ve narenciye benzeri kokular ile en büyük katkıyı yapan aroma grubu terpenlerdir. Bunlar arasında limonen, örneklerin baskın uçucu bileşeni olmasına rağmen, kurutulmuş kerevizin sap ve yaprak aromasının karakteristik kokusundan sorumlu olanlar, kerevizin kendine özgü bitkisel ve baharatlı aromasını sağlayan sedanolid, 3-n-bütülfalid gibi ftalidlerdir.

Sonuç

Bu çalışmayla, genellikle atık olarak değerlendirilen kerevizin sap ve yaprakları kurutularak elde edilen kuru ürünün aroma profili ortaya konmuş; böylece hem atıkların değerlendirilmesine katkı sağlanmış hem de bu

kuru ürünün potansiyel bir baharat olarak kullanımının mümkün olabileceği gösterilmiştir. Mevcut çalışmada, GC-MS kullanılarak iki farklı yöntemle (etüv ve güneş) kurutulmuş kereviz sap ve yapraklarının aroma profilleri belirlenmiştir. Her iki yöntemle kurutulmuş örneklerin aromatik ekstraktında toplam 17 aroma bileşiği tanımlanmış ve miktarları belirlenmiştir. Monoterpenler, seskiterpenler ve ftalidler başlıca aroma bileşik türleri olarak tespit edilmiştir. Her iki yöntemle kurutulan örneklerin aroma profillerinin oldukça benzer olduğu ancak kantitatif olarak farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre, etüvde kurutulan kereviz örneklerinin, güneşte kurutulanlara kıyasla, daha yüksek aroma konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Kurutma yöntemlerinin kerevizin aromasına katkısı açısından, OAV'lere göre toplam 10 bileşik öne çıkmıştır. Bu bileşikler arasında, 3-n-bütülfalid ve β -mirsen her iki yöntemle kurutulan kereviz örneklerinin aromasına en güçlü katkıda bulunan bileşikler olarak tespit edilmiştir. En yüksek OAV'ye etüvde kurutulan örneklerin sahip olduğu ve dolayısıyla güneşte kurutulan kereviz örneğine kıyasla daha güçlü kokuya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, aroma kalitesinin korunması açısından etüvde kurutma yönteminin daha avantajlı olduğu düşünülmekte ve bu konuyla ilgili olarak yapılacak benzer çalışmalar için bu yöntemin tercih edilebileceği düşünülmektedir.

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

Kaynaklar

- Aşkın Uzel, R. (2022) Sustainable green technology for adaptation of circular economy to valorize agri-food waste: celery root peel as a case study. *Manag. Environ Qual Int J* 34 (4):1018-1034.
- Bas-Bellver, C., Barrera, C., Betoret, N., Seguí, L. (2020) Turning agri-food cooperative vegetable residues into functional powdered ingredients for the food industry. *Sustain* 12:1–15.
- Beltrán Sanahuja, A., Ponce Landete, M., Domingo Martínez, M. I., Prats Moya, M. S., Valdés García, A. (2021) Optimization of volatile compounds extraction from industrial celery (*Apium graveolens*) by-products by using response surface methodology and study of their potential as antioxidant sources. *Foods* 10:2664.
- Boonbumrung S., Tamura H., Mookdasanit J., Nakamoto, H., Ishihara, M., Yoshizawa, T., Varayanond, W. (2001) Characteristic aroma components of the volatile oil of yellow keaw mango fruits determined by limited odor unit method. *Food Sci Technol Res* 7(3):200-206.
- Dąbrowska, J. A., Kunicka-Styczyńska, A., Śmigielski, K. B. (2020) Biological, chemical, and aroma profiles of essential oil from waste celery seeds (*Apium graveolens* L.), *J Essent Oil Res* 32(4):308-315.
- Dagli, M. M., Yeldan, P. A., Sevindik, O., Guclu, G., Kelebek, H., Selli, S. (2022) Investigation of aroma compounds of queen anne's pocket melon (*Cucumis melo* L. ssp. dudaim) juice. *J Raw Mater Process Foods*, 3(2):74-82.
- D'Antuono, L.F., Neri, R., Moretti, A. (2002) By-products of vegetable celery (*Apium graveolens* L. var. dulce) as potential source of flavours. *Acta Horti* 576:327–331.
- Du, Y., Zhao, Y., Zhao, T., Yang, X., Qin, Y., Fu, M. (2024) Influences of drying conditions on quality attributes, taste and volatile compounds of celery leaves. *Hortic* 10(12):1316.
- Ehiabhi, O., Edet, U., Walker, T., Schmidt, J., Setzer, W., Ogunwande, I., Essien, E., Ekundayo, O. (2006) Constituents of Essential Oils of *Apium graveolens* L., *Allium cepa* L., and *Voacanga africana* Staph. from Nigeria. *J Essent Oil-Bear Plants* 9(2):126–132.
- Frauendorfer, F., Schieberle, P. (2006) Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations. *J Agric Food Chem* 54:5521–5529.
- Godlewska, K., Pacyga, P., Michalak, I., Biesiada, A., Szumny, A., Pachura, N., Piszcz, U. (2020) field-scale evaluation of botanical extracts effect on the yield, chemical composition and antioxidant activity of celeriac (*Apium graveolens* L. Var. rapaceum). *Molecules* 25(18):4212.
- Guclu, G., Keser, D., Kelebek, H., Keskin, M., Emre Sekerli, Y., Soysal, Y., Selli, S. (2021) Impact of production and drying methods on the volatile and phenolic characteristics of fresh and powdered sweet red peppers. *Food Chem*, 338:128129.
- Han, L., Gao, X., Xia, T., Zhang, X., Li, X., Gao, W. (2019) Effect of digestion on the phenolic content and antioxidant activity of celery leaf and the antioxidant mechanism via Nrf2/HO-1 signaling pathways against Dexamethasone. *J Food Biochem* 43(7):e12875.
- Karmakar, R., Pahari, P., Mal, D. (2014) Phthalides and Phthalans: Synthetic methodologies and their applications in the total synthesis. *Chem Rev* 114:6213-6284.
- Kelebek, H., Selli, S. (2011) Determination of volatile, phenolic, organic acid and sugar components in a Turkish cv. Dortyol (*Citrus sinensis* L. Osbeck)

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

- orange juice. *J Sci Food Agric* 91(10):1855-1862.
- Kilic-Buyukkurt, O., Guclu, G., Keskin, M., Kelebek, H., Selli, S. (2025) Comparative study of the aroma profiles and bioactive properties of cooked and uncooked regular and firik bulgurs. *Cereal Chem* 102(3):595-601.
- Khalil, A., Nawaz, H., Ben Ghania, J., Rehman, R., Nadeem, F. (2015) value added products, chemical constituents and medicinal uses of celery (*Apium graveolens* L.) - A review. *IJCBS* 8:40-48.
- Kurobayashi, Y., Kouno, E., Fujita, A., Morimitsu, Y., Kubota, K. (2006) Potent odorants characterize the aroma quality of leaves and stalks in raw and boiled celery. *Biosci Biotechnol Biochem* 70(4):958-965.
- Liu, J., Cheng, C., Zhang, Z., Yang, S., Zhang, X. (2021) Optimization of celery leaf tea processing and the volatile components analysis. *J Food Process Preserv* 45(3):e15253.
- Lu, Z. G., Li, W., Wang, P. J. (2011) Chemical composition and ability of scavenging DPPH radical of essential oil and residue from the celery seed. *Adv Mater Res* 183-185:18-21.
- Martín, A., Hernández, A., Aranda, E., Casquete, R., Velázquez, R., Bartolomé, T., Córdoba, M. G. (2017) Impact of volatile composition on the sensorial attributes of dried paprikas. *Food Res Int* 100:691-697.
- Momin, R. A., Nair, M. G. (2002) Antioxidant, cyclooxygenase and topoisomerase inhibitory compounds from *Apium graveolens* Linn. seeds. *Phytomed* 9:312-318.
- Motti, P., Bastiaens, L., Geelen, D., Mangelinckx, S. (2024) An exploratory study of extractions of celery (*Apium graveolens* L.) waste material as source of bioactive compounds for agricultural applications. *Ind Crops Prod* 218:118848.
- Naghneh, N. S., Rafiei, F., Shahbazi, E., Gheisari, M. M. (2023) Variation of volatile compounds in celery through different vegetative stages. *Plant Physiol Rep* 28:476-480.
- İnan-Çinkır, N., Süfer, Ö., Pandiselvam, R. (2024) Kinetic and artificial neural network modeling of dried black beauty eggplant (*Solanum melongena* L.) slices during rehydration. *J Food Process Eng* 47(3):e14567.
- Nurhaslina, C., Andi Bacho, S., Mustapa, A. (2021) Review on drying methods for herbal plants. *Mater Today Proc* 63:122-139.
- Orav, A., Kailas, T., Jegorova, A. (2003) Composition of the essential oil of dill, celery, and parsley from Estonia. *Proc Estonian Acad Sci Chem* 54(4):147-154.
- Philippe, J., Suvarnalatha, G., Sankar, R., Suresh, S. (2002) Kessane in the Indian celery seed oils. *J Essent Oil Res* 14(4):276-277.
- Pino, J. A., Mesa, J. (2006) Contribution of volatile compounds to mango (*Mangifera indica* L.) aroma. *Flavour Fragr J* 21(2):207-213.
- Qian, C., Zou, L., Tan, W. K., Ong, C. N. (2025) Characterization of aroma active components of four apiaceae vegetable varieties by gas chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry/olfactometry and chemometrics. *Anal Lett* 1-19.
- Reale, S., Di Cecco, V., Di Donato, F., Di Martino, L., Manzi, A., Di Santo, M., D'Archivio, A. A. (2021) Characterization of the volatile profile of cultivated and wild-type Italian celery (*Apium graveolens* L.) varieties by HS-SPME/GC-MS. *Appl Sci* 11:5855.

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kereviz (*Apium graveolens* L. rapaceum) Sap ve Yapraklarının Aroma Profili Üzerine Etkisi

- Sellami, I. H., Bettaieb, I., Bourgou, S., Dahmani, R., Limam, F., Marzouk, B. (2012) Essential oil and aroma composition of leaves, stalks and roots of celery (*Apium graveolens* var. dulce) from Tunisia. *J Essent Oil Res* 24(6):513–521.
- Sowbhagya, H.B. (2019) Value-added processing of by-products from spice industry. *Food Qual Saf* 3:73-80.
- Sun, Y., Li, M., Li, X., Du, J., Li, W., Lin, Y., Zhang, Y., Wang, Y., He, W., Chen, Q., Zhang, Y., Wang, X., Luo, Y., Xiong, A., Tang, H. (2023) Characterization of volatile organic compounds in five celery (*Apium graveolens* L.) cultivars with different petiole colors by HS-SPME-GC-MS. *Int J Mol Sci* 24:13343.
- Tamura, H., Boonbumrung, S., Yoshizawa, T., Varanyanond, W. (2001) The volatile constituents in the peel and pulp of green Thai mango, Khieo Sawoei cultivar (*Mangifera indica* L.), *Food Sci Technol Res* 7:72-77.
- Turner, L., Dawda, D., Wagstaff, C., Gawthrop, F., Lignou, S. (2021a) Influence of harvest maturity on the aroma quality of two celery (*Apium graveolens*) genotypes. *Food Chem* 365:130515.
- Turner, L., Lignou, S., Gawthrop, F., Wagstaff, C. (2021b) Investigating the relationship of genotype and climate conditions on the volatile composition and sensory profile of celery (*Apium graveolens*). *Foods* 10(6):1335.
- Xu, C., Li, Q., Wang, N., Liu, D., Guo, C. (2023) Identifying and discriminating aroma attribute and bioactive components of five commercial essential oils of celery (*Apium graveolens* L.) seeds using E-nose, HS-GC-IMS, and GC-MS. *LWT* 184:115094.
- Van Gemert, L. J. (2011) Compilation of odour threshold values in air and water (Second Edition), National Institute for Water Supply, Voorburg, and Central Institute for Nutrition and Food Research TNO, Zeist, The Netherlands.
- Yan, J., Wang, H., Wang, Y., Xu, S., Wang, Y. H., He, L. F., Yu, L., Zhu, W. M. (2021) Integrated metabolome and transcriptome analysis reveals candidate genes involved in metabolism of terpenoids and phthalides in celery seeds. *Ind Crops Prod* 172:114011.



Araştırma Makalesi

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

Emine YILDIRIM¹ Asime Filiz ÇALIŞKAN KEÇE*¹ Mehmet Rifat ULUSOY¹

ABSTRACT

It has been determined that *Thrips tabaci* and *Frankliniella occidentalis*, which have caused economic damage in onion production in recent years, *Thrips vulgatissimus*, *Melanthrips fuscus*, *Haplothrips reuteri* and *Rhipidothrips gratiosus* species are harmful to onions. Population development of these species was studied in three different regions of Adana (Sarıçam, Yüreğir, Karataş) between October 2017 and May 2018. It was determined that the most common and harmful thrips species in onion cultivation areas were *T. tabaci* at 81%, followed by *F. occidentalis* at 18%, while other species were found at a rate of only 1%. The population density of thrips was found to be high in all three onion fields. The reason for the high density of these pests in the onion fields was interpreted as their coming between the onion leaves for both wintering and feeding purposes.

Keywords: Onion, *Thrips tabaci*, population development, Adana/Türkiye

Adana İli Soğan Ekiliş Alanlarında Zararlı Olan Thrips Türlerinin Popülasyon Gelişmesi

ÖZ

Soğan üretiminde son yıllarda ekonomik zarara oluşturan *Thrips tabaci* ve *Frankliniella occidentalis* ile *Thrips vulgatissimus*, *Melanthrips fuscus*, *Haplothrips reuteri* ve *Rhipidothrips gratiosus* türlerinin de soğanlarda zararlı olduğu tespit edilmiştir. Bu türlerin popülasyon gelişmesi Adana'nın üç farklı yöresinde (Sarıçam, Yüreğir, Karataş) Ekim 2017- Mayıs 2018 tarihleri arasında çalışılmıştır. Soğan ekiliş alanlarında en yaygın görülen ve zararlı olan thrips türlerinin %81 ile *T. tabaci* olduğu ve bunu %18 ile *F. occidentalis*'in izlediği, diğer türlerin ise ancak %1'lik bir oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Thripslerin popülasyon yoğunluğu 3 soğan ekiliş alanında da yüksek bulunmuştur. Bu zararlıların soğan alanlarında yüksek yoğunlukta bulunmalarının nedeni gerek kışlama ve gerekse beslenme amacıyla soğan yapraklarının arasına gelmeleri şeklinde yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Soğan, *Thrips tabaci*, popülasyon takibi, Adana/Türkiye

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-0025-4698, 0000-0002-9330-1958, 0000-0001-6610-1398

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 07.03.2025

Kabul Tarihi: 27.06.2025

¹ Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 01330, Adana, Türkiye

* E-posta: afcalskan@cu.edu.tr

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

Introduction

The first production of the onion (*Allium cepa* L.) dates back to five thousand years ago in ancient Egypt.

The origin of the onion is the Asia Minor Region, where it naturally spreads up to the 50th latitude of the Northern Hemisphere, and its cultivation has spread to very large areas around the world depending on its consumption (Vural et al., 2000). Although onion cultivation is carried out in almost every region and region of our country, the provinces with the highest production are Kırklareli, Balıkesir, Bursa, Amasya, Çorum, Tokat, Kastamonu, Hatay, and Denizli (Vural et al., 2000). The climate demand of the onion plant changes according to the development time. While the plant needs cool weather in the early development stage, it needs temperatures and low humidity for head attachment and growth of the head.

While diseases and weeds are at the forefront of plant protection problems in onion production, harmful species also cause economic losses. Yield loss due to diseases, weeds, and pests varies between 10-50% (Apan, 1972).

Thrips tabaci Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), *Delia antiqua* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae), *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acarina: Acaridae) ve *Bactericera tremblayi* (Wagner) (Hemiptera: Psyllodea: Trioziidae) are one of the important pests that cause economic losses in onions (Straub, 2004; Ulusoy et al., 2016).

In this study, population monitoring of *Thrips tabaci* on onions planted in winter in Adana province was determined to cause damage.

Material and Methods

The main material of this study, which was carried out in winter onion cultivation areas of Adana province, between 2017 and 2018, consisted of thrips species detected on onions and shallot. The study was carried out in three different regions of Adana province (Sarıçam, Yüreğir and Karataş) between September and

May when fresh head onion production is carried out.

Determination of Population Density of Thrips

Population development of onions, specifically *T. tabaci* and other thrips species, was studied in three regions of Adana between October 2017 and May 2018. Each field was divided into 5 equal sub-plots by us according to their size, and sampling was carried out on 5 onion plants from each parcel and a total of 25 plants in the whole field.

All individuals found between two leaves (50 leaves) in the middle part (navel) of onion plants were counted. Counts were carried out in the early morning hours when thrips began to be active. The larvae and adults on each plant were noted separately, and the eggs were not included in the counts because they were in the plant tissue. The population follow-up of the pest was carried out from the date the onion was planted until the last harvest and once a week during the periods when the daily average temperature was above 18 °C, and every two weeks during the periods when the temperature fell below this temperature.

In order to determine the different thrips species thought to be complex in onions and to reveal their proportional changes in the field and the plant, 10 onion plants were randomly taken at each sampling date and brought to the laboratory by placing them in separate paper bags. After the samples were kept in the freezer for a few hours, they were shaken into white cuvettes.

Then, after counting according to their morphological distinctions under a binocular microscope, 10 adults were prepared for diagnosis.

In this way, on the one hand, thrips species that cause damage to the onion were detected, on the other hand, the rate of their presence in the field and on the plant was determined.

The preparation of thrips was made according to Silveria and Haro, (2016), and the diagnoses

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

were made by Çukurova University Plant Protection Department Faculty Member Prof. Dr. Ekrem ATAKAN.

Results and Discussion

It was determined that the species that caused the most damage to onions were *Thrips tabaci* and *Frankliniella occidentalis*, especially *Thrips tabaci*. As a matter of fact, it was determined that the most common 6 thrips species detected in onion fields were *T. tabaci* (81%) and *F. occidentalis* (18%), while the other 4 thrips were only around 1%. Adults and nymphs of thrips species feed on plant sap on leaves, stems, and fruits of plants, the leaves they feed on turn a whitish or silvery color after a while. In this study, it was observed that thrips were intensely present in onion plants, causing discoloration and deformation in onion leaves, but both the economic loss threshold value of 30 thrips/plant number was not reached and a damage situation that required control was not detected. In a similar study, it was stated that *T. tabaci* population was more dominant than *F. occidentalis* among the thrips species detected in the onion fields of İzmir province and the pests did not reach the level of economic damage in the region (Kılıç and Yoldaş, 2012). On the other hand, Minaei and Azemayeshfard (2007) stated in their study that *T. tabaci* is the most important

pest of onions in Iran, that plants prefer leaves rather than flowers and fruits, and they feed there. As a result of our observations, it has been determined that thrips prefer the leaves of the onion plant the most.

Population Monitoring of Harmful Thrips Species in Onion Planting Areas in Adana Province

Population Density of Thrips Species in Karataş Region

In the Solaklı neighborhood of Karataş region, the population density of thrips species was followed at regular intervals in 2017-2018 as specified in the method. Land emergence started with onion planting, and after onion plants emerged, thrips population was encountered, though in very low numbers.

In the field exits, as seen in Figure 1, it was observed that thrips were present in all months when the onion was in the field, and the thrips population increased slowly, then geometrically, with the increase in temperatures after March. As a matter of fact, the highest population density close to harvest was determined in late April with 26.90 thrips/plant/unit in adults and 81.64 thrips/plant/unit in nymphs. With the harvest of onions, the population of thrips dropped to zero (Figure 1, 2).

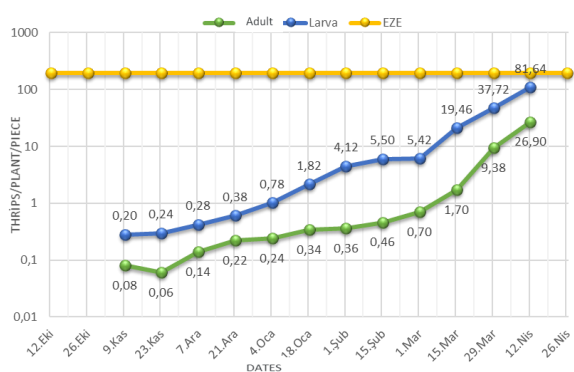


Figure 1. Population fluctuation of *Thrips* species in Karataş region between 2017 and 2018

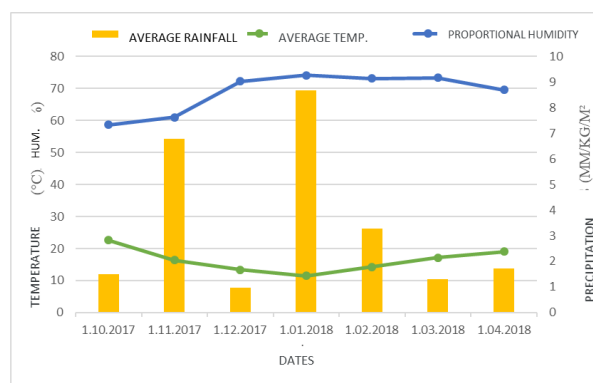


Figure 2. Average temperature (°C), average precipitation (mm), and proportional humidity (%) values of thrips species belonging to Karataş region for the years 2017-2018

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

It was determined that *T. tabaci* (81%), *F. occidentalis* (18%) and other species (*T. vulgatus*, *H. reuteri*) were found at high rates in the Karataş region, around 1%.

In the study, the average temperature, average precipitation, and proportional humidity graphs were drawn by evaluating the climate data of the onion planting areas in which the population change of thrips species was observed for the years 2017-2018 (Figure 2) (Anonymous, 2018). When Figure 2 is examined; in the onion planting areas in the Karataş region, the monthly average minimum temperature is 11.45°C (Min. 8.40 °C; Max. 14.50 °C) in January, with an average minimum precipitation of 0.98 mm/kg per m² (Min. 0.20 mm/kg; Max. 8.60 mm/kg) in December and the lowest average proportional humidity is 58.72% (Min. 34.80%, Max. 79.50%) in November took place in the month. According to the data we obtained throughout the study. The sudden drops and spikes in the thrips population on some dates can be attributed specifically to precipitation. For example; there appears to be a decrease in the adult thrips population (0.02 thrips/plant/piece) between 9 and 23 November.

It was concluded that the decrease was due to the precipitation being 2.0 mm/kg per m² on these dates and therefore the decrease in the ambient temperature.

After this date, a regular increase was observed in the adult population in the period until March 15, 2018, and high increases were detected in the population of adults between the end of March and mid-April.

The reason for this increase is due to the increase in air temperatures since mid-March and the average temperature suitable for the development and reproduction of thrips is 16 °C and above per day.

Although the nymph population of thrips species increased regularly at certain intervals until March 1, it was determined that the nymph population after this date decreased from 5.50 thrips/plant/unit to 5.42 thrips/plant/unit.

The reason for this decrease can be attributed to the fact that the amount of precipitation per m² was 24.4 mm/kg on that date and the corresponding decreases in temperatures. After this date (March 1), an increasing density has

occurred in the nymph population, as in the adult population, due to the fact that the temperature is generally 16 °C and above in the period until the harvest of the onion plant.

Population Density of Thrips Species in Yüreğir Region

In the Misis neighborhood of Yüreğir region, the thrips population was encountered in 2017-2018, although in very low numbers, after the emergence of onion plants. It has been observed that thrips are present in the environment in all months when the onion is in the field, and the thrips population increases regularly with the increase in temperatures after March. As a matter of fact, the highest population density close to harvest was determined in late April with 20.92 thrips/plant/unit in adults and 75.88 thrips/plant/unit in nymphs.

With the harvest of onions, the population of thrips decreased to zero (Figure 3).

It was determined that 80% of *T. tabaci*, 19% of *F. occidentalis*, and other species (*M. fuscus*, *R. graciosus*) were found at high rates in Yüreğir region.

In the study, the average temperature, average precipitation, and proportional humidity graphs were drawn by evaluating together the climate data of 2017-2018 of the onion cultivation areas where the population change of thrips species is monitored (Figure 4) (Anonymous, 2018).

Figure 4. When examined, the average minimum temperature of 10.45 °C (Min. 8.10 °C; Max. 13.30 °C) for the months sampled in the onion planting areas in Yüreğir region, and the average minimum precipitation m² in January to 0.92 mm/kg (Min. 0.20 mm/kg; Max. 8.80 mm/kg) in December and the average lowest proportional humidity is 54.09% (Min. 27.80%; Max. 83.20%) in October.

According to the data we obtained throughout the study; sudden drops and spikes are seen in the thrips population on some dates (Figure 3). For example; A sudden decrease of 0.04 thrips/plant/unit occurred in the adult thrips population between 23 November and 7 December.

The reason for this decrease; with the precipitation of 2.4 mm/kg per m² on this date and the sudden decrease in temperature, the

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

suitable environment for the reproduction and development of thrips disappeared. From this date, until the harvest time of the onion plant, there was a continuous increase in the adult population, albeit slightly, but it increased geometrically from mid-March. Throughout the study, the thrips nymph population in this region has been increasing continuously, albeit slightly, at regular intervals. On March 15-29, when the air temperatures became suitable for the reproduction and development of thrips, significant increases were observed in the nymph population due to the increase in temperature (Figure 4).

Population Density of Thrips Species in Sarıçam Region

In the Balcalı neighborhood of Sarıçam region, in 2017-2018, thrips population was detected, albeit in very low numbers, after the onion plants emerged. As seen in Figure 5, it has been

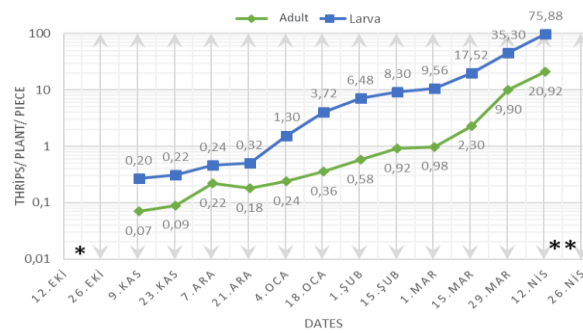


Figure 3. Population fluctuation of Thrips species in Yüreğir region between 2017 and 2018 (***)Graphs are made by taking the average of two-week counts.)

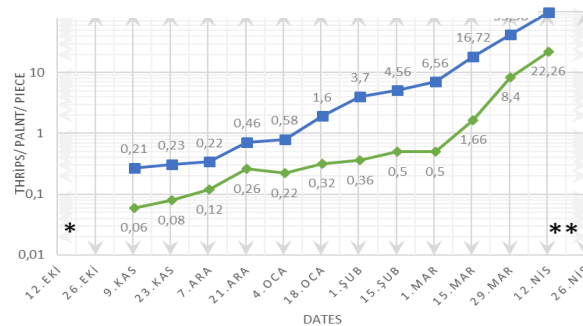


Figure 5. Population fluctuation of Thrips species in the Sarıçam region between 2017 and 2018

observed that thrips are present in all months when the onion is in the field, and the thrips population gradually increases with the increase in temperatures after March. As a matter of fact, the highest population density close to harvest was reached at the end of April with 22.26 thrips/plant/unit in adults and 74.68 thrips/plant/unit in nymphs. With the harvest of onions, the population of thrips has decreased to zero (Figure 5).

It was determined that 80% of *T. tabaci*, 19% of *F. occidentalis*, and other species (*T. vulgatissimus*, *M. fuscus*, *H. reuteri*, *R. gratiosus*) were found at high rates in Sarıçam region.

In the study, the average temperature, average precipitation, and proportional humidity graphs were drawn by evaluating the climate data of 2017-2018 of the onion planting areas where the population change of thrips species is monitored (Figure 6) (Anonymus, 2018)

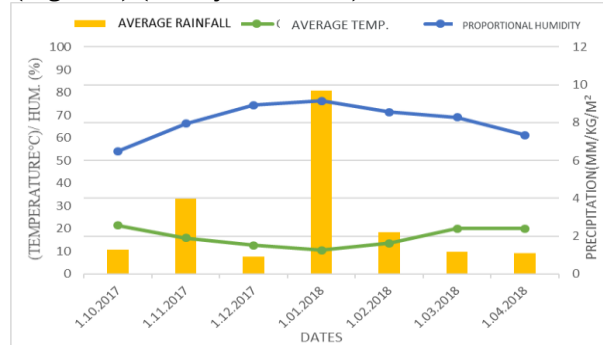


Figure 4. Average temperature (°C), average precipitation (mm), and proportional humidity (%) values of Thrips species belonging to Yüreğir region for the years 2017-2018

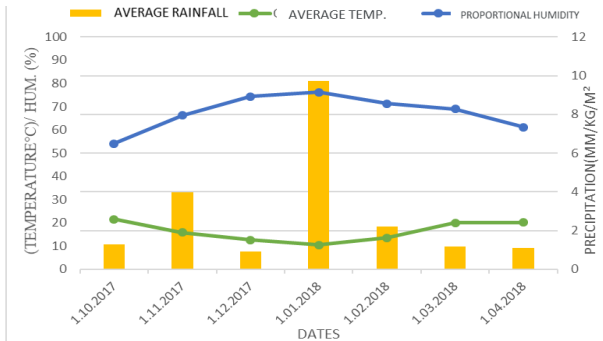


Figure 6. Average temperature (°C), average precipitation (mm), and proportional humidity (%) values of Thrips species belonging to the Sarıçam region for the years 2017-2018

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

When Figure 6 is examined, In the onion planting areas in the Sarıçam region, the lowest average temperature for the months sampled is 10.59 °C (Min. 8.70 °C; Max. 13.70 °C) and the minimum average precipitation is 0.64 mm per m² in January. /kg (Min. m² 0.10 mm/kg; Max. m² 6.90 mm/kg) in December and the lowest proportional humidity 49.62% (Min. 23.00%; Max. 83.40%) took place in October.

When we evaluate the data we obtained throughout the study; sudden decreases and spikes are seen in the thrips population on some dates. For example; Between 21 December and 4 January, a decrease of 0.04 thrips/plant/piece occurred in the adult thrips population. The reason for this decrease; We believe that it was caused by the decrease in temperature with the proportional humidity increase to 80.4% due to the precipitation amount of 54.3 mm/kg per square meter on this date. After this date, there was no increase or decrease in the adult population between February 15 and March 1, and the population remained stable, and it is clearly seen that there was a significant increase in the conditions between March 29 and April 12, as the ambient conditions became suitable for the reproduction and development of thrips. If we look at the thrips nymph population, there was a sudden decrease to 0.01 thrips/plant/number on November 23-7 December. We can say that the reason for this decrease was the decrease in temperature due to the precipitation of 3.7 mm/kg per m² in this region, as in other regions, and therefore, the decrease in the nymph population as a result of the effect of these factors. As in the adult population, significant increases were seen in the nymph population from March 29 to April 12 when temperatures became suitable for reproduction and development of thrips. After these dates, the nymph population continuously

increased at regular intervals until the harvest of the onion plant (Figure 5).

In this study, which was carried out to determine the population density of thrips, it was determined that thrips species were found together in 3 onion planting areas, which were monitored periodically, and that *T. tabaci* was found at a rate of 81% in Karataş region and 80% in Yüreğir and Balcalı regions. It was determined that *F. occidentalis* has a population density of 18% in the Karataş region, and 19% in the Yüreğir and Balcalı regions, while the other species are found in the same environment at a rate of 1%. *T. tabaci* has the highest amount of thrips species, while *F. occidentalis* comes second. According to the analyzes made by evaluating these data, it was determined that the difference detected in the places where the population was followed was statistically insignificant. In this study, it was observed that thrips feed and survive in the mid-core of the onion plant, and in the spring months when the temperatures are suitable for thrips, they move towards the leaves outside the core of the onion. A similar study on the population fluctuation of *T. tabaci* in summer onion planting areas in Bursa and Balıkesir; It has been reported that *T. tabaci* is the dominant species (Sürer, 2006). As a result of the researches carried out in Colorado (USA) between 2004-2005, *T. tabaci* constituted 82.6% - 84.9% of the samples collected in the two seasons in the onion cultivation areas. It has been reported that it is *F. occidentalis* with values of 12.2% - 12.6% (Mahaffey, 2008). Franco et al. (1998) in their study on onions, garlic, and leeks in France; observed thrips species and population density using colored sticky traps to detect thrips population. As a result of the studies, they determined that more than 90% of the species found were *T. tabaci*. It is clearly seen that these studies and the results obtained from this study support each other.

Conclusion

This study highlights the significant presence and impact of *Thrips tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in onion cultivation areas of Adana,

with *T. tabaci* being the dominant species. The findings emphasize the need for targeted pest management strategies to mitigate the economic losses caused by these thrips. While other

Population Development of Thrips Species Harmful in Onion Planting Areas in Adana Province

species were present at minimal levels, their potential role in onion damage should not be overlooked. Future research and integrated pest control measures are essential to ensure sustainable onion production in the region.

References

- Anonymus, 2018. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Apan, H., 1972. Soğanın çevre istekleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1972, 3 (1): 17.
- Franco, S., Beignet, P., Rat Morris, E. and Thibout, E., 1998, Survey of thrips on cultivated wild *Allium* in France. First International workshop on biological, integrated and rational control: Status and perspectives with regardsto regional and European experiences, Lille, France, 21-23 January 1998, 15- 16.
- Kılıç, T., Yoldaş, Z., 2012. İzmir ilinde taze soğan tarlalarında bulunan akar (Acari) türlerinin belirlenmesi. Türkiye Entomoloji Dergisi, 2012, 36 (2):291.
- Mahaffey, L., 2008, Thrips (Thysanoptera: Thripidae) Associated With Onion Transplants Shipped into Colorado. Colorado State University. MS science thesis (unpublished).
- Minaei, K. and Azemayeshfard, P., 2007, Pest thrips in Iran: An introduction Journal of Insect Science (online journal) VIII International Symposium on Thysanoptera and Tospoviruses, September, 2007, Iran, 11-15.
- Straub, R.W., 2004. Onion Arthropod Pest Management. (Web page: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/straub.htm>), (Date accessed: January 2019).
- Sürer, İ., 2006. Bursa Ve Balıkesir İlleri Soğan Üretim Alanlarında Bulunan Arthropod Türlerinin Saptanması Ve Önemli Olanlarının Yoğunluklarının Belirlenmesi Üzerine Çalışmalar. Uludağ Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 99 s.
- Ulusoy, M.R., N., Uygun, H. Başpınar ve A.F. Çalışkan-Keçe, 2016. Sebze Zararlıları. Karahan Kitapevi, ISBN: 978-605-9374-16-3. II. Baskı; Öz Baran Ofset, Adana, 271 s.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 440s.



Research Article

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

Tülin EKER^{1*}, Ayşe Tülin ÖZ²

ABSTRACT

This study used seeds obtained from the Abbas fig variety grown in Kahramanmaraş region. Abbas figs were crushed and their seeds were extracted. After drying, the moisture, ash, and fat content of Abbas fig seeds were determined as 5.78%, 3.88%, and 23.37%, respectively. Abbas fig seeds exhibited a total phenolic content of 533.66 mg GAE/kg DW and a DPPH antioxidant activity of 2.25 µmol TE/g DW. Oil extracted from seeds was examined for its fatty acid composition, free fatty acid concentration and peroxide value. Linolenic (40.44%), linoleic (28.40%) and oleic (16.16%) acids were the major fatty acids in the oil of Abbas fig seed, respectively. The sugar profile of fig seeds was analyzed by HPLC. Sucrose was the primary sugar in Abbas fig seeds, followed by raffinose, stachyose, glucose, and fructose. To the best of our knowledge, this is the first comprehensive analysis focusing on the sugar composition of Abbas fig seeds.

Keywords: Abbas fig seed, sugar composition, oligosaccharides, fatty acid

Abbas Çeşidi İncir Çekirdeğinin Şeker Bileşimi ve Biyokimyasal Özellikleri

ÖZ

Bu çalışmada, Kahramanmaraş bölgesinde yetişen Abbas incir çeşidinden elde edilen çekirdekler kullanılmıştır. Abbas incirleri ezilerek çekirdekleri ayrılmıştır. Kurutulduktan sonra, Abbas incir çekirdeklerinin nem, kül ve yağ içerikleri sırasıyla %5.78, %3.88 ve %23.37 olarak belirlenmiştir. Abbas incir çekirdekleri, 533.66 mg GAE/kg Kuru Ağırlık (KA) toplam fenolik içeriği ve 2.25 µmol TE/g KA DPPH antioksidan aktivitesi sergilemiştir. Çekirdeklerden ekstrakte edilen yağın yağ asidi bileşimi, serbest yağ asidi konsantrasyonu ve peroksit değeri incelenmiştir. Abbas incir çekirdeği yağındaki ana yağ asitleri sırasıyla linolenik (%40.44), linoleik (%28.40) ve oleik (%16.16) asitler olmuştur. İncir çekirdeklerinin şeker profili HPLC ile analiz edilmiştir. Abbas incir çekirdeklerinde birincil şeker sakkaroz olup, bunu rafinoz, stakiyoz, glikoz ve fruktoz takip etmiştir. Bildiğimiz kadarıyla, bu çalışma Abbas incir çekirdeklerinin şeker bileşimine odaklanan ilk kapsamlı araştırmadır.

Anahtar Kelimeler: Abbas incir çekirdeği, şeker bileşimi, oligosakkaritler, yağ asidi

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-9726-160X, 0000-0002-6179-062X

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 20.05.2025

Kabul Tarihi: 28.06.2025

¹Gastronomy and Culinary Art Department, Faculty of Applied Sciences, Osmaniye Korkut Ata University, Osmaniye, Türkiye

²Food Engineering Department, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Osmaniye Korkut Ata University, Osmaniye, Türkiye

*E-posta: tulinsahin@osmaniye.edu.tr

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

Introduction

Ficus carica, widely recognized as the fig, is a popular fruit enjoyed globally in both its fresh and dried forms. Most of the world's edible figs are cultivated in areas characterized by mild winters and scorching, arid summers, such as Türkiye, Morocco, Egypt, Spain, Greece, California, Italy, and Brazil (Baygeldi et al., 2021). Türkiye has long been the world's major producer of figs, producing 350,000 tons in 2022 (or about 27.86% of the world's production) (Güney et al., 2022; TÜİK, 2022). Turkey has a wide variety of regionally adapted fig cultivars, indigenous varieties, and untamed forms that display substantial phenotypic variability, including different colors, size, shapes, and flavors. Extensive breeding studies have been conducted on edible fig germplasm. The 'Abbas' fig variety, a cultivated local genotype in Kahramanmaraş Province, was selected and further characterized and it received geographical indication registration in 2019 (Gündeşli, 2020).

Extensive breeding studies have been conducted on edible fig germplasm and Abbas' fig variety was selected among diverse genotypes in Kahramanmaraş Province between 2017 and 2019 (Gündeşli, 2020). This new cultivar has been widely planted in Kahramanmaraş, Türkiye.

Owing to the substantial generation of by-products such as peels, seeds, and leftover flesh at different stages of the processing cycle, the waste utilization of the fruit processing industries has emerged as one of the most challenging issues in the world (Kodagoda & Marapana, 2017). Commonly, low-quality figs, a significant source of fermentable sugar, are used to make ethyl alcohol. During the ethyl alcohol-producing process, fig seeds are discarded separately (Bölek, 2021). Considering the circular economy approach, the usage of fig waste products in the food industry is crucial. So far, the literature has suggested the utilization of discarded fig seeds for the creation of innovative functional extracts. For instance, Bölek (2021) investigated the impact of incorporating waste fig seed powder as a novel component in biscuit

formulation. The results revealed a substantial enhancement in the total phenolic content and antioxidant activity of the biscuits due to the inclusion of fig seed powder. Similarly, Gül and Ulutürk (2019) established that the incorporation of fig seed flour in cookie production led to improvements in dietary fiber, protein, and mineral content, without any adverse effects on their technological attributes or sensory acceptability. Takma et al. (2021) enriched gluten-free cupcakes with varying proportions of fig seed pomace flour, which was derived from cold-pressing. The cupcakes with fig seed pomace flour had a glycemic index lower than 55, which can be classified as low glycemic food according to the 2-hour *in vitro* digestion. Tufan et al. (2023), investigated the impact of incorporating fig seed into quail diets as a feed supplement, focusing on growth performance, carcass traits, and antioxidant capacity. The findings suggest that including fig seed at levels between 0.50% and 1.00% in the diet may positively influence growth metrics, carcass quality, and selected blood parameters.

Numerous studies have investigated the high contents of α -linolenic and linoleic acids and the antioxidant properties of fig seed oil, recently making it a candidate for functional food incorporation (Baykara et al., 2021; Hssaini et al., 2020; Nakilcioğlu Taş, 2019). In a recent study, fig seed oil was encapsulated into nanostructured lipid carriers to protect it from oxidation by Erdoğan and Gökçe (2021). It was found that encapsulation significantly enhanced the formulation's stability, which included substantial amounts of gamma-tocopherol and unsaturated linoleic acid extracted from fig seed oil. Baykara et al., (2021) reported that adding fig seed oil, either by itself or in combination with different extracts, to chitosan-based food packaging could help extend the shelf life of food by preventing spoilage for several days.

Considering the recent rise in the utilization and consumption of fig seeds and their relatively limited research attention compared to other fig components, this study aimed to provide an

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

overview of sugar composition, general chemical composition, and bioactivity, as well as the fatty acid composition of fig seeds from the Abbas variety in Türkiye. To date, the sugar composition of fig seeds has not been examined. The present study could provide insights into the relative proportions of different sugars present in fig seeds, helping to elucidate their nutritional value and to explore sustainable applications for underutilized byproducts.

Material and Methods

Abbas fig seed sample

This study used the Abbas fig (*Ficus carica* L.) variety grown in the Kahramanmaraş region in Türkiye. Figs were considered fully ripened when they were easily separated from the twig. They were picked randomly from a few trees at different positions in 2019, at the beginning of August. Fig seeds were extracted after chopping the fresh fruits in a water bath. The seeds were washed several times with water and allowed to dry at room temperature for one week. All materials were kept at 4 °C before analyses. Before extraction, fig seeds were crushed with a coffee grinder (Fakir, Roxy, Türkiye) to homogenize them.

Determination of general composition, total phenolic content and antioxidant activity

The moisture, oil content, and ash levels of the samples were determined following the procedures outlined in Eker et al. (2022). To determine moisture content (%), samples were heated in a drying oven (Jeio Tech, ON-O2G, Korea) at 105 ± 1 °C until a constant mass was achieved. Oil content (%) was determined by extracting the samples with *n*-hexane using a Soxhlet extractor (Behr, E4, Germany). For ash content determination, approximately 1 g of the blended sample was placed in a high-temperature oven (SNOL, 8,2/1100, Lithuania) and heated until it turned into gray ash, a process that took approximately 5-6 hours at temperatures between 550 °C and 600 °C. Antioxidant components from fig seeds were extracted using a maceration extraction method. The extraction was conducted

using 50% (v/v) aqueous ethanol that was previously reported as one of the effective solvent mixtures to extract fig seed (Nakilcioğlu-Taş & Ötleş, 2021). A solid/liquid ratio of 1:20 (w/v) was used to extract the sample. After that, the mixture was agitated on a magnetic stirrer (Isotex, SH-4, Türkiye) for 60 minutes at room temperature. Following extraction, the mixture was centrifuged at 6500 rpm for 15 minutes at 4 °C using a centrifuge (Hettich, Mikro 220R, Germany), and subsequently filtered through filter paper. The total phenolic content was determined using the Folin–Ciocalteu method, as described by Singleton and Rossi (1965). The total phenolic content was calculated as milligrams of gallic acid equivalent (GAE) per gram of fig seeds. Antioxidant activity was evaluated using a commonly employed radical scavenging assay as DPPH. DPPH assay was carried out using the method cited by Tanriseven et al. (2020). The antioxidant activity was calculated as milligrams of trolox equivalent (TE) per gram of fig seeds. All substances were expressed as dry weight basis. All analyses were performed in triplicate.

Sugar analysis

The sugar profile of fig seeds was determined using a Thermo Dionex Ultimate 3000 HPLC system, which was equipped with a gradient pump, an autosampler, and a refractive index detector (Shodex RI-101). Separation was carried out on a HyperREZ XP carbohydrate column (Ca^{2+} Counter-ion, 8 µm, 8% cross linkage). For sample extraction, 100 mg of homogenized fig seed was mixed with 15 ml of 80% ethanol and incubated in a water bath at 50 °C for 30 minutes. After incubation, the mixture was centrifuged at $3836 \times g$ for 15 minutes. This extraction step was repeated once, and both supernatants were pooled. The combined extract was concentrated at 40 °C using a rotary evaporator (Stuart, RE300DB, UK) connected to a vacuum pump (N810FT). The concentrate was then brought up to 5 ml with distilled water, vortexed, and filtered through a 0.22 µm syringe filter. A standard solution consisting of glucose, fructose, sucrose, raffinose,

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

and stachyose (Sigma Chemical) was used for calibration. Sugar concentrations were quantified using the calibration curves of these standards and expressed as a percentage of the fig seed's dry weight, taking into account all dilution factors (Basha, 1992).

Fatty acid analyses

Fig seed oil was extracted using a Soxhlet apparatus with n-hexane as the solvent. The extracted oil was then used to determine free fatty acid content, peroxide value, and fatty acid profile following the methodology of Eker et al. (2022). For the fatty acid composition analysis, the oil samples were esterified employing the cold methylation technique described by (Liu et al., 2018). Gas chromatography (Thermo Fisher, Trace GC Ultra) equipped with a flame ionization detector (GC-FID) and a DBWAX capillary column (30 m × 0.25 mm id × 0.250 µm) was employed. The injector and detector temperatures were set at 250 °C and 280 °C, respectively. The initial oven temperature was 50 °C (1 min.), then raised to 200 °C at a rate of 25 °C/min., and finally increased to 230 °C at a rate of 3 °C/min. A 1 µl injection volume (split ratio: 1/50) was used. Peaks were identified by comparing their retention times with a FAME mix solution (Sigma–Aldrich). The results were expressed as percentage area.

Results and Discussion

General composition, total phenolic content and antioxidant activity

The chemical composition, total phenolic and antioxidant properties of fig seeds were analyzed and are presented in Table 1. The table provides insights into the key components of fig seeds and their potential health-related attributes. The oil content of fig seeds was found as $23.37 \pm 5.60\%$, indicating a notable presence of dietary oil. This could contribute to the overall nutritional value of fig seeds and their potential as a source of healthy fatty acids. The present result on Abbas fig oil was in accordance with the published data ($23.06\text{--}23.67\%$) reported by Nakilcioğlu (2019) for Sarilop varieties from Turkey. The moisture

content of fig seeds was $5.78 \pm 0.07\%$ indicating a relatively low moisture content for these seeds. This could contribute to their shelf stability and suitability for various culinary and processing applications (Nakilcioğlu Taş, 2019). The ash content of fig seeds was determined as $3.88 \pm 0.03\%$. The ash measurement often indicates the presence of essential minerals, which contribute to their nutritional profile.

Fig seeds exhibited a substantial total phenolic content of 533.66 ± 4.94 mg GAE/kg seed DW. Our TPC finding is consistent with the previous study that reported TPC of fig seeds varied between 447 mg GAE/kg dry matter when extracted with 100% acetone and 714 mg GAE/kg dry matter using 50% (v/v) aqueous methanol (Nakilcioğlu-Taş & Ötleş, 2021). In their investigation, the researchers explored how six distinct solvents affected the polyphenolic content and antioxidant potential of fig seed extracts. Aqueous ethanol solution was selected as the extraction solvent due to its low toxicity and the widespread availability of both water and ethanol, which are commonly employed for extracting natural antioxidants. In addition, our TPC finding was also comparable with those obtained from 50% ethanol mixture by (Nakilcioğlu-Taş & Ötleş, 2021). In a study, it was determined that TPC of fresh fig was between 1988.1–3076.4 mg GAE/kg DM (Nakilcioğlu & Hışıl, 2013). Our results diverge notably from the observations of TPC values of fresh fig. The chemical differences between fresh fruit and seeds could be attributed to the diverse roles of these plant tissues.

Antioxidant activity was measured by the DPPH assay and reported as µmol Trolox equivalents (TE) per gram of dry seed weight. Fig seeds demonstrated a DPPH radical scavenging capacity of 2.25 ± 0.09 µmol TE/g DW. Nakilcioğlu-Taş & Ötleş (2021) reported fig seed antioxidant activity with 41.6% DPPH inhibition and 8504 mg FeSO₄/kg DM FRAP values. While direct quantitative comparison is limited by the differing units of measurement, both studies consistently indicate that fig seeds possess notable antioxidant properties. These findings are consistent with

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

Bölek. (2021) and Konuk Takma et al. (2021), who reported that increasing the substitution ratio of fig seed powder in biscuits and fig seed pomace flour in gluten-free cupcakes led to significant enhancements in antioxidant activity and TPC. Consistent with the literature, our results demonstrate that fig seed can be considered a potential ingredient for various food products.

Table 1. Some biochemical properties of Abbas fig (*Ficus carica* L.) seeds

Substance	Value
Fat (%)	23.37 ± 5.60
Moisture (%)	5.78 ± 0.07
Ash (%)	3.88 ± 0.03
Total phenolic content (mg GAE/kg seed DW)	533.66 ± 4.94
DPPH (µmol TE/g seed DW)	2.25 ± 0.09

Sugar composition of fig seed

Table 2 shows the sugar composition of fig seeds. The chromatogram obtained by HPLC analysis is given in Figure 1. The results confirmed that sucrose (1.11 g/100 g DW) was found major sugar, followed by stachyose (0.22 g/100 g DW), raffinose (0.10 g/100 g DW), fructose (0.08 g/100 g DW) and glucose (0.05 g/100 g DW) in fig seeds. There is currently limited information available regarding the specific carbohydrate composition of fig seeds. In previous studies, the glucose content of fresh fig was found major sugar and ranged from 2.50-15.89 g/100 g, while the fructose content was reported between 1.92-11.90 g/100 g (Aljane et al., 2007; Çalışkan & Aytekin Polat, 2011; Melgarejo et al., 2003; Slatnar et al., 2011). The amount of sucrose was reported as a trace in certain accessions, and in some cases, it was not determined (Çalışkan & Aytekin Polat, 2011). Veberic & Mikulic-Petkovsek et al. (2015) analyzed individual sugars of different parts of dried fig (whole fruit, peel, pulp and leaf). The authors noted that glucose and fructose were detected in all parts of the fruit, whereas sucrose

was present exclusively in figs (15.57 to 32.84 g/kg DW) and pulp (6.60 to 26.1 g/kg DW). In the following literature, the sugar composition can vary depending on the different parts of the fig and cultivar. However, in general, fig seeds obtained from the present study seem to have a relatively low sugar content and diverse profile compared to the fresh or dried parts of fig fruit.

Raffinose and stachyose, classified as oligosaccharides, are simple sugars composed of a sucrose molecule linked to α -D-glucopyranosyl units via α -1,6-galactosidic bonds. These compounds are thought to provide energy to the developing plant embryo during seed germination and help protect the embryo from dehydration throughout maturation (Elango et al., 2022; Hill, 2003). Raffinose and stachyose are common in the seeds of many plants, especially those in the legume family, such as the chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), soybean (*Glycine max*) or in plant structures adapted for storage, such as roots, tubers, and certain types of leaves (Elango et al., 2022). They are also reported as sugar components in other fruit seeds of cucurbits (Handley et al., 2022), muskmelon (Chrost & Schmitz, 1997) and hemp (*Cannabis sativa* L.) (Crescente et al., 2018). Oligosaccharides, being non-digestible carbohydrates, serve multiple physiological functions, including regulating blood sugar levels, providing minimal calories, promoting dental health, improving gut health, relieving diarrhea, and enhancing mineral absorption (Qiang et al., 2009). Konuk Takma et al., (2021) reported a reduced glycemic index of cupcakes formulated with fig seed pomace flour. Our findings are in line with those reported by Konuk Takma et al., (2021).

Table 2. Sugar composition of Abbas fig (*Ficus carica* L.) seeds

Component	g/100 g DW
Stachyose	0.22 ± 0.03
Raffinose	0.10 ± 0.01

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

Sucrose	1.11	±	0.09
Glucose	0.05	±	0.07
Fructose	0.08	±	0.09

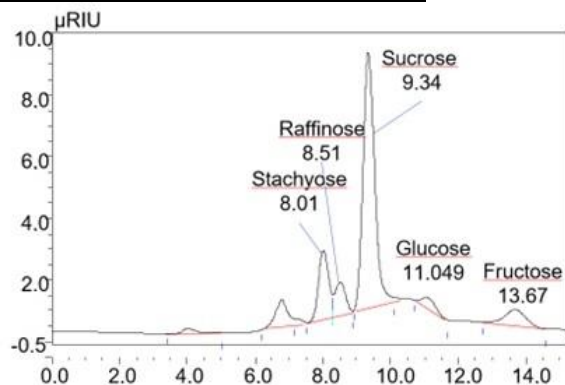


Figure 1. HPLC chromatogram of sugar compounds obtained from Abbas fig (*Ficus carica* L.) seeds

Fatty acid composition and physicochemical quality

Table 3 summarizes the chromatographic profiles of the fatty acids determined in fig seed oil and lists the presence of the 6 detected fatty acids. The primary fatty acids present in these seed oils are linolenic acid (C18:3), linoleic acid (C18:2), and oleic acid (C18:1). Among the saturated fatty acids, palmitic acid (C16:0) is predominant, followed by stearic acid (C18:0). Abbas fig seed oil exhibited a high proportion of total unsaturated fatty acids (TUFA), averaging 85.00%. This comprised mono-unsaturated fatty acids (MUFA, C18:1) and poly-unsaturated fatty acids (PUFA, C18:3 and C18:2), which accounted for average values of 16.16% and 68.84%, respectively (Table 1). Overall, these results agree with those reported on fig seeds from different varieties by Taş et al. (2019) and Baygeldi et al. 2021. The acidity and peroxide value of fig seed oil were determined as 1.15 g/100 g and 18.05 meq O₂/kg. Common legal limits for fatty acidity and peroxide value in edible oils often fall within the range of 0.1-3.0 g/100g and 0.5 to 20.0 meq O₂/kg, respectively, depending on the type of oil and regional regulations.

However, according to Duman and Yazıcı (2018), the maximum free fatty acidity and peroxide value of edible oil should not exceed 0.6% and 10 meq O₂/kg. The results show that fig seed oil has a higher free fatty acidity and peroxide value which are contradictory to what we would expect. Higher values obtained from fresh fig seed could be attributed to heat exposure during the Soxhlet extraction process.

Table 3. Fatty acid compositions (%) and physicochemical quality of Abbas fig (*Ficus carica* L.) seeds oil

Parameter	Mean
Fatty acids (%)	
Myristic acid	0.90 ± 0.64
Palmitic acid (C16:0)	8.45 ± 0.40
Stearic acid (C18:0)	3.83 ± 0.15
Oleic acid (C18:1)	16.16 ± 0.57
Linoleic acid (C18:2)	28.40 ± 0.65
Linolenic acid (C18:3)	40.44 ± 1.31
MUFA	16.16
PUFA	68.84
TUFA	85.0
TSFA	13.18
Physicochemical quality	
Fatty acidity (g/100g)	1.15 ± 0.07
Peroxide value (meq O ₂ /kg)	18.05 ± 0.30

MUFA: Monounsaturated fatty acids, PUFA: Polyunsaturated fatty acids, TUFA: Total unsaturated fatty acids, TSFA: Total saturated fatty acids

Conclusion

The analysis of Abbas variety fig seeds from Türkiye unveiled key compositional attributes, including a notable 23.37% oil content, low moisture content at 5.78%, and an ash content of 3.88%, indicating the presence of essential minerals. Besides, it presented significant phenolic content and antioxidant activity. It was found that Abbas fig seed oil is a rich source of linolenic acid (40.44%), linoleic acid (28.40%) and oleic acid (16.16%). This investigation provides the initial

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

comprehensive characterization of sugar components within fig seeds. The results showed that the predominant sugar of fig seed was sucrose, followed by stachyose, raffinose, fructose, and glucose. Stachyose and raffinose content, both non-digestible carbohydrates underscore the potential of fig seeds as a valuable dietary component with potential health benefits. Understanding the sugar composition of fig seeds is crucial because it has implications for their potential use in various food applications. Future studies could delve deeper into the sugar metabolism of fig seeds. Understanding how these sugars are synthesized and metabolized, and their impact on human health can pave the way for the advancement of functional food items and strategies for dietary improvement.

References

- Aljane F, Toumi I, Ferchichi A (2007). HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral salts in fresh figs of Tunisian cultivars. *Afr J Biotechnol* 6(5):599.
- Basha SM (1992). Soluble sugar composition of peanut seed. *J Agric Food Chem* 40(5):780-783.
https://doi.org/10.1021/JF00017A015/ASSET/JF00017A015.FP.PNG_V03
- Baygeldi N, Küçükerdönmez Ö, Akder RN, Çağındı Ö (2021). Medicinal and nutritional analysis of fig (*Ficus carica*) seed oil; a new gamma tocopherol and omega-3 source. *Prog Nutr* 23(2): e2021052.
<https://doi.org/10.23751/pn.v23i2.9980>
- Baykara D, Pilavci E, Meran M, Onur Caliskaner Z (2021). Antimicrobial properties and application of fig seed oil as an additive for chitosan-based films. *Ukr Food J* 10 (2): 289-300.
<https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-2-7>
- Bölek S (2021). Effects of waste fig seed powder on quality as an innovative ingredient in biscuit formulation. *J Food Sci* 86(1):55-60.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15548>
- Çalışkan O, Aytekin Polat A (2011). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Sci Hort* 128(4):473-478.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.02.023>
- Chrost B, Schmitz K (1997). Changes in soluble sugar and activity of α -galactosidases and acid invertase during muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *J Plant Physiol* 151(1):41-50.
[https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(97\)80034-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(97)80034-X)
- Crescente G, Piccolella S, Esposito A, Scognamiglio M, Fiorentino A et al. (2018). Chemical composition and nutraceutical properties of hempseed: an ancient food with actual functional value. *Phytochem Rev* 17(4):733-749.
<https://doi.org/10.1007/s11101-018-9556-2>
- Duman E, Yazıcı A (2018). Yaş incir (mor güz-sarı lop) çekirdek ve çekirdek yağlarının fiziko-kimyasal özellikleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 28 (1): 69-76.
- Eker T, Darici M, Selli S, Cabaroğlu T (2022). Comparative evaluation of seed size and growing regions on the chemical compositions of raw and roasted NC-7 peanut cultivars. *J Food Process Preserv* 46 (6):e15817.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.15817>
- Elango D, Rajendran K, Van der Laan L, Sebastiar S, Raigne J et al. (2022). Raffinose family oligosaccharides: friend or foe for human and plant health? *Front Plant Sci* 13: 829118.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829118>

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

- Erdoğan Ü, Gökçe EH (2021). Fig seed oil-loaded nanostructured lipid carriers: Evaluation of the protective effects against oxidation. *J Food Process Preserv* 45 (10): e15835. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15835>
- Gül H, Ulutürk Ş (2019). Effects of fig seed flour on some quality parameters of cookies. *International J Agric Forest Life Sci* 3 (2): 219-224.
- Gündeşli MA (2020). Abbas fig cultivar. *HortScience* 55(7):1153-1154. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15100-20>
- Güney İG, Bozoğlu T, Özer G, Türkölmez Ş, Derviş S (2022). First report of *Neoscytalidium dimidiatum* associated with dieback and canker of common fig (*Ficus carica* L.) in Turkey. *J Plant Dis Protect* 129 (3): 16110. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00586-8>
- Handley LW, Pharr DM, McFeeters RF (2022). Relationship between galactinol synthase activity and sugar composition of leaves and seeds of several crop species. *J Am Soc Hortic Sci* 108 (4): 600-605. <https://doi.org/10.21273/jashs.108.4.600>
- Hill GD (2003). Plant antinutritional factors: characteristics. In: Benjamin C (editor) *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. USA: Academic Press, pp. 4578-4587. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/01318-3>
- Hssaini L, Hanine H, Charafi J, Razouk R, Elantari A et al. (2020). First report on fatty acids composition, total phenolics and antioxidant activity in seeds oil of four fig cultivars (*Ficus carica* L.) grown in Morocco. *OCL* (8):1-10. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020003>
- Kodagoda K, Marapana R (2017). Utilization of fruit processing by-products for industrial applications: a review. *Int J Food Sci Nutr* 2 (6): 24-30.
- Konuk Takma, D, Ülkeryıldız Balçık E, Sahin-Nadeem, H (2021). Physicochemical and sensory properties of gluten-free cupcakes added with fig seeds pomace flour. *J Food Process Preserv* 45(7):e15619. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15619>
- Liu K, Liu Y, Chen F (2018). Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties and nutrient contents of peanut. *LWT* 96:535-542. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.009>
- Melgarejo P, Hernández F, Martínez JJ, Sánchez MJ, Salazar DM (2003). Organic acids and sugars from first and second crop fig juices. *Acta Horticulturae* 605:237-239. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.605.36>
- Nakilcioğlu E, Hışıl Y (2013). Research on the Phenolic Compounds in Sarılop (*Ficus Carica* L.) Fig Variety. *Gıda* 38(5):267-274. <https://doi.org/10.5505/gida.2013.08208>
- Nakilcioğlu Taş, E (2019). Biochemical characterization of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *Tarım Bilimleri Dergisi* 25 (2): 232-237. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.398268>
- Nakilcioğlu Taş, E, Ötleş S (2021). Influence of extraction solvents on the polyphenol contents, compositions, and antioxidant capacities of fig (*Ficus carica* L.) seeds. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências* 93(1):e20190526. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190526>
- Qiang X, YongLie C, QianBing W (2009). Health benefit application of functional oligosaccharides. *Carbohydr Polym* 77(3):435-441. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.03.016>

Sugar Composition and Biochemical Properties of Fig Seed Obtained from Abbas Variety

- Singleton VL, Rossi JA (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16(3):144-158.
- Slatnar A, Klancar U, Stampar F, Veberic R (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 59(21):11696-11702. <https://doi.org/10.1021/jf202707y>
- Tanriseven D, Kadiroglu P, Selli S, Kelebek H (2020). LC-DAD-ESI-MS/MS-assisted elucidation of the phenolic compounds in shalgams: Comparison of traditional and direct methods. *Food Chem* 305 (1):125505 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125505>
- Tufan T, Bolacali M, İrak K, Arslan C, Özcan C et al. (2023). Dietary fig seeds improve growth performance and antioxidant capacity of quail. *S Afr J Anim Sci* 53(2):302-314. <https://doi.org/10.4314/sajas.v53i2.14>
- Veberic R, Mikulic-Petkovsek M (2015). Phytochemical composition of common fig (*Ficus carica* L.) cultivars. In: Simmonds M, Preedy VR (editors.) *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. Elsevier, Academic Press, pp. 235-255. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00011-8>



Research Article

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

Harun KUTAY^{1*}, Murat GÖRGÜLÜ²

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate two protein levels (14% and 18%) and two tannin levels (0 and 4%) in fattening meat-type lambs. The total of thirty-six Çukurova Meat Type lambs (3/8 Rambouillet, 3/8 Ile de France, 1/8 Awassi, 1/8 Chios) having 24.69±0.87 kg initial live weight divided into 4 groups having 9 male lambs with three replicates consisting three lambs in each. The total mixed rations for each treatment were prepared using 10% chopped alfalfa hay and 90% concentrate, ensuring they were isocaloric. Daily weight gain and feed conversion ratios were not affected by any of the factors ($P>0.05$). However feed intake was significantly affected by protein level and interaction between protein and tannin level ($P<0.01$). The factors did not significantly affect the concentrations of acetic and propionic acids in rumen fluid ($P>0.05$). However, butyric and valeric acids were influenced by tannin level and the protein x tannin interaction ($P<0.05$). Isobutyric acid was influenced by both protein and tannin levels, as well as their interaction ($P<0.05$). Increase in protein level caused an increase in isobutyric acid, while addition of tannin to the diet decreased isobutyric acid in the rumen fluid. The decrease in isobutyric acid was more pronounced in the high protein diet compared to the low-protein diet. Isovaleric acid was significantly affected by dietary protein level ($P<0.01$), with lambs receiving a high-protein diet having a higher concentration (0.32 vs. 0.67 mmol/L) compared to those on a low-protein diet. Total 24-hour gas production was affected by the interaction between protein and tannin levels, while 24-hour methane production was affected by all factors ($P<0.05$). Tannin decreased total gas production in the low-protein diet but increased it in the high-protein diet. Similarly, tannin did not affect 24-hour methane production in the low-protein diet but increased methane production in the high-protein diet. In conclusion, lambs with an initial body weight of 25 kg did not benefit from an increase in dietary protein or the inclusion of tannins in their diet. However tannin decreased protein degradation when the isoacids production was evaluated.

Keywords: lamb, tannin, protein, interaction, volatile fatty acids

Kuzularda Diyetle Verilen Protein ve Tanen Düzeyinin Besi Performansı, Rumen Uçucu Yağ Asidi Profili ve Metan Üretimi Üzerine Etkisi

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, etçi tip kuzularda iki farklı protein düzeyi (%14 ve %18) ile iki farklı tanen düzeyini (%0 ve %4) test etmektir. Toplam 36 Çukurova Etçi Tip kuzu (3/8 Rambouillet, 3/8 Île-de-France, 1/8 Awassi, 1/8 Sakız) 24,69 ± 0,87 kg canlı ağırlıkta başlangıç yapmış, her biri 9 erkek kuzudan oluşan 4 gruba ayrılmış ve her grupta 3 kuzudan oluşan 3 tekerrür bulunmuştur. Rasyonlar izokalorik olarak düzenlenmiştir. Her deneme yemi, %10 kıyılmış yonca otu ve %90 konsantre yem içeren toplam karışık rasyon şeklinde hazırlanmıştır. Günlük canlı ağırlık artışı ve yem dönüşüm oranları hiçbir faktörden etkilenmemiştir ($P>0,05$), ancak yem tüketimi protein düzeyi ile protein x tanen düzeyi etkileşiminden etkilenmiştir ($P<0,01$). Rumen sıvısında asetik ve propiyonik asitler üzerinde faktörlerin anlamlı etkisi görülmemiştir ($P>0,05$). Buna karşılık bütirik ve valerik asitler, diyetin tanen düzeyi ile protein x tanen düzeyi etkileşiminden etkilenmiştir ($P<0,05$). İzobütirik asit hem ana faktörlerden hem de etkileşimlerinden etkilenmiştir ($P<0,05$). Protein düzeyindeki artış izobütirik asit miktarını artırırken, diyetle tanen ilavesi izobütirik asit düzeyini düşürmüştür; bu azalma

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 06.01.2025

Kabul Tarihi: 17.03.2025

¹Çukurova University Faculty of Agriculture Department of Animal Science, Adana

² Makrovit Animal Nutrition Technologies Company, Konya

*E-posta: hcinli@cu.edu.tr

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

yüksek proteinli diyetle daha belirgin, düşük proteinli diyetle ise daha hafif olmuştur. Rumen sıvısındaki izovalerik asit, diyet protein düzeyinden etkilenmiştir ($P < 0,001$); yüksek proteinli diyet alan kuzularda konsantrasyon daha yüksek bulunmuştur (0,32 mmol/L'ye karşı 0,67 mmol/L). 24 saatlik toplam gaz üretimi protein $\times$ tanen düzeyi etkileşiminden, 24 saatlik metan üretimi ise tüm faktörlerden etkilenmiştir ($P < 0,05$). Tanen, düşük proteinli diyetle toplam gaz üretimini azaltmış, ancak yüksek proteinli diyetle artırmıştır. Benzer şekilde, tanen düşük proteinli diyetle 24 saatlik metan üretimini değiştirmezken, yüksek proteinli diyetle artırmıştır. Sonuç olarak, başlangıç canlı ağırlığı 25 kg olan kuzular, diyet protein düzeyinin artırılmasından ve diyetle tanen kullanımından fayda görmemiştir. Bununla birlikte, izoasit üretimleri değerlendirildiğinde tanen, protein yıkımını azaltmıştır.

Anahtar kelimeler: kuzu, tannin, protein, interaksiyon, uçucu yağ asitleri

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-9163-4831, 0000-0003-3182-9295

Introduction

Tannins are water-soluble polyphenolic compounds with highly variable chemical structures, found in plants such as chestnut, oak, acorn, and sumac. These phenolic compounds are produced by plants to protect themselves from pathogenic microorganisms and viruses (Foley et al., 1999). It has had a wide range of uses since ancient times, such as medicine, cosmetics and the food industry. In recent years, the use of natural additives in animal nutrition has increased and tannins have become a remarkable research topic in this context. Tannins can form insoluble complexes with macromolecules, such as proteins, carbohydrates, and minerals (Swain, 1979). Tannins are divided into two main groups: condensed and hydrolyzed tannins. Hydrolyzed tannins are formed by the esterification of gallic acid or ellagic acid with sugar molecules and are also polymers of flavonoids (Goel et al., 2005). It has been reported that condensed tannins may have either harmful or beneficial effects on livestock, depending on their source and concentration in the diet (Makkar, 2003).

In a study conducted by Min et al. (2008), the authors reported that tannins exhibit antimicrobial and bacteriostatic effects. It was also noted that live weight gain in castrated male calves grazing on winter wheat pasture could be improved, while the risks of bloating and methane production were reduced (Min et al., 2006). Furthermore, tannins can decrease the ruminal degradability of proteins, leading to an increase in the amount of protein that reaches the abomasum and small intestine (Teferedegne,

2000). In addition to their bacteriostatic and bactericidal effects in ruminants, tannins can inhibit the enzymatic activities of rumen microorganisms (Faixova and Faix, 2005). It is reported that when the tannin content in the ration exceeds 5% on a dry matter basis, dry matter consumption deteriorates due to deterioration of feed palatability. In addition, tannins disrupt fiber and protein digestion by affecting trypsin and alpha amylase enzymes (Hervas et al., 2003). Condensed tannins, in particular, inhibit the activity of several rumen microorganisms, including biohydrogenating bacteria (Patra and Saxena, 2009). Studies on lactating and beef cattle have shown that including condensed tannins in the diet increases the levels of conjugated linoleic acid (CLA) in both milk and meat (Patra and Saxena, 2011). Vilalba et al. (2002) found that when animals were offered a choice between feeds containing low or high levels of tannins and protein, they preferentially selected the high-protein feeds. Additionally, tannins bind to proteins in the rumen, reducing nitrogen availability, which may negatively affect microbial growth. Therefore, incorporating high-protein diets could yield positive results. On the other hand, animals consuming toxic substances experience an increased demand for macronutrients such as energy and protein to support more effective detoxification (Pfister et al., 2012).

Therefore, the present study was carried out to determine the effects of diet protein and tannin contents on the growth performance of lambs.

Materials and Methods

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

Animal, feed material and experimental design

A total of 36 male Çukurova meat-type lambs (3/8 Rambouillet, 3/8 Ile de France, 1/8 Ivesi, 1/8 Chios) with an average live weight of 24.69 ± 0.87 kg, obtained from the Sheep Husbandry Unit at the Research Center of Çukurova University in the Faculty of Agriculture, were used in the study. For the experiment, four experimental groups of nine lambs each were formed. Each group of nine lambs was further divided into three sub-groups, each consisting of three lambs.

The diets with varying levels of protein and tannin were formulated isocalorically (Table 1). Oak tannin extracted from acorn served as the source of tannin, and its content is detailed in Table 2. The total mixed ration (TMR) used in the study consisted of 10% chopped alfalfa hay and 90% concentrate feed.

The feedstuff and nutrient contents of the concentrate feeds are presented in Table 1. The metabolizable energy of the experimental diet was calculated according to TSE 9610 standards. Throughout the study, the lambs were provided with ad libitum access to feed and fresh water.

Data and sample collection

The feed consumption was measured on a group basis, while the live weights were measured individually and weekly. Feed conversion ratio was calculated as feed intake/live weight gain. At the end of the experiment, rumen fluid samples were collected from the lambs using a rumen drencher. The concentrations of acetic acid, isobutyric acid, butyric acid, propionic acid, isovaleric acid, and valeric acid were determined using the method described by Wiedmeier et al. (1987).

The total gas and methane production of the experimental treatments under in vitro conditions were measured using the gas production technique outlined by Menke and Steingass (1988).

Table 1. Composition feedstuff and nutrient contents of concentrate feeds used in the study

Crude Protein		14		18	
Tannin (%)		0	4	0	4
Feedstuffs (%)					
Barley		48.70	43.50	47.50	46.80
Cottonseed		16.10	8.20	6.10	0.00
Corn		10.00	10.00	10.00	10.00
Sunflower seed		9.70	12.60	29.50	32.70
Wheat bran		9.00	15.20	0.40	0.10
Marble powder		1.90	1.90	1.90	1.70
Salt		0.50	0.50	0.50	0.50
Molasses		4.00	4.00	4.00	4.00
Vitamin-		0.10	0.10	0.10	0.10
Dicalcium		0.00	0.00	0.00	0.10
Tannin		0.00	4.00	0.00	4.00
TOTAL		100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated Nutrient Content					
Dry	%	88.82	88.70	88.68	88.73
ME	Kcal/k	2400.0	2400.0	2400.0	2400.0
Crude	%	14.00	14.00	18.00	18.00
Crude	%	6.49	6.49	6.61	6.54
Crude	%	11.14	9.42	10.58	9.01
Ether	%	2.77	2.43	1.85	1.45
ADF	%	10.68	10.14	12.06	11.43
NDF	%	23.84	23.24	23.16	21.64
RUP	%CP	27.25	25.65	24.78	23.95
NFC	%	41.72	42.53	39.06	41.10

* Every 1 kg of vitamin mineral premix contains; 3,000,000 IU Vitamin A, 600,000 IU Vitamin D3, 6,000 mg Vitamin E, 196,800 mg Magnesium oxide, 10,000 mg Manganese, 10,000 mg Zinc, 10,000 mg Iron, 2,000 mg Copper, 30 mg Cobalt, 160 mg Iodine, 30 mg Selenium, 200,000 mg Toxin Binder.

Table 2. Composition of oak tannin (%)

Parameters	%
Dry matter	93.00
Ash	5.06
Crude Protein (CP)	1.81
Water Soluble sugar	17.30
Hydrolyzed Tannin	64.57
In vitro gas test ME, Kcal/kg	1550.00

Statistical analysis

The experiment was conducted in a factorial arrangement with two levels of protein (14% and

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

18%) and two levels of tannin (0% and 4%), tested using a completely randomized design. Duncan's multiple comparison test was employed to compare the means of the treatment combinations. Data from the experiment were analyzed using the SPSS (2003) software package.

Results and Discussion

Performance

The performance results obtained from the study are presented in Table 3. At the end of the fattening period, live weight gain and feed conversion were not significantly affected by the experimental factors. However, feed intake was significantly ($P<0.01$) influenced by crude protein levels, as well as by the interaction between crude protein and tannin levels. Lambs receiving the higher protein diet consumed more feed. In the case of low-protein diets, the inclusion of tannin decreased feed intake, while tannin inclusion in high-protein diets resulted in increased feed intake.

Rumen volatile fatty acids and in vitro gas production

The concentrations of acetic and propionic acid, two major rumen volatile fatty acids, were unaffected by both the main effects (protein and tannin) and their interaction ($P>0.05$).

The levels of butyric and valeric acid in the rumen fluid were significantly affected by tannin and the interaction between tannin and protein level ($P<0.05$). Specifically, the inclusion of tannin decreased the levels of butyric acid (16.86 vs. 9.83 mmol/L) and valeric acid (1.10 vs. 0.75 mmol/L) in the rumen fluid.

Both protein level and tannin level had a significant effect on the concentration of isobutyric acid ($P<0.05$). Increasing the protein content in the diet led to an increase in isobutyric acid, whereas the inclusion of tannin resulted in a decrease in its concentration. The level of isobutyric acid in the rumen fluid decreased progressively in lambs fed low-protein diets with tannin, with a more pronounced decrease in lambs on high-protein diets.

The concentration of isovaleric acid was only significantly affected by the protein content of

the diet ($P<0.05$), with higher protein levels leading to increased isovaleric acid concentrations (0.32 vs. 0.67 mmol/L).

Protein level had a significant effect on both 12-hour total gas and 24-hour methane production. Increasing the protein level in the diet decreased total gas production at 12 hours but increased methane production at 24 hours.

Tannin levels also affected gas production. The inclusion of tannin in the diet increased both 6-hour gas production and 24-hour methane production. However, this effect was dependent on the protein content of the diet. In low-protein diets, the inclusion of tannin decreased gas production, while in high-protein diets, tannin inclusion increased gas production values.

The interaction between protein and tannin levels significantly influenced all gas production values ($P<0.05$). Specifically, while the inclusion of tannin in the low-protein diet decreased both total gas and methane production after 24 hours, the inclusion of tannin in the high-protein diet resulted in increased gas and methane production.

In the current study, live weight gain and feed efficiency were not affected by the factors, while feed consumption was influenced by the dietary protein level and the interaction between tannin and protein levels. High-protein diets increased feed consumption, whereas the use of tannin in the low-protein diet reduced feed consumption, while it increased feed consumption at high protein levels. As reported by Thomas et al. (2007) on Merino lambs, increasing dietary protein levels would linearly increase dry matter intake. Similarly, Titi et al. (2000) and Haddad et al. (2001) found that a dietary protein level of 16% crude protein (CP) is the optimum for proper dry matter intake, daily weight gain, and feeding efficiency in Awassi sheep. A ruminal ammonia concentration lower than 5 mg/dL may reduce

Table 3. Performance, rumen volatile fatty acids and in vitro gas production findings

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

Crude Protein (CP, %)	14		18		SEM	P		
Tannin (T, %)	0	4	0	4		CP	T	CP X T
0-8. Week								
LWG, g/day	246.35	253.45	285.54	263.59	16.72	0.15	0.66	0.39
FI, g/day	1657.30 ^b	1563.85 ^b	1653.61 ^b	1778.29 ^a	33.15	0.00	0.64	0.00
FCR	7.36	6.44	5.96	6.85	0.60	0.42	0.98	0.14
Rumen Volatile Fatty Acid Profile (mmol(L)								
Acetic	65.93	64.53	73.26	60.11	5.14	0.78	0.17	0.27
Propionic	26.91	24.90	26.08	26.47	2.49	0.88	0.75	0.63
Butyric	15.11 ^b	10.57 ^c	18.60 ^c	9.09 ^a	0.87	0.26	0.00	0.01
Valeric	1.01 ^a	0.99 ^a	1.18 ^a	0.51 ^b	0.13	0.25	0.02	0.02
Isobutyric	0.64 ^b	0.29 ^c	1.20 ^a	0.37 ^{bc}	0.10	0.00	0.00	0.02
Isovaleric	0.33 ^b	0.31 ^b	0.76 ^a	0.58 ^{ab}	0.11	0.00	0.39	0.47
In vitro gas production data (ml)								
Total gas, 6 hours	26.25 ^b	25.25 ^b	24.25 ^b	28.75 ^a	0.66	0.28	0.02	0.00
Total gas, 12 hours	39.25 ^a	36.50 ^b	34.00 ^c	38.00 ^{ab}	0.62	0.01	0.33	0.00
Total gas, 24 hours	59.75 ^a	51.75 ^b	48.25 ^b	60.25 ^a	1.23	0.25	0.13	0.00
Total methane, 24 hours (%)	17.88 ^c	18.30 ^c	19.88 ^b	21.93 ^a	0.26	0.00	0.00	0.01

^{a,b} Significant of interaction effect on group averages indicated by different letters (P < 0.05).

LWG: Live weight gain, FI: Feed intake, FCR: Feed conversion ratio

microbial growth and performance in ruminants (Satter and Roffler, 1975). The high protein levels in the present study may supply sufficient ruminal ammonia-nitrogen to enhance nutrient digestibility and encourage feed intake. It is generally accepted that the presence of tannin in the ration limits dry matter intake. However, it is also stated that the use of tannin up to 5% in the ration does not affect feed intake (Besharati et al., 2022) or that tannin content does not change dry matter intake in sheep (Cabral Filho et al., 2013). In addition, it is stated that some animals fed with high tannin content feeds adapt to this situation by increasing the amount of proline in their saliva (Butter et al., 1999). In the current study, the increase in dry matter intake along with the increase in tannin and protein levels may be attributed to the effect of breed or to the increased nutrient requirement for detoxification of tannin as stated by Pfister et al. (2012).

Hristov et al. (2004) investigated the effects of dietary protein level and protein degradability on rumen fermentation and found that the ratio of acetate to propionate in rumen fluid was not

affected by protein level. However, they observed that the concentrations of isovalerate and isobutyrate increased as protein levels rose, similar to the findings in the present study. Similarly, Broderick (2003) reported that high protein intake led to an increase in branched-chain fatty acids in the rumen as the protein content of the diet increased. As noted earlier, condensed tannins prevent rumen protein degradation by binding to protein in the rumen. Isoacids are primarily produced by the degradation of amino acids in the rumen, and it is well established that tannins reduce protein degradation in the rumen (Teferedegne, 2000; Vilalba et al., 2002). Therefore, it is expected that the levels of isoacids, which are products of protein degradation, would be influenced by tannin levels at different protein concentrations, particularly in high-protein diets.

The interaction between protein and tannin levels significantly affected all gas production values in this study. While total gas production and total methane production decreased after 24 h in lambs receiving tannin supplementation

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

with a low protein diet, both values increased in lambs receiving high protein tannin. Essentially, tannins are reported to reduce methanogenesis by suppressing the activity or population of methanogenic bacteria or by reducing the breakdown of feeds in the rumen and preventing hydrogen release (Tavendale et al., 2005). Similarly, it is well known that they have a high affinity for proteins, especially those rich in proline (Perez-Maldonado et al., 1995), and that this leads to the formation of tannin-protein complexes. However, in this study, the high amount of protein taken with the feed or the fact that the tannin amount in the diet was lower than 5% given in the literature may explain the current situation by reducing the formation of this complex. It has also been stated by different researchers that the use of low levels of different tannin sources in the diet does not affect methanogenesis (Sliwinski et al., 2002; Beauchemin et al., 2007).

Conclusion

In conclusion, increasing the protein level in the diet and/or incorporating tannin into the diets of meat lambs starting fattening at 25 kg did not significantly affect fattening performance. However, when considering isoacid concentrations as an indicator of rumen protein degradation, it can be inferred that protein degradation was reduced by the inclusion of tannin in the diet.

Acknowledgements

The present study was supported by Ç.Ü. Scientific Research Projects Unit (FBA-2015-4648). We would like to thank Ç.Ü. Scientific Research Projects Unit for their support.

References

- Beauchemin, K. A., Mc Ginn, S. M., Martinez, T. F. and McAllister, T. A. (2007). Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 85: 1990–1996.
- Besharati, M., Maggiolino, A., Palangi, V., Kaya, A., Jabbar, M., Eseceli, H., de Palo, P. and Lorenzo, J. M. (2022). Tannin in ruminant nutrition. *Molecules* 27(23), 8273.
- Bonhomme, A. (1990). Rumen ciliates: their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. *Animal Feed Science and Technology* 30: 203–266.
- Broderick, G. A. (2003). Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86(4): 1370-1381.
- Butter, N., Dawson, J. and Buttery, P. (1999). Effects of dietary tannins on ruminants. Second. *Plant Prod. Antinutritional Benef. Actions Anim. Feed* 51–70.
- Cabral Filho, S., Abdalla, A., Bueno, I. and Oliveira, A. (2013). Effect of sorghum tannins in sheep fed with high-concentrate diets. *Arq. Bras. De Med. Veterinária E Zootec.* 65: 1759–1766.
- Faixova, Z. and Faix, S. (2005). Manipulation of rumen nitrogen metabolism (a review). *Folia Veterinaria* 49(4): 215–219.
- Foley, W. J., Iason, G. R., McArthur, C. (1999). Role of secondary metabolites in the nutritional ecology of mammalian herbivores: how far have we come in 25 years? In: Nutritional ecology of herbivores (Jung H.J.G. and Fahey G.C.Jr., eds.). American Society of Animal Science, Illinois (USA), pp. 130-209.
- Goel, G., Puniya, A. K. and Singh, K. (2005). Tannic acid resistance in ruminal streptococcal isolates. *J. Basic Microbiol.* 45:243- 245.
- Haddad, S. G., Nasr, R. E., Muwalla, M. M. 2001. Optimum dietary crude protein level for finishing Awassi lambs. *Small Rumin Res* 2001; 39:41–46.
- Hervás, G., Frutos, P., Giráldez, F. J., Mantecón, Á. R., and Álvarez Del Pino, M. C. (2003). Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Animal Feed Science and Technology*, 109(1–4): 65–78.

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

- Hristov, A. N., Etter, R. P., Ropp, J. K., Grandeen, K. L. (2004). Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cow. *J. Anim. Sci.*, 82:3219-3229
- Lee, H. J., Lee, S. C., Kim, J. D., Oh, Y. G., Kim, B. K., Kim, C. W., Kim, K. J. (2003). Methane production potential of feed ingredients as measured by *in vitro* gas test. *Asian-Aust J Anim Sci*. 16:1143–1150.
- Makkar, H. P. S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Rum. Res.* 49:241-256.
- McSweeney, C.S., Palmer, B., McNeill, D.M., Krause, D.O. (2001). Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim Feed Sci Technol.* 91:83–93.
- Menke, K. H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28:7-55.
- Min, B. R., Pinchak, W. E., Anderson, R. C., Fulford, J. D. and Puchala, R. (2006). Effects of condensed tannins supplementation level on weight gain and *in vitro* and *in vivo* bloat precursors in steers grazing winter wheat. *J. Anim. Sci.* 84:2546–2554.
- Min, B. R., Pinchak, W. E., Merkel, R., Walker, S., Tomita, G. and Anderson, R. C. (2008). Comparative antimicrobial activity of tannin extracts from perennial plants on mastitis pathogens. *Sci. Res. Essays* 3: 66–73.
- Patra, A. K. and Saxena, J. (2009). Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. *Anton van Leeuwen* 96: 363-375.
- Patra, A. K. and Saxena, J. (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 91:24- 37.
- Perez-Maldonado, R., Norton, B. and Kerven, G. (1995). Factors affecting *in vitro* formation of tannin-protein complexes. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 69. 291 - 298.
- Pfister, J. A., Villalba, J. J. and Gardner, D. (2012). Effect of dietary protein level and quebracho tannin on consumption of pine needles (*Pinus ponderosa*) by beef cows. *The Professional Animal Scientist* 28:528–533.
- Satter, L. D., and R. E. Roffler. (1975). Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58:1219-1237.
- Sliwinski, B. J., Kreuzer, M., Wettstein, H. R., and Machmuller, A. (2002). Rumen fermentation and nitrogen balance of lambs fed diets containing plant extracts rich in tannins and saponins and associated emissions of nitrogen and methane. *Archives of Animal Nutrition* 56: 379–392.
- SPSS. (2003). Statistical Package for Social Sciences (Base12.0). SPSS Inc Chicago, IL.
- Swain, T. (1979). Tannins and lignins, p. 657-682. In G. A. Rosenthal and D. H. Janzen [eds.], *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. Academic Press, New York.
- Teferedegne, B. (2000). New perspectives on the use of tropical plants to improve ruminant nutrition. In: *Proc. Nutr. Soc.* Cambridge University Press, pp.209–214.
- Thomas, D.T., Rintoul, A.J., Masters, D.G. (2007). Sheep select combinations of high and low sodium chloride, energy, and crude protein feed that improve their diet. *Appl Anim Behav Sci.* 105:140–153.
- Titi, H. H., Tabbaa, M. J., Amasheh, M. G., Barakeh, F., Daqamseh, B. (2000). Comparative performance of Awassi

The Effect of Dietary Protein And Tannin Level on Fattening Performance, Rumen Volatile Fatty Acid Profile and Methane Production in Lambs

lambs and black goat kids on different crude protein levels in Jordan. *Small Rumin Res.* 37:131-135.

Villalba, J. J., Provenza, F. D. and Bryant, J. P. (2002). Consequences of the interaction between nutrients and plant secondary metabolites on herbivore selectivity: Benefits or detriments for plants? *Oikos* 97:282–292.

Wiedmeier, R. D., Arambell, M. J. and Walters, J. L. (1987). Effect of orally administered pilocarpine on ruminal characteristics and nutrient digestibility in cattle. *J. Dairy Sci.* 70: 284-289.