

Cilt 39
Volume

Sayı 2 2024
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)

Salih KAFKAS, Dekan (Dean)

Teknik Sekretery
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 Yayım
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

Management Address

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

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

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



Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

Çukurova Journal of Agricultural and Food Sciences

Editörler Kurulu

Editorial Board

Orhan BOZAN	Çukurova Üniversitesi
Ladine BAYKAL ÇELİK	Çukurova Üniversitesi
E. Bülent ERENOĞLU	Çukurova Üniversitesi
Ufuk GÜLTEKİN	Çukurova Üniversitesi
Ahmet Naci ONUS	Akdeniz Üniversitesi
Ozhan ŞİMŞEK	Erciyes Üniversitesi
Eşref İRGET	Ege Üniversitesi
Savaş KORKMAZ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Ayten NAMLİ	Ankara Üniversitesi
Handan VURUŞ AKÇAÖZ	Akdeniz Üniversitesi
Abdullah SESSİZ	Dicle Üniversitesi
Haşim KELEBEK	Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi
Emel OZ	Atatürk Üniversitesi
Zümrüt AÇIKGÖZ	Ege Üniversitesi
Hasan Hüseyin ÖZTÜRK	Çukurova Üniversitesi
İbrahim ORTAŞ	Çukurova Üniversitesi
Hakan ÖZKAN	Çukurova Üniversitesi
Haydar ŞENGÜL	Çukurova Üniversitesi
Burçak KAPUR	Çukurova Üniversitesi
Uğur SERBESTER	Çukurova Üniversitesi
Sevil CANTÜRK	Çukurova Üniversitesi
Yılmaz BAYHAN	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Baş Editör

Editor-in-chief

Serkan Selli Çukurova Üniversitesi

Editör Asistanları

Assistant Editors

Gamze Güllü Çukurova Üniversitesi
Zeynep Yaren Pehlivan Çukurova Üniversitesi

Bilimsel Danışma Kurulu

Advisory Board

Pınar KADİROĞLU KELEBEK	Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Kemal ŞEN	Neveşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Haşim KELEBEK	Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Kenan TURGUT	Akdeniz Üniversitesi
Rüştü HATİPOĞLU	Ahi Evran Üniversitesi
Nafiye ÜNAL	Akdeniz Üniversitesi
Hakan KARADAĞ	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Jale BİLGİN	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Cihangir KÖYCEGİZ	Konya Teknik Üniversitesi
Hüseyin Çağan KILINÇ	İstanbul Aydın Üniversitesi
Mustafa Şahin DOĞAN	Aksaray Üniversitesi
Mahmut TEPECİK	Ege Üniversitesi
Cenk Ceyhan KILIÇ	Ege Üniversitesi
Mustafa Ali KAPTAN	Adnan Menderes Üniversitesi
Mutlu Buket AKIN	Harran Üniversitesi
Salih AKSAY	Mersin Üniversitesi
Ahmet Doğan DUMAN	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Murat Reis AKKAYA	Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Mehmet Erman MERT	Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Benian Pınar AKTEPE	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Soner SOYLU	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Sümer HORUZ	Erciyes Üniversitesi
Aybüke KAYA	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Emel ÜNAL TURHAN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Harun KAMAN	Akdeniz Üniversitesi
Recep YURTAL	Çukurova Üniversitesi
Tahsin TONKAZ	Ordu Üniversitesi
Mehmet KARACAOĞLU	Malatya Turgut Özal Üniversitesi
Nurdan TOPAKCI	Akdeniz Üniversitesi
Hakan ÇALIŞKAN	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
İsmail Oğuz ÖZDEMİR	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Hasan TUNAZ	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ali Kemal BİRGÜCÜ	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Mehmet Eren ÖZTEKİN	Çukurova Üniversitesi
Çağdaş AKPINAR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Özlem KILIÇ BÜYÜKKURT	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Tülin EKER	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Ahmet Salih SÖNMEZDAĞ	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Ayfer Alkan TORUN	Çukurova Üniversitesi
Demir KÖK	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Adem YAĞCI	Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Tolga İZGÜ	İtalya Ulusal Araştırma Konseyi
Gökhan BAKTEMUR	Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Mehmet TÜTÜNÇÜ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Nurdan GÜNGÖR SAVAŞ	Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü
Şener KURT	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA	Isparta Uygulamalı Bilimler 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

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Türkiye Türkiye'nin Doğu Akdeniz Havzasındaki Büyük Ölçekli Bir Sulama Sebekesinde Farklı Su Kaynaklarının Elektriksel İletkenliği ve Toplam Çözünmüş Katı Madde Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi M. CETİN, O. ALSENJAR, A. HIUHU, M.S. GOLPINAR, M. ERKAN CAN	254-266
Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi Evaluation of Optimum Apricot Drying Method with Entropy Integrated TOPSIS Technique N. CENGİZ, A. ABDULVAHİTOĞLU	267-281
Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri Effects of Biofertiliser Applications on Steel Rooting in Some Olive Varieties C. DOLEK, M.T. ÖZKAYA	282-295
The Utilization of Chasteberry (<i>Vitex agnus-castus</i> L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball Sığır Köfte Üretiminde Doğal Bir Antioksidan Olarak Hayıt (<i>Vitex agnus-castus</i> L.) Tohumu Tozunun Kullanımı S. ARSLAN, C. O. ÖZER	296-306
Reduction of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme Ultrason Destekli Türk Yeşil Çay Ekstraktlarında Bulanıklığın ve Krema Oluşumunun Azaltılması: Tannaz Enzimi Uygulaması E. KAHRAMAN, C. KAYA, E. ESİN, M. BAYRAM	307-318
Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgöl Bakteriye Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi Isolation of Cucurbit Bacterial Disease Agents Affecting Commercial Nurseries in Adana and Biological Control of Cucumber Angular Leaf Spot Disease M. OKUR, Y. AYSAN	319-335
Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels Fındık Unu ve Zarı Eklemiş Çipslerin Besinsel, Tekstürel, Renk ve Duyusal Özellikleri: Pişirme Koşulları ve İkame Seviyelerinin Etkileri B. G. MAZI, Y. YILMAZ	336-351
Kavunda Bakteriye Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin in vitro ve in vivo Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi Determination of the Potential Use of Rhizosphere Bacteria in in vitro and in vivo Conditions for the Biological Control of Bacterial Seedling Blight Disease in Melon A. Z. ERDEVİL, Y. AYSAN	352-366
The Population Fluctuation of Prays oleae Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards Prays oleae Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae)'nin Üç Farklı Zeytin Bahçesindeki Popülasyon Dağılımı G. TIRING, M. ADA, M. ADA, R. DONA, Ç. KALKAN, S. SATAR	367-374
A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: <i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood (Thysanoptera: Thripidae) Adana İl'nde Turuncgillerde Yeni Bir Zararlı Thrips Türü: <i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood (Thysanoptera: Thripidae) Ü. DURNA, E. ATAKAN, S. PEHLIVAN	375-381
Identification of Fusarium Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District Kumluca İlçesinde Sebze Seraiarındaki Fusarium Türlerinin Tanımlanması İ. ACARBULUT DURAN, A. ATAKAN, H. ÖZGÖNEN ÖZKAYA	382-389
The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of Calendula (<i>Calendula officinalis</i> L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions Çukurova Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Aynısafa (<i>Calendula officinalis</i> L.) Çeşitlerinde Çiçek ve Tohum Verimi ile Kalitesine Etkisi S. GEDİK KELEŞ, L. S. TANSI	390-400
Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin Ceyhan Nehir Havzası İçin Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Regresyonu ve Çoklu Doğrusal Regresyon Modelleri Kullanılarak Günlük Akış Değerlerinin Tahmini A. İRVEK, M. ÖZBULDU	401-416
Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı Example of Misuse of Agricultural Lands: Çukurova International Airport Y.K. KOCA, Y. Ş. TURGUT	417-424
Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümlü (<i>Gaultheria procumbens</i> Linnaeus) Yağı Kullanımının <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri Effects of Using Wintergreen (<i>Gaultheria procumbens</i> Linnaeus) Oil Containing Dominantly Methyl Salicylate in Maize Grown in Şanlıurfa on <i>Chrysoperla carnea</i> (Stephens, 1836) S. ÇOBAN, E. ÇIKMAN, S. ZEYBEK	425-435
Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turuncgillerinde Yeni Zararlı <i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı Distribution and Damage of the New Pest <i>Scirtothrips dorsalis</i> Hood (Thysanoptera: Thripidae) on Citrus in the Çukurova Region of Turkey S. SATAR, Ç. KALKAN	436-450
Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı In Vitro Antagonistik Etkileri In Vitro Antagonistic Effects of Endophytic Fungi Isolated from Grapevine Rootstocks and Cultivars Against Some of the Fungal Pathogens Associated with Grapevine Trunk Diseases A. YAĞCI, D. S. AKGÜL, R. CANGI	451-461
Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi Determination of Milk Consumption Habits of Students of Animal Science Department, Çukurova University M. ÇELİK GÜNEY, S. GÖNCÜ	462-469
The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tomato-Growing Areas of Muğla Muğla İli Açık Tarla Domates Üretim Alanlarında Hasat Sonrası Bitki Artıkları Temizliğinin Domates Yaprak Güvesi <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nin Ergin Popülasyon Yoğunluğuna Etkisi Y.M. TÜRKMEN, C. KAZAK	470-478
Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makamalık Buğday (<i>Triticum durum</i> L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi Characterization of Agro-Morphological Traits of Local Durum Wheat (<i>Triticum durum</i> L.) Genotypes Collections from Five Mediterranean Countries under Adana Conditions E. ÇAKIR	479-496
Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi The Effects of Foliar Vermicompost Treatment on Yield, Quality, Stoma Characteristics, and Leaf Nutrient Concentrations of Black Magic and Prima Grape Cultivars S. CANTÜRK, S. TANGOLAR, S. TANGOLAR, A. ALKAN TORUN, R. GÜLER	497-509
Karpuzda (<i>Citrullus lanatus</i> L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktar Üzerine Etkisi Effect of Different Types of Boron Application on Pollen Quality and Quantity in Watermelon (<i>Citrullus lanatus</i> L.) M. NAMLİ, P. ADIGÜZEL, Ş. KARABIYIK, İ. SOLMAZ	510-518
Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (<i>Vitis vinifera</i> L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri Effects of Foliar Applications of Potassium and Magnesium on the Yield and Quality Characteristics, Mineral Element Concentrations, Temperature and Chlorophyll Amount of Trakya İlkeren and Early Cardinal Grape Varieties (<i>Vitis vinifera</i> L.) S. TANGOLAR, S. ALOMAR, M. ADA	519-532
Investigation of The Effect of Apricot Fibre Addition on The Chemical and Sensory Properties of Peanut Butter Kayısı Lifi İlavesinin Yer Fıstığı Ezmesinin Kimyasal ve Duyusal Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi F. G. EVÇİL, A. BOZDOĞAN	533-541
Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi Determination of Aroma Compounds Composition of Erzincan Tulum Cheese by SPME/GC-MS Technique D. KESER, G. GÜÇLÜ, O. SEVİNDİK	542-549
Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi Effect of Production Parameters (Temperature, Humidity, and Time) on Physicochemical Properties of Black Garlic H. K. ŞAŞMAZ, O. SEVİNDİK, Ö. AKSAY, H. KELEBEK	550-566



Research Article

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Türkiye

Mahmut CETİN¹, Omar ALSENJAR^{1*}, Angela HIUHU², Muhammet Said GOLPINAR¹, Muge ERKAN CAN¹

ABSTRACT

Climate change and population growth have led to changes in both the quantity and quality of water resources. In Türkiye, a Mediterranean country, over 75% of its surface water is used for irrigation. Given the average annual precipitation (574 mm) in Türkiye, except for the Black Sea Region, all arable land in the country relies on irrigation to maintain sustainable food production. Agriculture constitutes 6% of Türkiye's gross domestic product (GDP), with exports including crops such as cotton, corn, cereals, pulses, oilseeds, nuts, citrus orchards, and various fruits. As a result, the water provided for irrigation in any irrigation system must meet acceptable irrigation water quality standards to ensure the sustainability of irrigation and food security. This study aims to a) investigate two essential irrigation water quality parameters: Electrical Conductivity (EC) and Total Dissolved Solids (TDS), and b) evaluate their empirical relationship using samples collected from various water sources within a large-scale irrigation district, covering an area of 9495 ha in the Eastern Mediterranean Region of Türkiye. Water samples were collected over a period of one water year, from October 2022 to September 2023. A total of 13 locations were considered: a) Seven agricultural drainage channels, b) Four irrigation water sources (Seyhan River, Ceyhan River, one spring and one groundwater well), c) Two outlets - the existing research catchment outlet and the other downstream. The EC values of water samples were determined using a benchtop EC meter in the laboratory, and TDS was determined by the gravimetric method. The results showed that there was a statistically significant correlation ($r \geq 0.98$) between EC and TDS across all water samples. The proportionality constant (K) ranged predominantly between 400 and 800 and was consistent with literature reporting a linear relationship between EC and TDS. Research findings suggest that the quality of different water supplies is suitable for irrigation of all kinds of crops grown in the Lower Seyhan Plain in Türkiye. The overall characteristics of the average annual EC and TDS values are reflected in the proposed equations for each water body. However, in future research, we recommend that water sample volumes should be at least 100 ml to provide more accurate results for water quality assessment.

Keywords: Electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), water quality, irrigation catchment scale, Lower Seyhan Plain (LSP)

Türkiye'nin Doğu Akdeniz Havzasındaki Büyük Ölçekli Bir Sulama Şebekesinde Farklı Su Kaynaklarının Elektriksel İletkenliği ve Toplam Çözülmüş Katı Madde Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

ÖZ

İklim değişikliği ve nüfus artışı, su kaynaklarının hem miktarında hem de kalitesinde değişikliklere neden olmaktadır. Bir Akdeniz ülkesi olan Türkiye'de, yüzey sularının %75'ten fazlası sulama amacıyla kullanılmaktadır. Yıllık ortalama 574 mm yağış düşmesine rağmen, Karadeniz Bölgesi hariç olmak üzere, Türkiye'deki tarıma elverişli tüm arazilerde, sürdürülebilir tarımsal faaliyetler ve gıda güvenliği sulamaya

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 07.08.2024

Kabul Tarihi: 23.08.2024

¹Çukurova University, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Adana, Turkey

²University of Nairobi, Department of Environmental & Biosystems Engineering, Nairobi, Kenya

*Corresponding Author: omarsenjar@yahoo.com

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Türkiye

bağlıdır. Tarım, Türkiye'nin gayri safi yurt içi hasılasının (GSYİH) %6'sını oluşturmaktadır olup, ihracat ürünleri arasında pamuk, mısır, tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar, fındık, narenciye bahçeleri ve çeşitli meyveler bulunmaktadır. Dolayısıyla, gıda güvenliğini sağlamak için, sulamada kullanılan suyun, kabul edilebilir kalite standartlarını karşılaması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı: a) İki temel sulama suyu parametresini (Elektriksel İletkenlik (EC) ve Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)) analiz edip, irdelemek ve b) Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde 9495 hektarlık bir alanı kapsayan büyük ölçekli bir sulama bölgesindeki çeşitli su kaynaklarından toplanan su örneklerinin EC ve TDS değerleri elde ederek, aralarındaki ampirik ilişkileri değerlendirmektir. Analiz edilen su örnekleri, 1 Ekim 2022 ile 30 Eylül 2023 tarihleri arasında bir su yılını kapsayan dönem boyunca toplanmıştır. Araştırmada, toplam 13 farklı konumdan alınan su örneklerinin kalitesi dikkate alınmıştır: a) Yedi tarımsal drenaj kanalı, b) Dört sulama suyu kaynağı (Seyhan Nehri, Ceyhan Nehri, bir kaynak ve bir yer altı suyu kuyusu), c) İki drenaj çıkış noktası (mevcut araştırma havzası çıkışı ve bu çıkışın mansap noktasında yer alan bir lokasyon). Su örneklerinin EC değerleri laboratuvarında EC metre kullanılarak, TDS değerleri ise gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Tüm su örnekleri için, EC ve TDS değerleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir korelasyon ($r \geq 0.98$) bulunmuştur. EC ve TDS arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren orantı sabiti (K) genellikle 400-800 arasında değişmiştir. Bu değerlerin, EC ve TDS arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren literatürle tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, Türkiye'nin Aşağı Seyhan Ovası'nda bahsi geçen su kaynaklarındaki sulama suyu kalitesinin, yörede yetiştirilen bitkilerin sulanmasına uygun olduğuna işaret etmiştir. Her su örnekleme noktası için belirlenen deneysel ilişki denklemleri, yıl boyunca ortalama EC ve TDS değerlerinin genel özelliklerini yansıtmıştır. Bununla birlikte, gelecekte yapılacak olan araştırmalarda ve su kalitesi değerlendirmelerinde daha doğru ve temsili sonuçlar elde etmek için, su örnekleme hacimlerinin en az 100 ml olması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), su kalitesi, sulama şebekesi ölçeği, Aşağı Seyhan Ovası (ASO)

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-5751-0958, 0000-0001-9471-794X, 0000-0002-8476-0191, 0000-0002-3536-4563, 0000-0002-0744-1496

Introduction

As all living things use water for a variety of purposes, the quality and quantity of water are of great importance to humanity. Water quality describes the physical, chemical, thermal, and biological properties of water (Ritchie and Schiebe, 2000). Water quality depends on many factors, such as climate, geographical location, topography, and geological structure. In drought-prone areas, such as the Mediterranean region, the quality and quantity of water are particularly sensitive. Therefore, monitoring water quality is particularly important in arid and semi-arid environments (Cetin et al., 2020). Türkiye is a Mediterranean country (Alsenjar et al., 2022), with a semi-arid climate characterized by hot, dry summers and cool, rainy winters. Accordingly, approximately 76% of all water is used for agricultural irrigation (Cetin et al., 2023). As a result, every drop of water is thus crucial and valuable for agricultural purposes. Given seawater intrusion, continuous

monitoring, assessment, and improvement of the quality of water are critical for managing the quality of surface water and groundwater (Anyango et al., 2024; Lech et al., 2016; Ritchie and Schiebe, 2000). Water quality tests are either carried out *in-situ* or the samples are brought to the laboratory for further experiments/analysis (Ritchie and Schiebe, 2000). In this context, Zaman et al. (2018) reported that the four basic criteria for evaluating irrigation water quality are water salinity, i.e., EC, sodium hazard (SAR), residual sodium bicarbonate, and ion toxicity. Cetin et al. (2020) addressed the importance of *total dissolved solids*, i.e., TDS, in assessing irrigation water quality.

Total dissolved solids (TDS) is defined as the total amount of dissolved solids in water, which quantifies the amount of material dissolved in water (Anyango et al., 2024; Thirumalini and Joseph, 2009). TDS exist in many forms: salts, metals, cations, and anions dissolved in water

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

(Dede et al., 2013). Irrigation water with a high TDS content may cause soil salinization in one way or another. In turn, TDS is an indicator of soil salinity, which is affected by ongoing agricultural practices. The majority of salts found in water, including calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), chlorides (Cl), and sulfates (SO_4^{2-}), play essential roles in supporting crop growth. The changes in these salts also lead to changes in the magnitude or degree of electrical conductivity (EC). However, an excess of any quantity can result in a reduction in crop yield. TDS is also referred to as part per million (ppm), and its units are milligrams per liter ($mg\ l^{-1}$).

On the other hand, EC is defined as the ionic strength of water that enables to transfer electrical current. The ionic strength is represented by the diversity of cations and anions in water (Dede et al., 2013). EC is commonly measured in either $dS\ m^{-1}$, $dS\ cm^{-1}$, or $\mu S\ cm^{-1}$. The quantification of TDS is

cumbersome, so EC is measured in the laboratory or field, and the measured value gives an indicator of TDS using Equation 1. Accordingly, some EC instruments provide an approximate or rough estimation of TDS based on EC. Therefore, this forecast is subject to a degree of uncertainty. However, determination of TDS is important for understanding salinity levels in water, especially in areas surrounded by the sea, as in the case of our study area. TDS is related to EC by a factor known as the *constant of proportionality* (K), which varies depending on the quality of water, as shown in Equation 1 (Rusydi, 2018). It has been shown in the literature that the likely values of K range from 400 to 800.

$$TDS = K \times EC \quad (1)$$

The relationship between TDS and EC was measured using the *correlation coefficient* (r) and (Choo-in, 2019) explains the level of this relationship in Table 1.

Table 1. Degree of correlation between TDS and EC (Choo-in, 2019)

Correlation Coefficients (r)	Level of Relationship
0.91-1.00	Very High
0.71-0.90	High
0.51-0.70	Moderate
0.31-0.50	Low
0.00-0.30	Very Low

The TDS concentration in a water source indicates the presence of inorganic salts and small amounts of organic matter in the water, and EC is a surrogate measure of TDS. Therefore, EC was used to measure the water's ability to conduct electrical current. In turn, to ensure that water quality is suitable for irrigation, EC and TDS are key indicators for determining the quality of different water sources available in an agricultural catchment. Given this, the study was designed to achieve two objectives:

a) To evaluate the relationship between TDS and EC for different types of water sources in an agricultural catchment, i.e., the Akarsu Irrigation

District (AID), which covers an area of 9495 ha situated in the eastern Mediterranean region of Turkiye.

b) To apply these relationships in regions where only EC measurements are available, thereby allowing determination of TDS for different water types.

Materials and Methods

Study Area and Data Used

The study area, known as the Akarsu Irrigation District (AID), is situated within a catchment area covering 9495 ha in the Lower Seyhan Plain (LSP) of Turkiye (Alsenjar et al., 2023a; 2023b;

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

Kaman and Cetin, 2022). The terrain in this area is predominantly flat and uniform. In the AID, the yearly mean, minimum, and maximum air temperatures were 18.9 °C, 9.0 °C, and 31.0 °C, respectively. In addition, the average annual rainfall in the catchment area and its surroundings is 649.5 mm (Cetin et al., 2020). The winter season in Turkiye typically lasts from December 1st to the end of February, while the summer season extends from June 1st to the end of August. Figure 1 shows the location of the irrigation district and its surroundings. Continuous irrigation over a long period has affected the shallow water table and water quality in this semi-arid region (Cetin et al., 2020). Therefore, the continuous management of water quality is crucial in this area.

The AID, located in the eastern Mediterranean region of Turkiye, is shown in Figure 1. The dotted lines (— . . —) representing drainage channels and the arrows indicate the direction of the water flow. As seen in Figure 1, within the district, L6 (fed from the Seyhan River) and L9 (from the Ceyhan River) serve as irrigation water input points, along with a spring and L8 which accesses groundwater. L2 and L11 are locations where drainage water enters the study area, while DO1, DO2, DO3, DO5, and L10 are outlets for drainage waters within the study area. L4 serves as the main drainage outlet of the catchment, and L12 is an outfall located downstream of the study area.

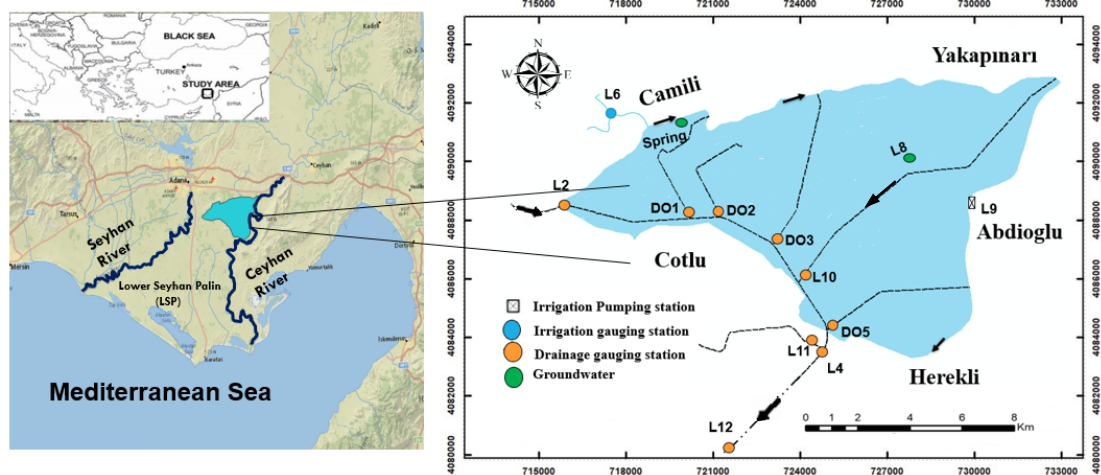


Figure 1. Location of the study area in Turkiye and the Lower Seyhan Plain (LSP) Irrigation Project area

Water Sampling

Water samples were collected over a period of one water year, from October 2022 to September 2023, at thirteen locations as shown in Figure 1. Daily water samples were collected using an automatic water sampler installed at the main drainage outlet (L4) within the study area and at L12, as shown in Figure 1. In contrast, water samples from other irrigation and drainage points (inflows and outflows) were collected every two weeks. In particular, L6 and L9 represent irrigation diversion locations from the Seyhan and Ceyhan Rivers, respectively. L9 also serves as a pumping station during the peak

irrigation season when there is a shortage of water in the main irrigation canal. This station transfers irrigation water from the Ceyhan River to the study area. Additionally, a shallow groundwater well, L8, and a spring within the study area were also sampled. Furthermore, water samples were collected from the drainage inlets at L2 and L11 and from the drainage outlets of DO1, DO2, DO3, L10, and DO5, which are located in the study area. The typical volume of water collected at each sampling location was approximately 250 ml. However, the majority of this volume was used for other analyses, such as Na, Ca, Mg, K, Cl, CO₃, HCO₃,

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

suspended sediment concentrations, etc. Consequently, the remaining volume of water, which ranged from 20 to 110 ml, was used for EC and TDS analyses at each sampling location. Table 2 shows the number of water samples

collected and the volume of each water sample used for EC and TDS analysis at the Agricultural Structures and Irrigation Laboratory of Cukurova University, Adana, Turkiye.

Table 2. The number of water samples collected and the volume of each sample used in the EC and TDS analyses

Sample Description	Sample Location	Number of samples	Volume (ml)
Water Sources	Spring	12	48-61
	Groundwater (L8)	15	50-56
	L6 (irrigation, Seyhan River)	7	32-82
	L9 (irrigation, Ceyhan River)	10	29-67
Drainage Outlets of the Study Area	L4 (outlet within the study area)	60	20-110
	L12 (outside the study area)	82	20-89
Drainage (Inputs and outputs within the study area)	DO1(output)	10	22-86
	DO2(output)	9	30-57
	DO3(output)	11	33-58
	DO5(output)	11	30-59
	L2 (input)	8	33-58
	L10 (output)	9	40-115
	L11 (input)	9	29-59

Linear Regression Analysis Between EC and TDS

In this study, linear regression models were applied to determine the relationship between EC and TDS data collected from multiple sampling sites. For each sampling site, a linear equation in the form of $TDS = K \times EC$ was derived, and the slope (i.e., the *constant of proportionality*) was determined by Rusydi (2018) and Cetin et al. (2020).

Laboratory Analysis: Electrical Conductivity Measurements and Determination of Total Dissolved Solids

As explained above, water samples were collected from 13 sampling sites and placed in well-labeled bottles displaying the respective dates of collection and sample site. Water samples were preserved in accordance with the standards (25 °C) (Boyd, 2020). Water samples were filtered to remove any particulate matter. The EC values of the water samples were

determined using a benchtop EC meter. As recommended by Boyd (2020), the water sample was gently shaken, and the EC meter probe was inserted into the sample. A reading was taken after displaying a constant figure on the conductivity meter screen. The probe was washed with distilled water before use in subsequent tests.

TDS was determined using the gravimetric method (EnviroMail, 2022). A dry clean beaker was weighed, its weight recorded, and a known volume of the water sample was poured into the beaker. The beaker was placed in the oven to dry until there was no difference in the dry weight of the beaker (Boyd, 2020). The difference in weight was recorded as the weight of the solids. This process was repeated for all samples. Measurement details are available in Boyd (2020), Golpinar et al. (2022), and EnviroMail (2022), among others. Equation 2 shows how TDS was calculated.

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

$$TDS = K_{con} \times \frac{\text{Weight of solids (mg)}}{\text{Volume of water sample (l)}} \quad (2)$$

K_{con} is a factor that converts the unit of mg per volume of water sample used in the analysis to the standard unit of mg per liter (mg l^{-1}).

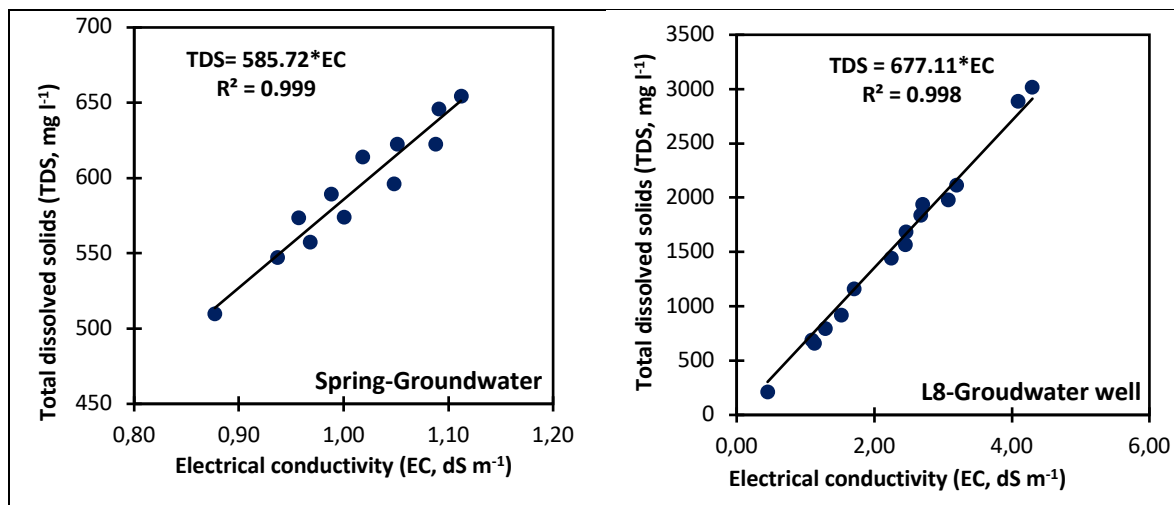
Graphs comparing TDS and EC were plotted and analyzed to diagnose potential data inconsistencies. The graphs show both *the constant of proportionality (i.e., K)* and *the determination coefficient (R^2)* of the linear regression line.

Results and Discussion

As can be seen from the details given in the material and method section, the data included EC readings from the EC meter, the weight of the empty beaker, the weight of the beaker containing dried solids, and the volume of water for each sample. This data was recorded and analyzed using an Excel sheet. The TDS was calculated using Equation 2, and its values were plotted against the EC values in graphs as shown below (Figure 2 - Figure 4). The relationship between TDS and EC was determined by calculating the *coefficients of determination, correlation coefficient, and constant of proportionality* using linear regression. Mathematical forms of the relationships between EC and TDS, *the proportionality coefficient K*, and the *coefficient of determination R^2* obtained

from the regression analysis are shown in Table 3 for the sampling locations. This analysis allowed us to derive conclusions about the degree of water quality at the sampling sites and the nature of the relationship between EC and TDS.

As seen in Figure 3, Figure 4a, and Figure 4b, in the graphical representation of the data, the sampling sites, based on the water sources, were grouped into three categories to help water quality experts and practitioners make rational decisions and/or interpretations about the quality of different water sources: irrigation inputs and outputs within the study area, and drainage outlets within and outside the study area.



Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

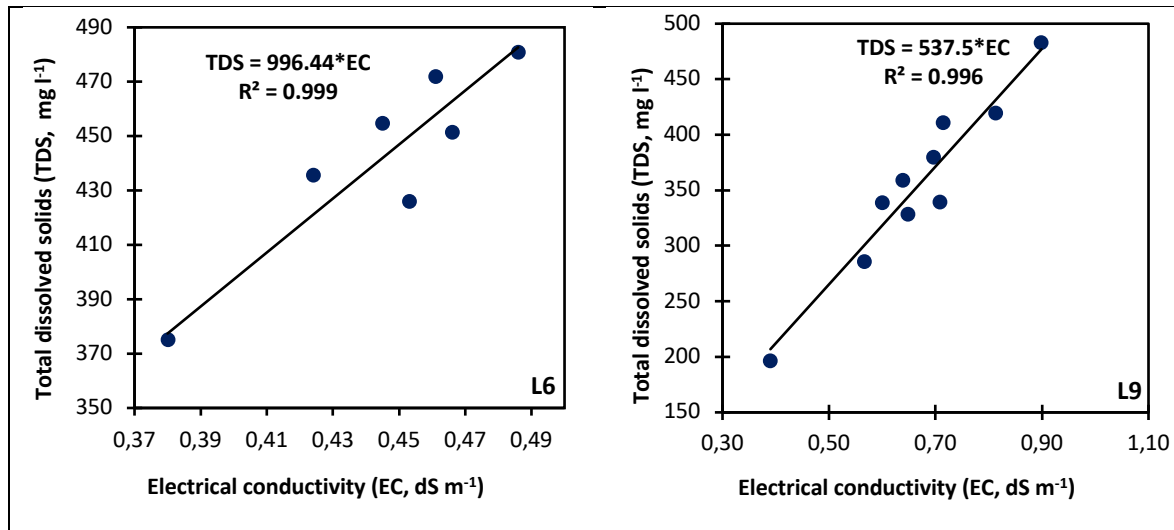


Figure 2. Post plot of EC versus TDS data acquired from irrigation inputs (L6 from Seyhan River, L9 from Ceyhan River) and groundwater (Spring and L8), the mathematical form of the linear relationship between EC and TDS, and the coefficient of determination of the relationship by sampling sites

Table 3. Summary of the relationships between TDS and EC, *proportionality coefficients (K)*, and *determination coefficients (R²)* according to water source and sampling location

Sample Description	Sample Location	$TDS=K*EC$	Determination Coefficients (R^2)
Water Irrigation Sources	Spring	$TDS=585.72*EC$	0.9997
	Groundwater (L8)	$TDS=677.11*EC$	0.9976
	L6 (irrigation, Seyhan River)	$TDS=996.44*EC$	0.9991
	L9 (irrigation, Ceyhan River)	$TDS=537.50*EC$	0.9959
Drainage Outlets in the Research Area	L4 (outlet within the study area)	$TDS=434.50*EC$	0.9935
	L12 (outside the study area)	$TDS=537.77*EC$	0.9916
Drainage (Inputs and Outputs Within the Study Area)	DO1(output)	$TDS=565.78*EC$	0.9958
	DO2(output)	$TDS=597.68*EC$	0.9982
	DO3(output)	$TDS=590.59*EC$	0.9995
	DO5(output)	$TDS=552.80*EC$	0.9986
	L2 (input)	$TDS=609.76*EC$	0.9973
	L10 (output)	$TDS=562.26*EC$	0.9974
	L11 (input)	$TDS=815.93*EC$	0.9944

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

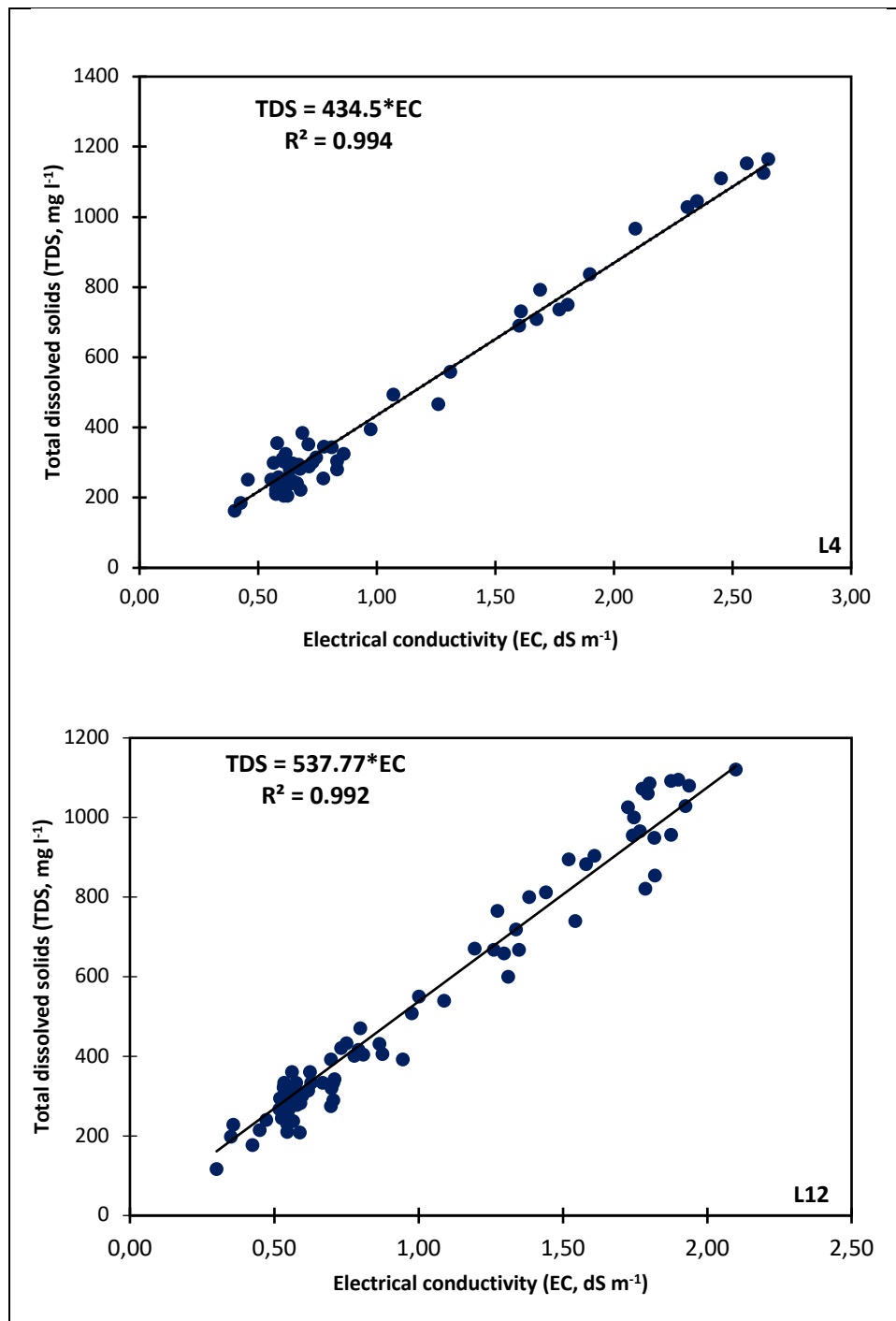


Figure 3. Post plot of EC versus TDS data acquired from drainage outlets: the mathematical form of the linear relationship between EC and TDS, and the coefficient of determination of the relationship by sampling sites, i.e., L4 and L12

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

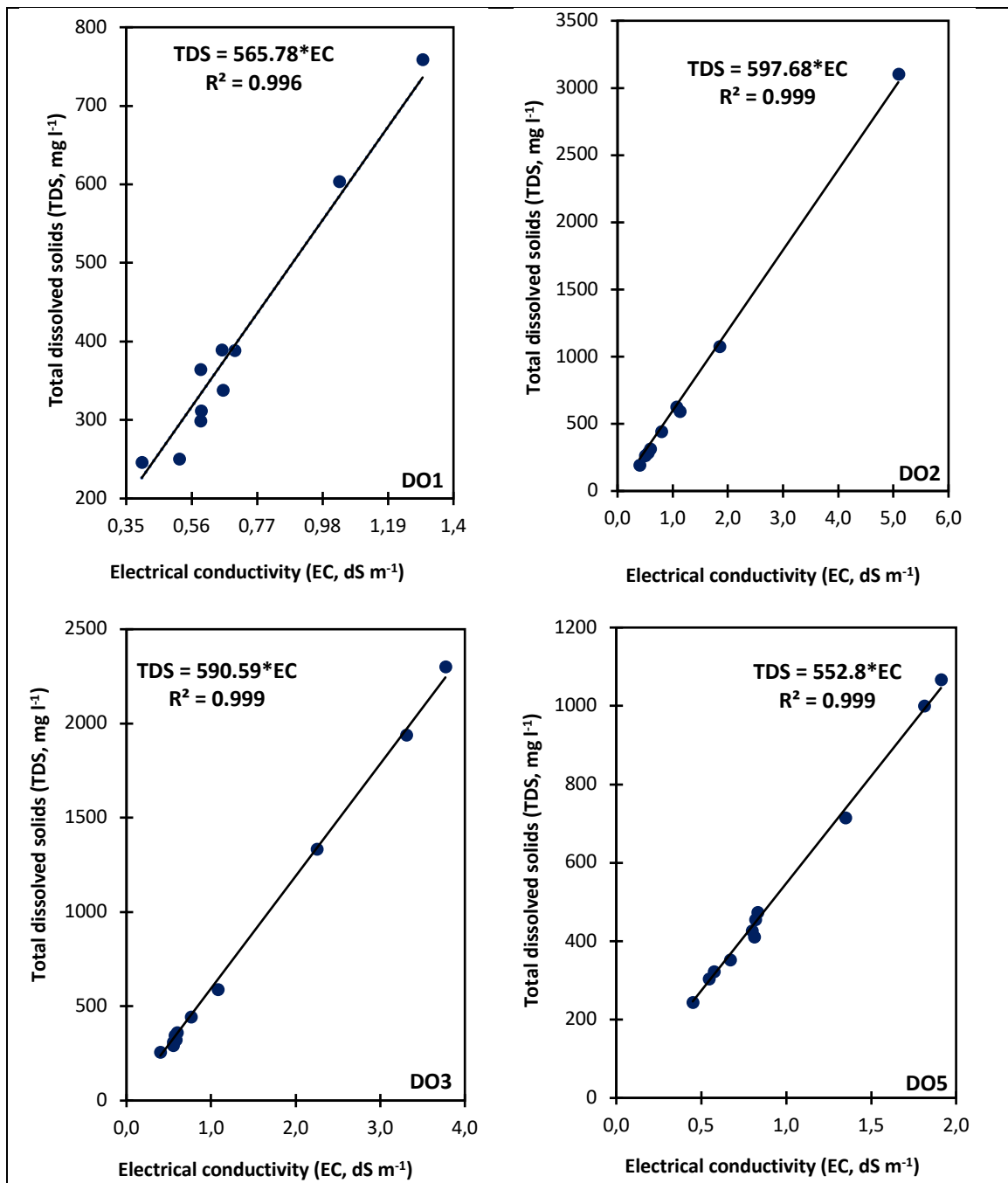


Figure 4a. Post-plot of EC versus TDS data acquired from drainage outlets (DO1, DO2, DO3, DO5), the mathematical form of the linear relationship between EC and TDS, and the coefficient of determination of the relationship by sampling sites

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

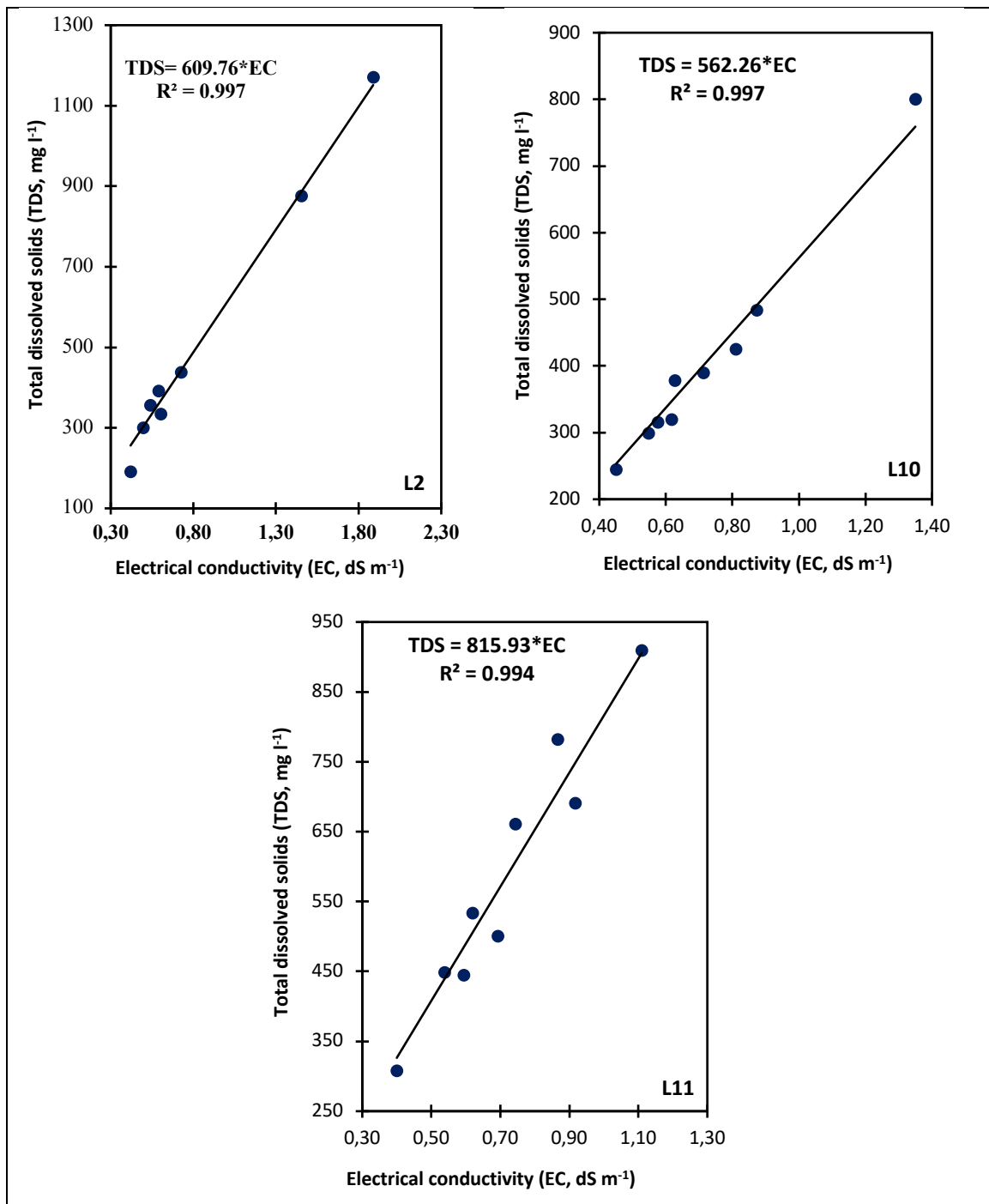


Figure 4b. Post plot of EC versus TDS data acquired from drainage outlets (L2, L10, L11), the mathematical form of the linear relationship between EC and TDS, and the coefficient of determination of the relationship by sampling site

As explained before, the regression analysis results are summarized in Table 3. Table 3 shows the different equations of TDS and EC as well as the *constant of proportionality factor* (K

in $mg\ l^{-1}\ (dS\ m^{-1})^{-1}$ unit) values across all sampling sites.

The values of the *constant of proportionality factor* K , i.e., the ratio of TDS/EC, ranged from

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

434.50 to 996.44. The highest K value was recorded at L6, a water source from the Seyhan River, while the lowest K value was observed at L4, the outlet of the irrigation catchment. For drainage outputs within the study area (L2, L10, L11, DO1, DO2, DO3, DO5), the K values generally ranged from 553 to 598. Surprisingly, the EC values for DO5 and L10 were almost identical, indicating minimal differences in K values between these two sampling sites. Rusydi (2018) pointed out that the EC of natural waters for irrigation varies from 0.5 dS m^{-1} to 3.0 dS m^{-1} and the constant of the proportionality factor K changes between $550 \text{ mg l}^{-1} (\text{dS m}^{-1})^{-1}$ and $750 \text{ mg l}^{-1} (\text{dS m}^{-1})^{-1}$. The bypass flow contribution from the irrigation canal outlets to the drainage outlets may account for this similarity. On the other hand, the similarity of K values at DO5 and L10 can be attributed to the fact that citrus orchards were cultivated at both DO5 in Figure 4a and L10 in Figure 4b, resulting in similar agricultural practices compared to other points like DO1, DO2, and DO3, where winter and summer crops (such as cereals, cotton, and corn) were grown. Factors such as fertilizer use, crop type, soil type, and groundwater likely influence the EC and TDS values at the drainage points. Figure 4b shows that the K value at L11 was higher (nearly 816) than the other drainage outputs in the study area. Since this drainage canal was partially influenced by the sewage of the village of Cotlu, the ionic composition of the drainage water at L11 may differ from that at the other sites. On the other hand, effluents from L11 originate from outside the study area, where agricultural practices differ slightly from those within the AID. The K value at L4 (434.50) was lower than that at L12 (537.77), likely due to differences in crop types and farming practices as well as differences in irrigation water and base flow contributions. However, the R^2 values at all points were high, close to 1.0, ranging from 0.9916 to 0.9991. Based on the criteria given in Table 1, it is concluded that the correlation and linear relationship between EC and TDS is statistically significant at $\alpha = 0.01$, and the level of the relationship is “very high”. The

results of this study confirmed that the quality of irrigation water diverted from the Seyhan and Ceyhan Rivers met the allowed limits for irrigation practices.

Conclusion

The results indicate a strong positive correlation (r) of 0.99 across all water samples in the irrigation district, highlighting a “very high” degree of relationship between EC and TDS, where the presence of ions in the water affects its electrical conductivity either linearly or otherwise. Although there are references to linear and curvilinear relationships between EC and TDS in the literature, the EC and TDS relationships of different water sources in the study area were found to be linear. The K factor, obtained as the constant of proportionality between TDS and EC, fell within the literature range of $400\text{-}800 \text{ mg l}^{-1} (\text{dS m}^{-1})^{-1}$, indicating that water is suitable for irrigation in the AID district. The range of K values also supports the linear relationship between TDS and EC, with high EC values corresponding to high K values, further demonstrating the strong positive correlation between these two factors. Groundwater samples (L8) and drainage effluents in DO2 and DO3 had the highest TDS and EC values as expected, but the K factor was below $700 \text{ mg l}^{-1} (\text{dS m}^{-1})^{-1}$, which is within the limits of natural water K value, indicating that the water was of suitable quality for irrigation. However, further analysis is necessary at these locations to determine which ion is most prevalent in the water and its correlation with both TDS and EC. The high TDS values in groundwater can also be attributed to continuous agricultural activities and high evapotranspiration rates in the area, which affect its spatial variability. The K value of water samples collected at site L6 was the highest, at $996 \text{ mg l}^{-1} (\text{dS m}^{-1})^{-1}$, exceeding the acceptable range for irrigation, although it was the primary source of irrigation water for the AID. Because L6 water is sourced from the Seyhan River, the water quality of the river requires continuous monitoring. However, the use of small volumes of water samples for TDS determination at this site may account for this discrepancy in K at this site. Finally, the proposed equations can be

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

generalized for use in situations where measuring TDS is difficult, by relying on the EC values for various water sources in the Lower Seyhan Plain of Turkiye or regions similar to the study area in the Mediterranean region of the world. Furthermore, the proposed equations represent the general characteristics of the mean EC and TDS values over the course of a year. However, future analyses of EC and TDS should be conducted to determine whether the relationship between EC and TDS at each water location remains consistent and whether various factors influence water quality. For short-term or seasonal studies, this analysis should be repeated to derive new equations that express the relationship between EC and TDS for specific periods, such as the winter (rainy) season or the

summer (irrigation) season. In future analyses, the volume of water samples should be at least 100 ml, as recommended by Atekwana et al. (2004), to achieve more accurate results for water quality assessments.

Acknowledgements

The authors thank the Scientific Research Projects (BAP) Coordination Unit of Cukurova University for funding this research [Project Number: FDK-2022-14907]. The author, Angela Hiuhu, would like to thank the authorities of the University of Cukurova and the University of Nairobi for allowing her to study in Turkiye as part of the Erasmus Plus mobility program.

References

- Alsenjar, O., Aksu, H., Cetin, M. (2022) The use of some specific drought indices to evaluate meteorological drought events in the Black Sea Region of Turkey. *Çukurova J Agric Food Sci* 37(2): 261-272.
<https://doi.org/10.36846/CJAIFS.2022.93>.
- Alsenjar, O., Cetin, M., Aksu, H., Akgul, M. A., Golpinar, M. S. (2023a) Cropping pattern classification using artificial neural networks and evapotranspiration estimation in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences* 29:677-689.
<https://doi.org/10.15832/ankutbd.1174645>.
- Alsenjar, O., Cetin, M., Aksu, H., Golpinar, M. S., Akgul, M. A. (2023b) Actual evapotranspiration estimation using METRIC Model and Landsat Satellite Images over an irrigated field in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews*, 5:35-49.
- Anyango, G. W., Bhowmick, G. D., Sahoo Bhattacharya, N. (2024) A critical review of irrigation water quality index and water quality management practices in micro-irrigation for efficient policy making. In *Desalination and Water Treatment. Elsevier B.V. Vol. 318.*
<https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100304>.
- Atekwana, E. A., Atekwana, E. A., Rowe, R. S., Werkema, D. D., Legall, F. D. (2004) The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon. *Journal of Applied Geophysics* 56(4):281-294.
<https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2004.08.003>.
- Boyd, C. E. (2020) *Water Quality: an Introduction.* Springer Nature, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>.
- Cetin, M., Alsenjar, O., Aksu, H., Golpinar, M. S., Akgul, M. A. (2023) Comparing actual evapotranspiration estimations by METRIC to in-situ water balance measurements over an irrigated field in Turkey. *Hydrological Sciences Journal* 68(8), 1162–1183.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2198649>.
- Cetin, M., Golpinar, M. S., Can, M. E. (2020) Deriving mathematical relationships between electrical conductivity and concentrations of some minerals in

Assessing the Relationship Between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids of Different Water Resources in a Large-scale Irrigation Scheme in the Eastern Mediterranean Basin of Turkiye

- groundwater: A case study in the Mediterranean Region of Turkey. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research* 4(3):318–327.
<https://doi.org/10.29329/ijjaar.2020.274.5>
- Choo-in, S. (2019) The relationship between total dissolved solids and the conductivity value of drinking water, surface water and waste water. The 2019 International Academic Research Conference, Amsterdam.
- Dede, O., Ilker, T., Aral, M. (2013) The use of water quality index models for the evaluation of surface water quality: A case study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey. *Water Quality, Exposure and Health* 5(1):41-56.
- EnviroMail (2022) Techniques for Accurate Measurement and Estimation of Total Dissolved Solids. EnviroMail, Canada, Issue 42, November 2022.
<https://www.alsglobal.com/en/news-and-publications/2022/11/enviromail-42-canada-accurate-tds-measurement>.
- Golpinar, M. S., Cetin, M., Can, M. E., Alsenjar, O. (2022) Estimation of missing sediment concentration data in agricultural drainage basins and detection of seasonal variation. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*, No I/1/2022, *Polish Academy of Sciences, Commission of Technical Rural Infrastructure, Cracow Branch*, pp. 84-95.
http://www.infraeco.pl/en/art/a_18807.htm.
- Kaman, H., Cetin, M. (2022) Introducing the importance of mass balance works for soil salinity in a large scale irrigation scheme in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Çukurova J. Agric. Food Sci* 37(1):46-52.
<https://doi.org/10.36846/CJAIFS.2022.72>.
- Lech, M., Fronczyk, J., Radziemska, M., Siczka, A., Garbulewski, K., Koda, E., Lechowicz, Z. (2016) Monitoring of total dissolved solids on agricultural lands using electrical conductivity measurements. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(4):285-295.
- Ritchie, J. C., Schiebe, F. R. (2000) *Water Quality*. In: Schultz, G.A., Engman, E.T. (eds) *Remote Sensing in Hydrology and Water Management*. Springer, Berlin, Heidelberg; https://doi.org/10.1007/978-3-642-59583-7_13.
- Rusydi, A. F. (2018) Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 118(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>.
- Thirumalini, S. Joseph, K. (2009) Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in natural waters. In: *Malaysian Journal of Science* 28 (1): 55-61.
- Zaman, M., Shahid, S. A., Heng, L. (2018) *Irrigation Water Quality*. In *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques* 113- 131, Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_5.



Araştırma Makalesi

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

Nurten CENGİZ¹, Adnan ABDULVAHİTOĞLU^{2*}

ÖZ

Gıda ve gıda güvenliği toplumlar için insanlık tarihi boyunca stratejik bir konu olarak süregelmiştir. Nüfus artışı ve mevsimsel gıda kaynaklarının yetersiz kalması, gıdaların uzun süreli muhafazası için depolanma ihtiyacını doğurmuştur. Bu maksatla geçmişten bu yana, az enerji tüketimi, kolay taşıma, uzun raf ömrü, az katkı maddesi ve yoğun besin değerlerinden dolayı gıdalar kurutulmuş olarak saklanmaktadır. Günümüzde kullanılan farklı kurutma yöntemleri ile gıdaların vitamin, mineral gibi yararlı bileşenleri daha yüksek oranlarda korunabilmektedir. Diğer paketlenmiş gıdalara göre fiziksel, kimyasal, mikrobiyal özellikleri ile besin değerleri açısından daha kaliteli olan kurutulmuş gıdalar, günümüzde yüksek teknoloji kullanımı ile kıymetli ticari ürünler haline gelmişlerdir. Bu çalışmada, kayısı kurutmada kullanılan yöntemler aroma, besin değerleri, işlem hızı, renk, tekstürel özellikler, raf ömrü ve lezzet parametreleri çerçevesinde literatürde sıklıkla kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden Entropy ve TOPSIS tekniklerinin tümlleşik kullanımı ile karşılaştırılmış ve dondurarak kurutma en uygun kayısı kurutma yöntemi olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gıda Güvenliği, Kayısı Kurutma Yöntemleri, ÇKKV, Entropy, TOPSIS

Evaluation of Optimum Apricot Drying Method with Entropy Integrated TOPSIS Technique

ABSTRACT

Food and food safety have been strategic issues for societies throughout human history. Population growth and limited seasonal food resources have created the need for long-term food preservation through storage. For this purpose, drying has been a widely used method since ancient times due to its low energy consumption, ease of transportation, long shelf life, minimal additives, and high nutritional value. Today, with the application of various drying techniques, the beneficial components of foods, such as vitamins and minerals, can be preserved at higher rates. Dried foods, which surpass other packaged foods in terms of physical, chemical, microbial properties, and nutritional value, have become valuable commercial products with the integration of high technology. In this study, apricot drying methods were compared using the integrated Entropy and TOPSIS techniques, commonly used in the literature, based on parameters such as aroma, nutritional value, processing speed, color, texture, shelf life, and flavor. Freeze drying was identified as the most suitable method for apricot drying.

Keywords: Food safety, Apricot Drying Methods, MCDM, Entropy, TOPSIS

ORCID ID (Yazar Sırasıyla)

0000-0002-6640-4927, 0000-0002-2659-6709

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 09.07.2024

Kabul Tarihi: 13.09.2024

¹ Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi/ Gıda Mühendisliği Bölümü Sarıçam /Adana

² Mudanya Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mudanya / Bursa

*E-posta: abdulvahitoglu@gmail.com

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

Giriş

Tarımsal ürünler yapısal içeriklerinden dolayı hasat işleminden belirli bir süre sonra çürümeye veya bozulmaya başlar. Bu süre baklagiller gibi kuru gıdalarda uzarken özellikle taze meyve ve sebzelerde kısalmaktadır. Çürüme veya bozulma nedeniyle gıda maddelerinin aroma, renk, lezzet ve besin değerleri kaybolurken, muhafaza edilemediği, kullanılmadığı ve çöpe atıldığı için ekonomik olarak da kayba sebebiyet verirler. Hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak gıdaların uzun süre muhafaza edilememesi ve insanların tüketimine sunulamaması bazı koruma ve saklama yöntemlerini ön plana çıkarmaktadır. Ürünlerin kalitesini koruyarak ve raf ömrünü koruyarak muhafazası için insanlık tarihinden bu yana çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan kurutma en yaygın ve ekonomik olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş gıdaların kolaylıkla taşınması ve depolanması, besin değerlerinin yoğunlaştırılması, muhafaza sürelerinin uzunluğu, depolama maliyetlerinin azlığı gıda güvenliği açısından kurutma yönteminin önemini artırmaktadır. Özellikle taze meyvelerden kayısı, incir ve üzümün yoğun üretimi ve kurutulmuş gıda olarak tüketimi bu ürünlerinin ekonomik değerlerini artırarak ticari bir ürün haline getirmektedir.

Uygun olmayan gıda muhafaza yöntemlerinin tercihi nedeniyle yaşanan ürünlerin kalite ve besin değeri kaybı, ekonomik değerleri de hesaba katıldığında gıda güvenliği açısından büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu yüzden uygun gıda muhafaza şekli ve yönteminin seçimi her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır (Ratti, 2001). Bu çalışmada ele alınan kurutma, birçok yöntemden daha az işçilik ve ekipman gerektiren ucuz bir muhafaza yöntemidir. Kurutma özellikle meyve ve sebzelerin uzun süre kullanımı için kullanılan en eski yöntemdir. Kurutma, gıdanın bir ısı etkisi altında bırakılarak içerisindeki nemin uzaklaştırılması işlemidir. Böylece kurutulan gıdadaki nem seviyesi çeşitli mikroorganizmaların gelişmelerini önleyecek seviye indirilerek gıdanın bozulması veya çürümesi engellenmiş olur. Kurutulmuş gıdalar kuru meyvelerde olduğu gibi doğrudan tüketilebildiği gibi, hazır çorba, bebek maması

vb. diğer paketlenmiş gıda ürünlerinin hammaddesi olarak ta kullanılmaktadır.

Kurutma sadece gıda endüstrisinde değil birçok değişik endüstride kullanılan üretim yöntemlerinden biridir. Her ne kadar kurutmada kullanılan sistemlerin temel amacı ürünlerin depolama koşullarını iyileştirmek veya raf ömrünü uzatmak olsa da ürünlerin ambalajlama, nakliye, saklama maliyetlerini de düşürmeye katkı sağlamaktır (Santos ve Silva, 2009). Kurutulmuş gıdaların işleme, ambalajlama, nakliye ve saklama maliyetleri konserve ve dondurulmuş gıdalardan daha azdır (Alwazeer, 2018). Bu çalışmada ele alınan kayısı Türkiye’de bol miktarda üretilen, tüketilen, A vitamini deposu, demir, kalsiyum, fosfor ve bakır gibi mineraller açısından zengin bir üründür (Dağ vd., 2016).

Literatürde; farklı kayısı kurutma yöntemlerinin karşılaştırılması (Kaplan ve Levent, 2019), domates kurutma yöntemleri (Şahin, 2010), farklı kurutma yöntemlerinin Malatya kayısının fenolik özelliklerine etkisi (Kaplan vd., 2019), güneş enerjili gıda kurutucusu tasarımı (Memur, 2022), farklı kurutma yöntemlerinin kurutma karakteristiklerine etkisi (Yang vd., 2024), kayısı kurutma yöntemlerin ürünün fenolik özelliklerine etkisi (Dağ vd., 2016), mikrodalga yöntemi ile kayısı kurutmanın matematiksel modellenmesi (İzli, 2016), kayısı kurutma yöntemlerinin ürünün kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi (Coşkun vd., 2013), kurutma işleminin ürün özelliklerine etkisi (García-Martínez vd., 2013), mikrodalga ve sıcak kurutma yöntemlerinin ürün rengine etkisi (Albanese vd., 2013), kurutma yöntemlerinin kayısı pestilinin ürün özelliklerine etkisi (Suna vd., 2014), kurutulmuş kayısıların tekstürel ve kalite özelliklerinin karşılaştırılması (Horuz vd., 2018), kayısı büyüklüğünün ve kurutma yönteminin, ürün kimyasal özelliklerine etkisi (Karabulut vd., 2018) vb. çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Bu

çalışmalarda daha çok bir kurutma yöntemi diğerleri ile karşılaştırılmış veya herhangi bir şekilde kurutulmuş gıdanın değişik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ancak kurutma yöntemlerin kurutulmuş kayısının bazı özelliklerine göre karşılaştırıldığı ve üreticilere en uygun kurutma

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

Gıda Sektöründe Kurutma Sistemlerinin Kullanımı

Tarım ürünlerin kurutulması genel olarak yapay ve doğal kurutma yöntemleri olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Kurutma sistemlerinden güneşte kurutma doğal, diğerleri ise teknolojik yöntemlerden istifade edilen yapay kurutma çeşitleridir.

Kayısı Kurutma Sistemleri

Klimakterik ve taze iken olgunlaşma süreci devam ettiği için uzun süre muhafaza edilemeyen kayısı meyvesi, konserve yapma, dondurma, kurutma veya vakumlu özel ambalajlama ile raf ömrü uzatılarak saklanır. Kurutma ile kayısı meyvesindeki nem oranı önemli ölçüde düşürülerek, ürünün raf ömrü uzatılır. Kayısların etkili bir şekilde depolanmasında kurutma önemli bir işlemdir (Vega Galvez vd., 2019; Göğüş vd., 2007). Karabulut vd. (2018)'lerinin Jomova ve Valko (2013)'dan aktardığına göre, besin değeri açısından oldukça zengin olan kayısının kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı faydaları ile zengin C vitamini kaynağı olması ve zengin fenolik bileşikleri kayısı ürününün ticari bir ürün haline gelmesini sağlamaktadır. Güneşte kurutma, sıcak kurutma, vakumlayarak kurutma, kızılötesi kurutma, Mikrodalga kurutma, dondurarak kurutma sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir (Yang vd., 2024; Günaydın vd., 2022). Kayısı kurutma sistemlerinin hepsinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Geleneksel yöntemler birçok dezavantajı olmasına rağmen en yaygın kullanılanlardır (Megías-Pérez vd., 2014). Ancak bu yöntemlerde çok fazla besin değerleri kaybı olmakta, zehirli gaz ve böcekler ürünlerde zararlı koşullar oluşmasına neden olmaktadır (Polatçı vd., 2020). Teknolojik kurutma sistemleri ise ısının etkili kullanımı ile kurutma kalitesini artırmaktadır (Kocayığıt, 2010). Bu örneklerde görüldüğü gibi zararlı etkileri azaltmak ve faydalı etkileri artırmak açısından optimum kurutma yönteminin tercihi ve kurutma işleminin modellenmesi oldukça önemlidir (Sablani, 2006; Karataş ve Kamışlı, 2007). Genellikle kullanılan kurutma yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

Güneşte Kurutma: En genel ve yaygın kullanılan geleneksel ve doğal bir yöntemdir. Ancak güneş ısısından ve ışığından her zaman ve her yerde eşit faydalanabilmek mümkün değildir. Meteorolojik olaylardan etkilenen ürün böcek, gaz vb. dış etkilere açıktır. Ayrıca işlem hızı zaman alır. Hijyenik ve homojenliği yapay yöntemlere göre daha azdır. Kurutma işlemi, güneş ısısı ve ışığından faydalanarak kayısındaki su ve nem oranının uzaklaştırılmasını esas alır. Kurutma koşulları günden güne değişebildiği için güneş enerjisinin etkili ve sürdürülebilir kullanımı açısından da dezavantajlıdır. (Cankurtaran, 2018). Emek yoğun işlemlerin fazlalığı, kuruma süresinin fazlalığı, toz, toprak, gaz, yağmur, böcek ve diğer canlılarının etkisine açık olması ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca ürün uzun süre güneş ısısı ve ışığına maruz kaldığında vitamin ve renk kaybı yaşanmaktadır (Karabulut vd., 2018; Göğüş vd., 2007).

Sıcak Kurutma: Bir enerji kaynağından ürünün bulunduğu ortamdaki hava ısıtılır veya ısıtmada kullanılacak su buharlaştırılır. Kurutma işlemi esnasında sıcak hava doğrudan ürüne üflenir, işlem tamamlandıktan sonra ürün soğutulur ve daha sonra depolanır (Şahin, 2010). Güneşte kurutmaya göre işlem hızı daha kısadır. Mikrobiyolojik işlemleri de engellediği için ürün kalitesine olumsuz etkisi daha azdır (Karabulut vd., 2018).

Vakum kurutma: Özellikle kurutma süresi uzun olan meyveleri kurutmada tercih edilir. Çünkü kurutma süresini oldukça azaltır. Gıdada bulunan su ve nemin, düşük ısıda atmosferik şartlardakinden daha kolay uzaklaşmasını sağlar. Ortamdaki hava vakumlanarak alındığı için reaksiyonları azalır ve renk, tekstür ve aromanın daha iyi muhafazasına imkan verir. Daha çok kurutmada kullanılan yüksek ısıdan olumsuz etkilenecek yapısı bozulan gıdaların kurutma işlemi sonucunda kalitesini artırmak için geliştirilmiştir (Şahin, 2010).

Mikrodalga kurutma: Sıcak kurutma ve vakum kurutma ile birlikte kullanılarak kurutma işleminin kalitesini ve verimliliğini artırır. Elektromanyetik enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesi ile başlangıçta nem ve su oranı yüksek ürünlerin kurutulmasında kullanılır.

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

İşlem hızı, verimlilik ve kaliteyi artırırken, işlem maliyetini düşürür. Isıyı yüksek iletkenliği sayesinde gıdanın iç kısmına etkili ve eşit bir şekilde aktarabilmesi en büyük avantajdır (Maskan, 2000; Göğüş vd., 2007). İşlem için gerekli olan ısıya ulaşma süresi diğer yöntemlere göre oldukça kısa olduğu için üretim hızını artırır (Fратиanni vd., 2013)

Dondurarak kurutma: Ürünün tazeliğini en iyi şekilde muhafaza eden yöntemdir. Gıdada bulunan su ve nem sublimasyon ile uzaklaştırılır. Mikrobiyal ve diğer bozulmalar engellenebildiği için kalite en üst seviyede sağlanabilmektedir. Ancak maliyetin yüksek olması dondurarak kurutma işleminin kullanımını kısıtlamaktadır (Şahin, 2010). Güneş, sıcak ve vakum kurutmaya göre lezzet ve renk değişimi daha az seviyededir. (Sablani vd., 2007).

Kızılötesi Kurutma: Kızılötesi kurutma için özel kurutma odaları oluşturulur. Kurutma işlemi ısıtma plakasının sıcaklığı belirli bir °C'ye, kurutma için kullanılan radyasyon gücü ise belirli bir kW/m²'ye ayarlanarak oluşturulan ortamda yapılır (Yang vd., 2024). Ortamdaki radyasyon yoğunluğunun artırılması kurutma hızını da artırmaktadır. Bu yöntemde ısının ışınım ile ürüne etkili ve eşit bir şekilde nüfuz edebilmesi, kurulumu ve işletme maliyetinin diğer yöntemlere göre daha az olması, meteorolojik şartlardan etkilenmemesi son zamanlarda kurutmada tercih edilmesine neden olmaktadır (Aktaş vd., 2013).

Kayısı Kurutma Yöntemlerinin Tercihine Etki Eden Parametreler

Gıda ve kayısı kurutma ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde uzmanların aşığıda belirtilen parametrelere göre kurutma yöntemlerini değerlendirdikleri görülmüştür. Bu parametreler sırasıyla açıklanmıştır.

Aroma: Gıdadaki tat ve kokunun birleşimi o ürünün aromasını oluşturur. Kalıcı bileşenler gıdanın tadını, uçucu bileşenler ise kokusunu oluşturur. Aroma açısından zengin bir ürün olan kayısının kurutma esnasında özellikle uçucu bileşenlerin üründen uzaklaşması kaliteyi olumsuz yönde etkiler (Kaplan ve Levent, 2019).

Besin Değer: Gıdaların içerdiği besinler protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineraller

olarak ifade edilen, sindirilen ve emilebilen maddelerden oluşur. Besin değerleri diğer etkilere açıktır. Bu yüzden gıdaların depolanması, sunulması, muhafazası önemlidir (Kakşı, 2021). Uygun yöntemlerle kurutulmuş gıdalar, diğer muhafaza şekilleri uygulanan ürünlere göre besin değerleri ve lif içeriği açısından daha kalitelidirler (Kutlu vd., 2015).

Renk Koruma: Bir gıdanın görünümü tüketicinin ilk dikkat ettiği husustur. Kuru ürünlerde bu görünüm tercih sebebi olmaktadır. Yapılan araştırmalar gıda renginin tüketici tercihlerini doğrudan veya dolaylı yönden etkilediğini teyit etmektedir (Alwazeer, 2018). Yukarıda açıklanan sıcak kurutma ve mikrodalga ile yapılan kurutma üründe renk bozulmasına neden olmaktadır (İncedayı vd., 2016).

Tekstür ve Yapısal Özellik: Bir gıdayı tüketirken parmak, dil, damak ve dişlerle hissedilebilen yapısal özelliklerine o gıdanın tekstürü denir. Her gıdanın birbirinden farklı yapısı vardır. Depolandıkça zamana göre değerişim gösterebilen tekstür ürün kalitesini etkilediği için tüketicilerce oldukça fazla önemsenir. Tekstürde meydana gelen değerişimler ürünün tekrar satın alınmasını veya tüketilmesini derinden etkiler. Kalitede tutarlılık ve sürdürülebilirlik açısından gıdaların tekstürü sürekli üreticiler tarafından kontrol edilmelidir (ABP, 2024).

Üretim Hızı: Kurutmada kullanılan yöntemler başta olmak üzere kurutma hızını etkileyen birçok parametre vardır. Gıdanın kimyasal yapısı, iriliği, şekli, kalınlığı, miktarı, kurutma ortamındaki havanın sıcaklığı, havanın nemi, atmosfer basıncı vb. etkenler oldukça etkilidir (Sarsılmaz, 1998; Kutlu vd., 2015). Kısa sürede yapılabilen bir kurutma zamandan, emekten ve maliyetten tasarruf sağlar.

Lezzet: Gıdaların ağızda bıraktığı duyuşsal hissi ifade eder. Tüketiciler açısından en önemli faktörlerden biri gıdanın lezzetidir. Tüketici gıdanın lezzetini beğenmez içerisinde taşıdığı besin değerleri veya besleyiciliğine bakmaksızın o ürünü tekrar almaktan vazgeçer. Kısaca tüketici tercihlerini yönlendiren en önemli parametrelerden biri lezzettir (Sayaslan ve Akpınar, 2003).

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

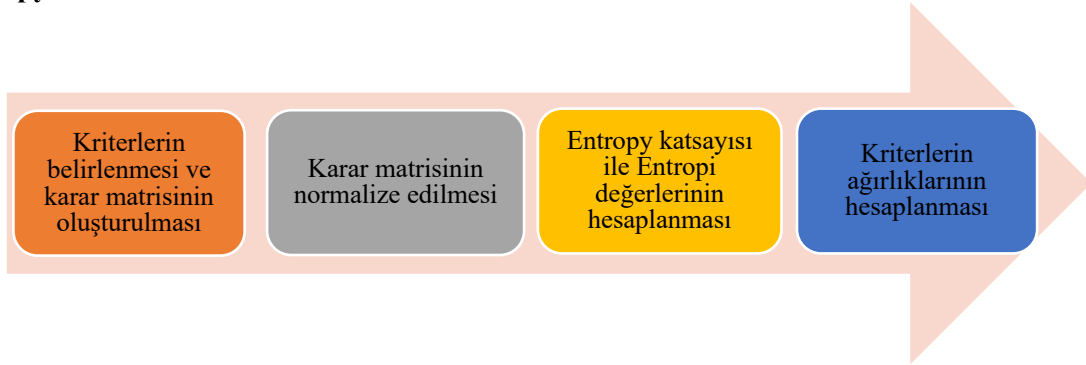
Raf Ömrü: Ürünlerin mevsimselliği ve bu ürünlerin dört mevsim tüketilmek istenmesi ürünlerin raf ömürlerinin artırılması ihtiyacını doğurmuştur. Bu kapsamda değişik kurutma yöntemleri kullanılarak veya katkı maddeleri ile ürün dayanımı ve muhafaza süresi artırılmakta, böylece ürünlerin raflarda daha uzun süre kalması sağlanmaktadır. Gıda katkı maddesi az fakat raf ömrü uzun ürünlerin kalitesi daha fazladır. Bu nedenle kurutma yöntemlerinin tercihinde raf ömrü dikkate alınmaktadır (Şahin, 2010).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)

ÇKKV yöntemleri hemen hemen her türlü karar problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler çok sayıda parametrenin bir arada kullanılarak karar vericilerin optimum değerlendirme yapmalarına imkanı vermektedir. Karar problemlerinde ÇKKV yöntemleri genellikle seçenekler sıralanmasında veya kriterlerin ağırlıklandırmasında kullanılır (Abdulvahitoğlu vd., 2022). Bu çalışmada ağırlıklandırma için Entropy yöntemi, sıralama için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Entropy Yöntemi

Birden fazla etkenin söz konusu olduğu karar problemlerinde etkenlerin ağırlıklarının belirlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmakta ve karar verme daha da karmaşık bir hale gelmektedir. Etkenlerin ağırlığı, karar verme sürecinin sonucunu önemli ölçüde etkilediğinden objektif bir şekilde tespiti önem arz etmektedir (Petrović vd., 2023). Entropy, rastgele değerşkenle ilgili belirsizliğin ölçüsüdür. Shannon (1948)'un bu kuramından yola çıkarak geliştiren Entropy yöntemi kriter içerisindeki düzensizliklerden yola çıkarak ağırlıklandırma yapmaktadır (Wang ve Lee, 2009). Literatürde Entropy yönteminin etkenleri ağırlıklandırmak için yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Karar vermede, seçenekleri değerlendirmek için kullanılan parametrelerin ağırlıkları, bu parametrelerin görelî önemini yansıtmaktadır. Sübjektif görüşler, önyargılar ya da eksik bilgiler karar verme süreçlerini karmaşıklaştırmakta ve zorlaştırmaktadır. Bu süreçte karara etki eden kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Entropy yöntemi duyarlı bir teknik olarak sıklıkla tercih edilmektedir (Özbek ve Ođuz, 2024). Entropy yaklaşımının aşamaları aşağıda Şekil 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Entropy yönteminin aşamaları

Entropy yöntemi 5 adımda uygulanarak parametrelerin ağırlıklandırması yapılır. Yöntemin adımları aşağıda açıklanmıştır (Özyalçın ve Bircan, 2023).

1. Adım. Karar matrisinin oluşturulması: Entropy yönteminde de diğer ÇKKV problemlerinde olduğu gibi öncelikle (1) numaralı eşitlikteki gibi bir X karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

2. Adım. Karar matrisinin normalize edilmesi: X Karar matrisi eşitlik (2) kullanılarak normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_i x_{ij}} \quad (2)$$

3. Adım. Parametrelere ait Entropy değerlerinin elde edilmesi: k Entropy katsayısı eşitlik (3), Entropy değerleri ise eşitlik (4) ile hesaplanır.

$$k = (\ln(n))^{-1} \quad (3)$$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n r_{ij} * \ln(r_{ij}) \quad (i=1 \dots n, \quad j=1 \dots m) \quad (4)$$

4. Adım. Parametrelerin farklılaşma derecelerinin elde edilmesi: Eşitlik (5) kullanılarak farklılaşma dereceleri hesaplanır.

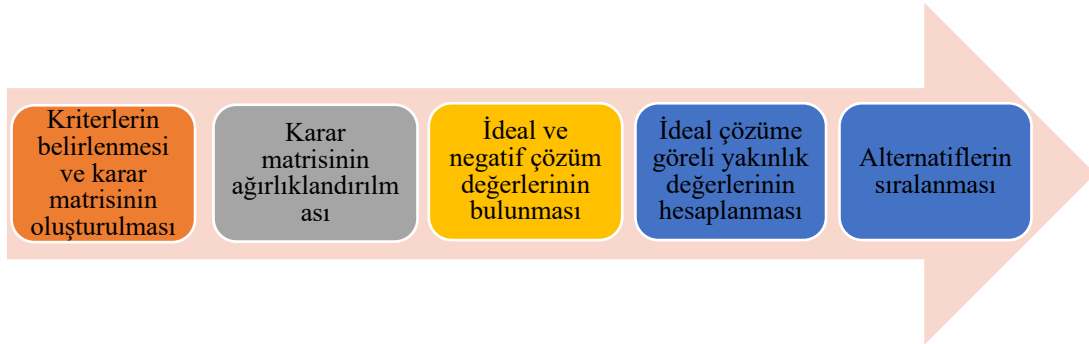
$$d_j = 1 - e_j \quad (j=1 \dots m) \quad (5)$$

5. Adım. Entropy ağırlığının elde edilmesi: Eşitlik (6) kullanılarak parametrelerin ağırlıkları bulunur. Ağırlıkların toplamı 1'e eşittir.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)} \quad (6)$$

TOPSIS (İdeal Çözümeye Benzerliğe Göre Tercih Sıralama) Yöntemi

Hwang ve Yoon tarafından karar problemlerindeki alternatifleri belirlenen parametrelere göre sıralamak için geliştirilmiştir. Bu yöntemde parametreler ideal çözüme pozitif ve negatif uzaklıklarına göre değerlendirilir (Hwang ve Yoon, 1981). Hayatın çok değişik alanlarında seçeneklerin belirlenen parametrelere göre analizinde kullanılır (Chen ve Hwang, 1992). Bu teknik, ideal çözüme en yakın seçeneğin ve istenmeyen negatif çözümlere en uzak olan seçeneğin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. TOPSIS sıklıkla karşılaşılan gerçek dünya problemlerinde karar vericiye kolaylık sağladığı için akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Abdulvahitoğlu vd., 2022; Abdulvahitoğlu ve Kılıç, 2022). Basit ve mantıklı yaklaşımı ile öne çıkan TOPSIS yönteminin, hesaplama kolaylığı sayesinde birçok endüstride karar verme problemlerinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. TOPSIS yönteminin aşamaları aşağıda Şekil 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5. TOPSIS yönteminin aşamaları

1. Adım. Kriterlerin tanımlanması ve karar matrisinin oluşturulması; satırlara alternatifler,

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

sütunlara ise seçenekleri değerlendirmede kullanılacak kriterler yazılarak D karar matrisi oluşturulur. Daha sonra (7) numaralı eşitlik kullanılarak R standart karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (7)$$

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

2. Adım. Ağırlıklı karar matrisinin oluşturulması; Daha önce Entropy tekniği ile tespit edilmiş önem dereceleri (w_i) kullanılır. R standart karar matrisindeki değerler kriterlerin w_i değerleri ile çarpılarak ağırlıklı karar matrisi V elde edilir. Eşitlik (8) ile V matrisindeki ideal çözüm seti, eşitlik (9) ile de negatif ideal çözüm seti oluşturulur.

$$S^* = \left\{ (\max_i v_{ij} | j \in J), (\min_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (8)$$

$$S^- = \left\{ (\min_i v_{ij} | j \in J), (\max_i v_{ij} | j \in J') \right\} \quad (9)$$

3. Adım. İdeal ve negatif çözüm setinden sapmaların bulunması: (8) ve (9) numaralı formüllerdeki J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini ifade eder. (10) numaralı eşitlik ile ideal ve (11) numaralı eşitlik ile negatif ideal çözümlerden sapmalar hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (11)$$

4. Adım. İdeal çözüme görelilik değeri hesaplanması: Seçenekler ideal ve negatif ideal sapmalar (12) numaralı eşitlik ile elde edilen değerlere göre sıralanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (12)$$

5. Adım. İdeal çözüme yakınlık değeri ile seçeneklerin sıralanması; Seçeneklerin 0 ile 1 arasında aldıkları değerler, büyükten küçüğe göre sıralanır (Abdulvahitoğlu vd., 2021).

Entropy Tümlleşik Topsis Tekniği ile Kayısı Kurutma Yöntemlerinin Analizi

Yapılan çalışmalar sonucunda kayısı kurutma yöntemleri ve bu yöntemlerin kullanımına etki eden parametreler Gıda Mühendisliği Bölümünde Akademisyen olarak görev yapan 6 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda Microsoft Excel kullanılmış ve uzman görüşlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Çalışmaya esas çizelge ve yukarı belirtilen 6 uzmandan birinin yaptığı değerlendirme aşağıda Çizelge 1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kayısı kurutma yöntemleri ve parametreleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Aroma Koruma	Besin Değerleri	Renk Koruma	Tekstürel ve Yapısal Özellikler	Üretim Hızı	Lezzet	Raf Ömrü
Güneşte Kurutma	1	1	2	3	3	3	3
Sıcak Kurutma	2	2	3	3	3	3	3
Mikrodalga Kurutma	5	4	5	5	5	4	4
Dondurarak Kurutma	5	5	5	4	3	4	5
Vakum Kurutma	4	4	4	4	4	4	4
Kızılötesi Kurutma	3	3	4	3	4	3	4

Sütunlarda belirtilen parametreler uzmanlar tarafından Çizelge 2.'de gösterilen dilsel ölçek (Abdulvahitoğlu ve Ertaş, 2023) kullanılarak değerlendirilmiştir.

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

Çizelge 2. Uzmanların kullandığı dilsel ölçek

Değer	Açıklama
1	Çok kötü
2	Kötü
3	Orta
4	İyi
5	Çok iyi

Kayısı Kurutma Yöntemlerinin Tercihine Etki Eden Parametrelerin Entropy Yöntemi ile Ağırlıklarının Bulunması

Yukarıda belirtilen esaslar dahilinde 6 uzmanın Entropy yöntemi ile yapılacak hesaplamaya esas değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması Çizelge 3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Uzman görüşlerinin aritmetik ortalaması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

	Aroma Koruma	Besin Değerleri	Renk Koruma	Tekstürel ve Yapısal Özellikler	Üretim Hızı	Lezzet	Raf Ömrü
Güneşte Kurutma	2.500	2.500	2.667	3.333	3.000	3.000	3.000
Sıcak Kurutma	2.333	3.000	2.667	3.167	3.333	2.833	4.000
Mikrodalga Kurutma	3.667	4.000	3.500	3.667	4.167	3.833	3.833
Dondurarak Kurutma	5.000	4.833	4.500	4.667	3.333	4.667	5.000
Vakum Kurutma	4.000	3.833	3.833	4.000	3.500	3.667	4.333
Kızılötesi Kurutma	3.500	3.500	3.333	3.500	3.833	3.333	3.833

Eşitlik (1)-(6) kullanılarak yapılan işlemler sonucu kayısı kurutma yöntemlerinin seçimine etki eden parametrelerin ağırlıkları Çizelge 4.'te gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 4. Parametrelerin ağırlıkları

Parametreler	Aroma Koruma	Besin Değerleri	Renk Koruma	Tekstürel ve Yapısal Özellikler	Üretim Hızı	Lezzet	Raf Ömrü
Ağırlıklar	0.152046	0.144635	0.143323	0.13697	0.144318	0.139317	0.139391

Kayısı Kurutma Yöntemlerinin TOPSIS Tekniği ile Karşılaştırılması

TOPSIS yönteminde kullanılan başlangıç matrisi ile Entropy yönteminde kullanılan matris aynıdır. Burada farklı olarak Entropy

yöntemi ile elde edilen ağırlıklar matrise eklenmiştir.

Karar matrisinin (7) numaralı eşitlik ile normalize edilmiş hali ve Entropy tekniği ile elde edilmiş ağırlıklar Çizelge 5.'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. Normalize edilmiş matris ve ağırlıklar

	Aroma Koruma	Besin Değerleri	Renk Koruma	Tekstürel ve Yapısal Özellikler	Üretim Hızı	Lezzet	Raf Ömrü
Güneşte Kurutma	0.2824	0.2768	0.3131	0.3624	0.3452	0.3396	0.3028
Sıcak Kurutma	0.2635	0.3322	0.3131	0.3443	0.3836	0.3207	0.4037
Mikrodalga Kurutma	0.4141	0.4429	0.4110	0.3986	0.4794	0.4339	0.3869
Dondurarak Kurutma	0.5647	0.5352	0.5284	0.5073	0.3836	0.5282	0.5046
Vakum Kurutma	0.4518	0.4245	0.4501	0.4349	0.4027	0.4150	0.4374
Kızılötesi Kurutma	0.3953	0.3876	0.3914	0.3805	0.4411	0.3773	0.3869
Ağırlıklar	0.1520	0.1446	0.1433	0.1370	0.1443	0.1393	0.1394

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

Müteakiben TOPSIS tekniğinin adımları uygulanarak elde edilen kayısı kurutma yöntemlerinin nihai sıralaması aşağıda Çizelge 6.'da belirtilmiştir.

Çizelge 6. TOPSIS tekniği ile Kayısı Kurutma Yöntemlerinin Sıralanması

Kayısı Kurutma Yöntemleri	Sıralama
Güneşte Kurutma	6
Sıcak Kurutma	5
Mikrodalga Kurutma	3
Dondurarak Kurutma	1
Vakum Kurutma	2
Kızılötesi Kurutma	4

Uzman görüşlerine dayanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde Çizelge 6.'da görüldüğü üzere en uygun kurutma tekniği sırasıyla Dondurarak Kurutma, Vakumlayarak Kurutma ve Mikrodalga kurutma olarak ortaya çıkmıştır.

Sonuç

Gıdaları kurutmada kullanılan farklı teknikler bazı ürünlerde kaliteyi olumlu yönde etkilerken bazı ürünlerde olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden gıda türüne göre en uygun yöntemin seçimi ve uygulanması ihtiyacının giderilmesi üreticiler için zaruretini ötesine geçmektedir. Kurutma yöntemi kurutulacak gıdanın yapısal ve tekstürel özelliklerine uygun olmalı ve üreticinin kurutma işleminden beklediği fayda ile tüketicilerin üründen beklediği kalite ile lezzeti karşılamak zorundadır. Bu yüzden farklı özelliklerde sonuçlar doğuran kurutma sistemleri geliştirilmiştir.

Gıda kurutmada en uygun teknolojinin seçilmesinde uygun metodun doğru tespiti, ürün özelliklerinin bilinmesi, ürünün yapısal özellikleri, rehidrasyon kabiliyeti ile ilk ve son nem oranlarının iyi bilinmesi ve ayarlanması önemlidir. Nemin gereğinden fazla veya az uzaklaştırılması, yanlış yöntem ile uzaklaştırılması veya kurutma işlemi sonucu ürün renginin bozulması gibi olaylar ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu yüzden üreticilere en uygun kayısı kurutma yönteminin seçiminde karar desteği sağlamak için yapılan bu çalışmada ÇKKV tekniklerinden Entropy ve TOPSIS tümlleşik olarak kullanılmıştır. Halk

arasında bilinen doğal veya geleneksel olarak bilinen yöntemlerin organik olduğu veya daha kaliteli olduğu algısının aksine teknolojik gelişmeleri kullanılarak yapılan kurutma sonucu elde edilen ürünleri başta besin değerleri olmak üzere ürün parametrelerinin daha üst seviyede olduğu yani ürün kalitesinin daha iyi olduğu görülmektedir.

Bu bilgiler ışığında uzman görüşlerine dayanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda sırasıyla en uygun kayısı kurutma yönteminin, dondurarak kurutma, vakumlayarak kurutma ve mikrodalga kurutma olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara ilave olarak kayısı kurutma konusunda uzman araştırmacıların yaptıkları deneyler sonucu elde ettikleri tamamen sayısal veriler ile yine ÇKKV teknikleri kullanılarak benzer çalışmalar yapılabilir. Bu şekilde deneylerden elde edilmiş verilere dayalı daha objektif sonuçlara ulaşılabilir. Hatta parametre değerleri veya parametreler değiştirilerek duyarlılık analizi yapılabilir. Böylece her bir parametrenin sonuca etkisi tespit edilebilir. Hatta değişik ÇKKV yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılabilir.

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

Kaynaklar

- Abdulvahitoğlu, A., Macit, İ., ve Koyuncu, M. (2021). Jandarma Karakolu Kuruluş Yerinin AHP-TOPSIS Tabanlı bir Matematiksel Model ile Seçimi ve CAS/CBS ile Analizi; Bir İlimizde Uygulama. *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 10(2), 305-338.
- Abdulvahitoğlu, A., Abdulvahitoğlu, A. ve Kılıç, M., (2022). Elektrikli Araç Bataryalarının Bütünleşik SWARA-TOPSIS Metodu ile Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Müh.Fak.Der.* 37(4),1061-1076, DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1230942
- Abdulvahitoğlu A., ve Kılıç M., (2022). A New Approach for Selecting the most Suitable Oilseed for Biodiesel Production; The İntegrated AHP-TOPSIS Method. *Ain Shams Engineering Journal* 13 101604.
- Abdulvahitoğlu, A. ve Cengiz, N., (2022). Peynir Üretiminde Kullanılan Gıda Katkı Maddelerinin SWARA Yöntemi ile Değerlendirilmesi. 1st International Conference on Scientific and Academic Research, December 10-13, 2022, Konya, Türkiye.
- Abdulvahitoğlu, A. ve Cengiz, N., (2023a). Gıda Sektöründe ÇKKV Uygulamaları: Kırmızı Et Ürünleri Üzerine Bir İnceleme. 4. International Mediterranean Scientific Research and Innovation Congress 09-10 December 2023 Adana, Türkiye.
- Abdulvahitoğlu, A. ve Cengiz, N., (2023b). Paketlenmiş Gıda Ürünlerinden Sütlü Tatlı Çeşitlerinin ÇKKV Yöntemleri İle Karşılaştırılması. 4. International Mediterranean Scientific Research and Innovation Congress 09-10 December 2023 Adana, Türkiye.
- Abdulvahitoğlu, A., (2024). Drinking Water Safety and Comparison of Drinking Water Characteristics with Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods. *BIO Web of Conferences*, I-CRAFT-2023, 85, 01025, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248501025>.
- ABP., (2024). Gıdalarda Tekstür Analizi. <https://abp.com.tr/gidalarda-tekstur-analizi>. ERT: 27 Haziran 2024.
- Aktaş, M., İlbaş, M., Yalçın, A., ve Şahin, M.Ç., (2013). Kızılötesi Işınımlı Bir Kurutucuda Kuruma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 28(4), 767-775.
- Albanese, D., Cinquanta, L., Cuccurullo, G. ve Di Matteo, M., (2013). Effects of Microwave and Hot-Air Drying Methods on Colour, B-Carotene and Radical Scavenging Activity of Apricots. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1327-1333, doi:10.1111/ijfs.12095.
- Alwazeer, D. (2018). Kuru Gıdaların Rengini Muhafaza Etmeye Yönelik Yeni bir Teknik: İndirgen Atmosferik Kurutma. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 8(4), 125-131. <https://doi.org/10.21597/jist.418232>.
- Cankurtaran, E., 2018. Güneş Enerjili Kurutma Sisteminde Çileğin Kurutma Karakteristiğinin Belirlenmesi. *Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 128s, Yozgat.
- Chen S.J. ve Hwang C.L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer -Verlag, Berlin.
- Coşkun, A.L., Türkyılmaz, M., Aksu, Ö.T., Koç, B.E., Yemiş, O. ve Özkan, M., (2013). Effects of Various Sulphuring Methods and Storage Temperatures on the Physical and Chemical Quality of Dried Apricots. *Food Chemistry*, 141(4), 3670-3680, 10.1016/j.foodchem.2013.06.033.
- Dağ, B., Tarakçı, Z. ve Demirkol, M., (2016). Effect of Some Total Phenolic, Antioxidants, Physico-Chemical Properties, Mineral and Heavy Metal Content of Apricots Drying Types. *Batman University Journal of Life Sciences*, 6(2/2), 238-250.
- Fратиanni, A., Albanese, D., Mignogna, R., Cinquanta, L., Panfili, G., ve Di Matteo, M. (2013). Degradation of Carotenoids in Apricot (*Prunus Armeniaca* L.) During

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

- Drying Process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68(3), 241-246. <http://dx.doi.org/10.1007/s11130-013-0369-6>. PMID:23807280.
- Garcia-Martinez, E., Igual, M., Martin-Esparza, E. ve Martinez-Navarrete, N., (2013). Assessment of the Bioactive Compounds, Color, and Mechanical Properties of Apricots as Affected by Drying Treatment. *Food Bioprocess Technol*, 6,3247–3255, DOI 10.1007/s11947-012-0988-1.
- Göğüş, F., Özel, M.Z. ve Lewis, A.C., 2007. The Effect of Various Drying Techniques on Apricot Volatiles Analysed Using Direct Thermal Desorption-GC-TOF/MS. *Talanta*, 73(2), pp.321-325.
- Günaydın, S., Sağlam, C. ve Çetin, N., (2022). Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergişi (ETHABD)*, 30-45, Doi: 10.55257/ethabd.1096697
- Hasdemir, M., (2023). Ürün Raporu, Kayısı. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge> ERT: 5 Temmuz 2024.
- Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H. ve Maskan, M., (2018). Comparison of Quality, Bioactive Compounds, Textural and Sensorial Properties of Hybrid and Convection-Dried Apricots. *Food Measure*, 12, 243–256, DOI 10.1007/s11694-017-9635-x.
- Hwang, C.L., Yoon, K., (1981). *Multiple Attribute Decision Making*, Springer-Verlag, Berlin.
- İncedayı, B., Tamer, C.E., Sınır, G.Ö., Suna, S. ve Çopur, Ö.U., (2016). Impact of Different Drying Parameters on Color, β -carotene, Antioxidant Activity and Minerals of Apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Food Science and Technology*, 36(1), 171-178.
- İzli, N. (2016). Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) Konvektif, Mikrodalga ve Mikrodalga-Konvektif Yöntemleriyle Kurutulması ve Matematiksel Modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 375-384. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.269991>.
- Jomova, K. ve Valko, M., (2013). Health Protective Effects of Carotenoids and their Interactions with Other Biological Antioxidants. *Eur. J. Med. Chem.* 70, 102–110.
- Kakşı, M., (2021). Besin Değeri Nedir? Besin Değeri Nasıl Hesaplanır? <https://onedio.com/haber> ERT: 25 Haziran 2024.
- Kaplan, M., ve Levent, O. (2019). Farklı Kurutma Yöntemlerinin 12-Kadıoğlu Kayısı Çeşidinin Uçucu Organik Bileşenleri Üzerine Etkisi. *Derim*, 36(2), 168-176. <https://doi.org/10.16882/derim.2019.526936>
- Kaplan, M., Eskigün, S., Levent, O. ve Dıraman, H.,(2019). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Alkaya Kayısı Çeşidinin Toplam Fenolik İçeriğine Etkisi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (22), 37-44.
- Karabulut, I., Bilenler, T., Sislioglu, K., Gokbulut, I., Ozdemir, I.S., Seyhan, F. ve Ozturk, K., 2018. Chemical Composition of Apricots Affected by Fruit Size and Drying Methods. *Drying Technology*, 36(16),1937-1948.
- Karataş, F., ve Kamıslı, F. (2007). Variations of Vitamins (A, C and E) and MDA in Apricots Dried in IR and Microwave. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 662-668. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.040>.
- Kocayığıt, F. (2010). Bazı Sebzelerin Kurutma Karakteristiklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,, İstanbul, 107 sayfa.
- Kutlu, N., İşçi, A. ve Demirkol, Ö.Ş., (2015). Gıdalarda İnce Tabaka Kurutma Modelleri. *GIDA*, 40 (1), 39-46 doi:10.15237/gida.GD14031.
- Küçükalk, N.T., Ayaş, P., Köse, D. ve Kaya, G.K., (2021). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Kullanımı ile Türkiye'deki İllerin Yaşam Kalitelerinin Değerlendirilmesi. *Gazi*

Entropy Tümlleşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

- İktisat ve İşletme Dergisi, 2021; 7(2), 150-168.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and Microwave Finish Drying of Banana. *Journal of Food Engineering*, 44(2), 71-78. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00167-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00167-3).
- Megías-Pérez, R., Gamboa-Santos, J., Soria, A.C., Villamiel, M., ve Montilla, A., 2014. Survey of Quality Indicators in Commercial Dehydrated Fruits. *Food Chem.* 150, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.141>.
- Memur, E., (2022). Güneş Enerjili Gıda Kurutucusu Tasarımı ile Kurutma Performans Değerlendirmeleri. *Yekarum e-Dergi*, 7(2),48-57.
- Özyalçın, A.T. ve Bircan, H., (2023). Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümüne Yönelik Otomasyon Geliştirme. *International Journal of Management Information Systems and Computer Science*, 7(1), 1-32.
- Özbek, H. E., & Oğuz, S. (2024). Yeniden Kullanılabilir Maskeler için Çevre Dostu Tedarikçi Seçimi: Entropi Tabanlı TOPSIS Yöntemi ile Bir Uygulama. *Alanya Akademik Bakış*, 8(2), 563-575. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1406618>.
- Petrović, N., Živanović, T., ve Mihajlović, J. (2023). Evaluating the Annual Operational Efficiency of Passenger and Freight Road Transport in Serbia Through Entropy and TOPSIS Methods. *Journal of Engineering Management and Systems Engineering*, 2(4), 204-211.
- Polatçı, H., Taşova, M. ve Saraçoğlu, O. (2020). Armut (*Pirus communis* L.) Posasının Bazı Kalite Değerleri Açısından Uygun Kurutma Sıcaklığının Belirlenmesi. *Akadamik Platform Mühendislik ve Bilim Dergisi*, 8(3), 540-546.
- Ratti C. (2001). Hot-air and Frezee-drying of High Value Foods: A Review. *Journal of Food Engineering*, 49:311-319.
- Sablani S, S., Rahman M.S., Al-Kuseibi M.K., Al-Habsi N.A., Al-Belushi R.H., Al-Marhubi I. ve Al-Amri I.S., (2007). Influence of Shelf Temperature on Pore Formation in Garlic During Freeze-Drying. *Journal of Food Engineering*, 80,68–79.
- Sablani, S.S., (2006). Drying of Fruits and Vegetable: Retention of Nutritional/Functional Quality. *Drying Technology*, 24(2), 123-135. <http://dx.doi.org/10.1080/07373930600558904>.
- Santos, P.H.S. ve Silva, M.A., (2009). Kinetics of L-ascorbic Acid Degradation in Pineapple Drying Under Ethanolic Atmosphere. *Dry. Technol.* 27, 947–954. <https://doi.org/10.1080/07373930902901950>.
- Sayaslan, A. ve Akpınar, Ö., (2003). Terminology and Analytical Approaches in Food Flavor Research. *GOU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 31-36.
- Statista, (2024). <https://www.statista.com/statistics/1027377/global-leading-exporters-of-dried-apricots>.
- Suna, S., Tamer, C.E., İncedayı, B., Sinir, G.Ö. ve Çopur, Ö.U., (2014). Impact of Drying Methods on Physicochemical and Sensory Properties od Apricot Pestil. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 13(1), 47-55.
- Sarsılmaz C., (1998). Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi., Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği ABD., Doktora Tezi Elazığ, 186 Sayfa.
- Shannon, C.E., (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Şahin, F.H., (2010). Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması. *Namık Kemal Üni. Fen.Bil.Ens. Tarım Mak. ABD. Doktora Tezi, Tekirdağ*, 176 sayfa.
- TZOB, Türkiye Ziraat Odaları Birliği (2024). Dünya Kayısı Üretiminde Ülkemiz İlk Sırada Yer Alıyor. <https://www.tzob.org.tr/basin-odasi/haberler> ERT: 5 Temmuz 2024.
- Wang, T.C. ve Lee, H.D., (2009). Developing a Fuzzy TOPSIS Approach Based on Subjective Weights and Objective

Entropy Tümlüşik TOPSIS Tekniği ile Optimum Kayısı Kurutma Yönteminin Belirlenmesi

- Weights. Expert Systems with Applications, 36(5), 8980-8985.
- Yang, Q., Yi, X., Xiao, H., Wang, X., Liu, L., Tang, Z., Hu, C. ve Li, X., 2024. Effects of Different Drying Methods on Drying Characteristics, Microstructure, Quality, and Energy Consumption of Apricot Slices. Foods, 13(9), 1295-1307.
- Vega-Gálvez, A., Quispe-Fuentes, I., Uribe, E., Martínez-Monzo, J., Pasten, A. ve Lemus-Mondaca, R., 2019. Bioactive Compounds and Physicochemical Characterization of Dried Apricot (*Prunus armeniaca* L.) as Affected by Different Drying Temperatures. CyTA-Journal of Food, 17(1),297-306.



Araştırma Makalesi

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Cansu DÖLEK^{1*}, Mücahit Taha ÖZKAYA²

ÖZ

Çalışmada bitkisel materyal olarak Domat, Gemlik ve Sarı Ulak zeytin çeşitleri kullanılmıştır. Çelikler 20 cm uzunluğunda yarı odun çelikleri olarak hazırlanmıştır. Uygulama, köklendirme ortamı olarak perlit ve torf kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada hümitik asit, deniz yosunu ve biotarm uygulamaları ile sürgün oluşturma ve köklenme durumları takip edilmiştir. Uygulamada kullanılan Hümitik asit, deniz yosunu ve Biotarm hem çeliklerin dikimi sırasında hem de köklenme tamamlanana kadar sulama suyuna eklenerek bitkilere verilmiştir. Çeliklerin sürgün uzunluğu, sürgündeki yaprak sayısı, köklenme yüzdesi, sürgün verme yüzdesi, kök sayısı ve kök uzunluğu kaydedilmiştir.

İlk sürgün oluşumları Biotarm uygulaması yapılmış çeliklerde gerçekleşmiştir. Ortalama köklenme yüzdesi (%41,11), sürgün verme yüzdesi (%76.66), kök uzunluğu (5,05 cm) ve sayısı (6,99 adet) en yüksek Biotarm uygulaması yapılmış çeliklerde bulunurken, Hümitik asit ve deniz yosunu bunu takip eden uygulamalar olmuştur. Çeşitlere ait uygulamalar arasında en düşük değer kontrol gurubunda (%17,77) gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çelik, zeytin, sürgün, biyogübre, köklenme

Effects of Biofertiliser Applications on Steel Rooting in Some Olive Varieties

ABSTRACT

In the study, Domat, Gemlik and Sarı Ulak olive cultivars were used as vegetable material. The cuttings are prepared as 20 cm long semi-wood cuttings. The application was carried out using perlite and peat as rooting medium. The study followed shoot formation and rooting situations with humic acid, seaweed and Biotarm applications. Humic acid, seaweed and Biotarm used in the application are given to the plants both during the planting of the cuttings and by adding them to the irrigation water until rooting is completed. The length of the shoot of the cuttings, the number of leaves, rooting percentage, percentage of shoots, number of roots and root length on the shoot are recorded.

The first shoot formations took place in Biotarm-treated cuttings. The average rooting percentage (%41,11), percentage of shoots (%76.66), number of roots (5,05 cm) and root length (6,99 pieces) are found in the highest Biotarm-treated steels, while Humic acid and Seaweed has been the practice that has followed this. The lowest value among the treatments of the cultivars was observed in the control group (%17,77).

Keywords: Cutting, Olive, shoot, leaf, rooting

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-7628-0676, 0000-0002-6436-8360

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 23.09.2024

Kabul Tarihi: 07.01.2024

¹Kozan Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Bahçe Tarımı, Adana

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara

*E-posta: cansudolek.90@gmail.com

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Giriş

Oleacea familyasının bir üyesi olan zeytinin (*Olea europaea* L.) anavatanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni de içine alan Yukarı Mezopotamya ve Güney Ön Asya'dır (Ertem 1987). Zeytin ağacının yayılış alanı, hem kuzey hem de güney yarım kürelerde 30° ve 45° enlemleri arasında bulunmaktadır. Gaspar ve Coumans (1987), yüksek sıcaklığın (30°C) kök primordiyumunun başlangıcı, daha düşük sıcaklıkların (25 °C) ise kök uzaması için uygun olduğunu bildirmiştir. Rugini ve Fedeli'ye (1990) göre, zeytin çeşitlerinin en yüksek köklenme gösterdiği iki dönemden birincisi büyümenin başladığı Mart-Nisan ayları, ikincisi ise kış dinlenmesine girmeden önceki Eylül-Ekim dönemidir.

Zeytin (*Olea europaea* L.) Akdeniz havzasının karakteristik bir bitkisidir. Her bitkinin ticari olarak çoğaltılabileceği bir veya daha fazla çoğaltma yöntemi bulunmaktadır (Özkaya 1990). Yaprakları ve kökleri dışında, diğer bütün organları ile çoğaltılabilen bir meyve türü olan zeytinin çoğaltılmasında, dip sürgünleri, yumru ve yumruya yakın kökleri, kalın dal çelikleri ve yarı odun çelikleri gibi vejetatif organların kullanılmaktadır (Dağ 1985). Bu çoğaltma yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılanı, bitkiye en az zararlı olması ve gençlik kısırlığı sorunu göstermemesi nedeniyle, yarı odun çelikleriyle çoğaltmadır (Çelik ve ark., 2005).

Zeytin çeliklerinde iyi bir köklenme için büyüme düzenleyici madde uygulanması oldukça yaygındır. Bu amaçla IBA (indolbutirik asit) ve NAA (naftalenasetik asit) ya da IBA-NAA'nın farklı kombinasyonlardaki uygulamaları önerilmektedir (Hartmann et al., 2002).

Perlit, yüksek su içeriğine sahip amorf bir volkanik camdır. Mineral veya besin içermez. Torf kısmen çürümüş bitki örtüsünden oluşmakta; diğer birçok bitkiyi bünyesinde bulundursa da, en yaygın bileşeni sfagnum yosunudur. Torf; ağırlığının 20 katına kadar su tutabilmekte, pH derecesi 6-7 arasında değişmekte, % 80 oranında organik madde, ortalama olarak % 1 organik azot ve % 46 organik karbon içermektedir (Hartmann ve Kester 1983).

Humikli bileşik uygulamalarının çimlenme sırasında tohum dokularındaki enzimatik

aktiviteleri artırmak suretiyle çeşitli türlerin tohumlarında çimlenmeyi teşvik ettiği, çimlenme oranını, kök ve sürgün büyümesini arttırdığı bildirilmiştir (Rauthan and Schnitzer 1981).

Deniz yosunları toprağa direk olarak karıştırıldıklarında; toprak yapısının düzeltilerek, toprak verimliliğinin uzun süre korunması amaçlanmaktadır. (Güner ve Aysel 1996). Kuvvetli kök gelişmesini sağlayarak, bitkilerin topraktan daha fazla besin maddesi ve su almalarını, bitkilerde klorofil oluşumunu hızlandırarak yeşil aksamın artmasını, bitkilerin hastalık ve zararlılara ve çevresel streslere dayanımını sağlarlar (Blunden et al. 1992; Hong et al. 1995; Özenç ve Şen 2017).

Ülkemizin en önemli sofralık zeytin çeşitlerinden Gemlik ve Domat, zeytindeki köklenme farklılığının en güzel örneklerini oluşturmaktadır. Domat normal sisleme sistemi altında ancak %10-20 düzeyinde köklenme gösterdiği için, aşı ile çoğaltılmaktadır. Bazı özel uygulamalar ile (Gölgeli Plastik Tünel Sisteminde putrescine+IBA uygulaması) köklenmenin %30'a kadar yükselmiş olması da yeterli değildir (Özkaya ve Çelik, 1993). Bu durum hem fidan maliyetini arttırmakta hem de fidan üretimini azaltmaktadır.

Türkiye de zeytin yetiştiriciliği önemli bir düzeydedir. Fakat bunun artırılması ve daha ileri düzeye taşınması gerekmektedir. Kar elde edilmediği gerekçesi ile zeytinlikler sökülmekte, başka üretim alanlarına kayılmaktadır. Yapılan çalışma ile bölgede kendiliğinden yetişen, Kozan ilçesinin iklim ve toprak şartlarına adapte olmuş ve iyi gelişen çeşitlerin adventif köklenme durumları incelenmiştir. Köklenmesi zor olan çeşitler aşılama yoluyla çoğaltılmakta ve girdi maliyetini arttırmaktadır. Köklenme oranlarını arttırıcı uygulamaların tespiti bu nedenle önem taşımaktadır.

Bu çalışma ile bölgeye uygun, çeşit özellikleri bilinen 3 zeytin çeşidinin köklenme başarısının incelenirken, çelikle çoğaltımla hem iş gücünden hem de zamandan tasarruf edilmesi planlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada bitkisel materyal olarak Domat, Gemlik ve Sarı Ulak zeytin çeşitleri

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

kullanılmıştır. Çelikler Mersin-Tarsus-Yenice ilçesinde bulunan bir üretici bahçesinde daha önceden çalışılmış ismi bilinen, iyi gelişmiş, hastaliksız ve verim çağındaki ağaçlardan Ekim ayında alınarak Kozan Tanrıverdi Fidancılığa ait seraya dikilmiştir.

Çalışmada Kozan bölgesinde yetiştiriciliği yapılan zeytin çeşitlerinde perlit ve torf kullanılarak 4000 ppm IBA uygulaması ile hümik asit, deniz yosunu ve biotarm uygulamalarının köklenme derecesi ve süresi belirlenmiştir. Çeliklerin dikiminden itibaren 45. günden 90. güne kadar köklenme oranları takip edilmiştir. Çeliklerin adventif köklenme oranı, kök uzunluğu, kök sayısı, çeliklerin sürgün verme oranı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı belirlenmiştir. Uygulamada kullanılan Hümik asit, deniz yosunu ve Biotarm hem çeliklerin dikimi sırasında hem de köklenme tamamlanana kadar sulama suyuna eklenerek bitkilere verilmiştir.

Biotarm uygulaması 10 litre sulama suyuna 10 cc kullanılacak şekilde köklendirme dönemi boyunca kullanılmıştır. Hümik asit 10 litreye 100 ml ve deniz yosunu 10 litreye 200 ml olacak şekilde kullanılmıştır. Biotarm'ın içerdiği; bitki özleri ve mineral ekstre sayesinde sağlıklı kök gelişmesi gözlenmesi takip edilmiştir. Toplamda 15 grup üzerinde çalışılmıştır. Çalışma 3 tekerrürlü olarak, çeşitlerin her uygulaması için 30'ar bitki kullanımı ile toplam 450 adet çelik ile çalışılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada aşağıda belirtilen parametreler tamamlanmıştır.

Köklenme Yüzdesi

Çalışma sonucunda Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinde köklenme yüzdesi değerlendirildiğinde; çeşit ortalamaları arasında istatistiki olarak $p < 0.001$ 'e göre önemli bulunmuştur. (Çizelge 1). Adventif kök oluşturma oranı en düşük olan Domat zeytin çeşidinde elde edilen verilere göre kontrol dahil bütün uygulamalarda hiç köklenme görülmemiştir. Çeşit ortalaması dikkate alındığında, Gemlik çeşidi (%45,33) en yüksek köklenme oranı veren çeşit olmuştur.

Uygulama ortalamaları istatistiki açıdan $p < 0.01$ 'e göre önemli bulunmuştur. Uygulama ortalaması dikkate alındığında biotarm-perlit (%41.11) uygulaması en yüksek köklenme oranı vermiştir. Diğer uygulamalarda birbirine benzer sonuçlar görülmüştür. Çeşit x uygulama interaksyonu açısından ise değerler arasındaki fark istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Köklenmesi kolay olan Gemlik çeşidinde ortam olarak kullanılan biotarm-perlit (%66.66) daha yüksek köklenme oranı verse de diğer ortamlar arasında değerler açısından fark tespit edilmemiştir. Ortalama bir köklenme yüzdesine sahip Sarı Ulak çeşidinde de benzer bir şekilde biotarm-perlit uygulaması (%56.66) ön plana çıkmıştır.

Bu çalışmada çeliklerde adventif kök oluşturma oranları en fazla Gemlik çeşidi Biotarm-perlit (%66,66) uygulamasında görülürken, en düşük oranlar ise Kontrol grubunda (%17,77) tespit edilmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde Çetintaş-Gerakakis ve Özkaya (2005) Domat (zor köklenen) ve Ayvalık (kolay köklenen) zeytin çeşitlerinin köklendirilmesi sonucunda Ayvalık çeliklerinde hem kallus hem de kök elde ederken, Domat çeliklerinde sadece kallus oluşumu gözlemişlerdir. En yüksek köklenme oranı ise %40 olarak belirlenmiştir. Denaxa vd. (2012) 'Arbequina' (köklenmesi kolay) ve 'Kalamata' (zor köklenmesi) zeytin çeşitlerinin İndol-3-bütirik asit (IBA) ve farklı karbonhidrat konsantrasyonlarında yaptıkları köklendirme çalışmasında; uygulamaların Arbequina çeşidinde köklenme yüzdesini artırdığı, fakat Kalamata çeşidinde %3'ten daha az olan köklenme yüzdesini etkilemediği bildirilmiştir. Arbequina çeşidinin köklenme yüzdesi ise yaz döneminde (%76) ile ilkbahar döneminde (%37) arasında değişmiştir.

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Çizelge 1. Çeşitlere ve uygulamalara ait köklenme yüzdesi değerleri

Uygulamalar	Çeşitler			Uyg. Ort.
	Domat	Gemlik	Sarı Ulak	
Kontrol	0,00	30,00	23,33	17,77 C
Hümkik Asit	0,00	43,33	33,33	25,99 BC
Deniz Yosunu	0,00	40,00	33,33	25,29 BC
Biotarm (Torf+Perlit)	0,00	46,66	40,00	27,98 B
Biotarm (Perlit)	0,00	66,66	56,66	41,11 A
Çeşit Ortalama	0,00 C	45,33 A	37,33 B	
LSD _{Çeşit} : 0,001 ** LSD _{Uygulama} : 0,01* LSD _{Çeşit xUygulama} : Ö.D.				

Metzidakis (2004), köklenmesi zor olan Kalamon çeşidinin çeliklerde yaprak ve tomurcukların varlığı halinde ve 5000 ppm IBA uygulandığında sisleme altında ilkbahar çeliklerinde %35, sonbahar çeliklerinde ise %22 köklenme olduğunu bildirmektedir. Duzcan ve Tilki (2019) zeytin çeliklerinin köklenmesi araştırmasında, en iyi köklenme oranı, kök uzunluğu ve kök sayısı Şubat ayında alınan %70,33 zeytin çeliklerinde 4000 ppm IBA uygulamasında tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla Kasım (%62,33) ve Temmuz

aylarındaki (%54,33) 4000 ppm IBA uygulamasında en yüksek köklenme oranı tespit edilmiştir.

Luma ve ark. (1981), Ayvalık, Gemlik, Domat ve Manzanilla zeytin çeşitlerinde 4000 ppm IBA dozunun yarı odun çeliklerinin köklenmesi üzerindeki çalışmalarında %60-100 arasında değişen oranlarda köklenme elde edilirken, köklenmesi zor olan Domat çeşidinde, en fazla %10 köklenme saptanmıştır. Karaltı ve Dalkılıç (2020) Memecik zeytin çeliklerinin köklenmesi üzerine çalışmalarında en yüksek köklenme oranı %44.4 ile 0 etilen+6000 ppm IBA uygulamasından elde edilirken, bunu %42.2 ile 0 etilen+8000 ppm IBA uygulaması izlemiştir. En düşük köklenme oranı %2,2 ile 0 etilen+0 ppm IBA (kontrol) ve 150 etilen+4000 ppm IBA (dikimden 10 gün sonra) uygulamalarında gözlenmiştir.

Sürgün Verme Yüzdesi

Çalışma sonucunda Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinde sürgün verme yüzdesi değerlendirildiğinde; çeşit ortalamaları arasında istatistiki olarak $p < 0.01$ 'e göre önemli bulunmuştur. (Çizelge 2). Çeşit ortalaması dikkate alındığında, en yüksek değer %68,00 ile Domat (%45,33) çeşidinde görülürken, Gemlik ve Sarı Ulak çeşidi benzer sonuç göstermiştir. Uygulama ortalamaları istatistiki açıdan $p < 0.001$ 'e göre önemli bulunmuştur. Uygulama ortalaması dikkate alındığında biotarm-perlit (%76.66) uygulaması en yüksek sürgün oranına sahipken, diğer uygulamalarda birbirine benzer şekilde daha düşük sonuçlara rastlanmıştır. Çeşit x uygulama interaksiyonu açısından ise değerler arasındaki fark istatistiki olarak $p < 0.01$ olarak bulunmuştur. Gemlik çeşidinde ortam olarak kullanılan biotarm-perlit (%83,33) en yüksek sürgün verme oranı gösterirken, en düşük değer yine Gemlik çeşidinde deniz yosunu uygulamasında (%40.00) tespit edilmiştir. En yüksek sürgün verme oranı Gemlik çeşidinde biotarm-perlit uygulamasında (%83,33) görülürken, en düşük değer yine Gemlik çeşidinde deniz yosunu uygulamasında (%40,00) tespit edilmiştir. Güler ve ark. (2017) çalışmalarında Gemlik zeytin çeşidinin yarı

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

odun çeliklerinin köklendirilmesi üzerine 1 ml/L Gabiokat uygulamalarının sürgün verimini arttırdığı sonucuna varmışlardır. Awan ve ark. (2001), çalışmalarında 3000 ppm IBA uygulanmış 5 farklı zeytin çeşidine ait çeliklerin köklendirilmesinde Azerbaycan çeşidinin önemli derecede daha yüksek filizlenme yüzdesine (%48,66) sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Mangal et. al. (2014) Frontio zeytin çeşidinde yaptıkları çalışmada en iyi oluşumu, 3-indol-bütirik asit (IBA) ve kinetin uygulamalarının sürgün çoğaltma için en iyi köklendirici olduğu, sürgün verme yüzdesi ve hayatta kalma yeteneğinin arttığını belirlemişlerdir.

Sürgün Uzunluğu

Çalışma sonucunda Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinde sürgün uzunluğu değerlendirildiğinde; çeşit ortalamaları arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir. En yüksek değer 2,11 cm ile Domat çeşidinde görülürken, en düşük değer 1,77 cm ile Gemlik çeşidinde ölçülmüştür (Çizelge 4). Uygulama ortalamaları arasında sürgün uzunluğu düzeyleri arasında $p < 0.05$ 'e göre istatistiki fark bulunmuştur. Uygulamalar değerlendirildiğinde en yüksek değer 2,32 cm ile Biotarm (Perlit) grubunda görülürken, diğer gruplar birbirine yakın sonuçlar göstermiştir. Çeşit x uygulama interaksyonu açısından ise değerler arasındaki fark istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En yüksek değeri 2,48 cm ile Sarı Ulak çeşidi Biotarm (Perlit) uygulaması grubunda, bu yönden en düşük değer ise 1,41 cm ile Gemlik çeşidi Kontrol grubunda bulunmuştur. Bu da belki köklendirme ortamı olarak seçilen ortamların adventif kök oluşumu için uygun olmamasından kaynaklanabilir.

Çizelge 2. Çeşitlere ve uygulamalara ait sürgün verme yüzdesi değerleri

Uygulamalar	Çeşitler			Uyg. Ort.
	Domat	Gemlik	Sarı Ulak	
Kontrol	66,66 bcd	56,66 defg	50,00 efgh	57,77 B
Hümkik Asit	56,66 defg	60,00 cdef	46,66 fgh	54,44 B
Deniz Yosunu	66,66 bcd	40,00 h	52,85 bcde	56,66 B
Biotarm (Torf+Perlit)	76,66 ab	46,66 fgh	43,33 gh	55,55 B
Biotarm (Perlit)	73,33 abc	83,33 a	73,33 abc	76,66 A
Çeşit Ortalaması	68,00 A	57,33 B	55,33 B	
LSD _{Çeşit} : 4.498*** LSD _{Uygulama} : 5.807*** LSD _{Çeşit x Uygulama} : 10.058***				

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Çizelge 3. Çeşitlere ve uygulamalara ait sürgün uzunluğu değerleri

Uygulamalar	Çeşitler			Uyg. Ortalaması
	Domat	Gemlik	Sarı Ulak	
Kontrol	2,14	1,41	1,70	1,75 B
Hüyük Asit	2,24	1,77	1,72	1,91 B
Deniz Yosunu	1,91	1,58	2,03	1,84 B
Biotarm (Torf+Perl)	1,94	1,93	1,72	1,87 B
Biotarm (Perlit)	2,33	2,29	2,48	2,37 A
Çeşit Ortalaması	2,11	1,80	1,93	

LSD_{Çeşit}: Ö.D. LSD_{Uygulama}: 0.398 * LSD_{Çeşit xUygulama}: Ö.D.

Ö.D., Önemli Değil'i ifade etmektedir

İlk sürgün uzamaları çelik alımından 3 hafta kadar sonra ve Perlit içerisinde Biotarm uygulaması yapılan gruplarda görülmüştür. Çalışmada tüm sürgün değerleri incelendiğinde en yüksek değeri 2,48 cm ile Sarı Ulak çeşidi Biotarm (Perlit) uygulaması olarak tespit edilmiştir. Çalışmaya benzer şekilde Güler vd. (2017) çalışmalarında Gemlik zeytin çeşidinin köklendirilmesinde 1 ml/L Gabiokat uygulamalarının 60. gününde, ortalama sürgün uzunluğu (4,0 cm) ve köklenme oranları dikkate alındığında 1ml/L Gabiokat uygulamasının Gemlik zeytin çeşidinin yarı odun çeliklerinin köklendirilmesinde başarılı olduğunu belirlemiştir.

Mangal vd.'nin (2014) 'Frontio' zeytin çeşidinin köklendirilmesi ile ilgili çalışmalarında; 2,2 cm sürgün uzunluğu sonucuna göre 1.0 mg/L 3-indol-bütirik asit (IBA) ve kinetin içeren ortamı sürgün çoğaltma için en iyi olduğu bulunmuştur. Eid vd. (2018) Mısır da özel bir plastik serada, Picual zeytin çeliklerini Kasım ayında hazırlamış, çelikler 4000 ppm indol-3-Butirik asit (IBA) ve 4000 ppm'de naftalin asetik asit (NAA) konsantrasyonlarına daldırılmıştır. Sonuçlar, IBA uygulaması yapılmış + Moringa ekstratı eklenmiş çeliklerde bitkideki sürgün uzunluğunu (2,17 cm), yaprak sayısını ise (6,61 yaprak) olarak belirlenmiştir.

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri



Şekil 1. Serada köklendirmeye alınan çeliklerin genel görünüşü ve çeliklerde sürgün uzamalarının başlaması

Yaprak Sayısı

Çalışma sonucunda Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinde sürgündeki yaprak sayıları değerlendirildiğinde; çeşit ortalamaları arasında istatistiki olarak $p < 0.01$ 'e göre fark görülmüştür. En yüksek değer 6,45 adet ile Sarı Ulak çeşidinde görülürken, bunu 6,00 adet ile Gemlik çeşidi takip etmiş ve en düşük değer 5,54 adet ile Domat çeşidinde bulunmuştur (Çizelge 4). Uygulama ortalamaları arasında yaprak sayısı değerleri $p < 0.001$ 'e göre istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamalar değerlendirildiğinde en yüksek değer 6,99 adet ile Biotarm (Perlit) grubunda görülürken, en düşük değer 5,38 adet

ile Hümik Asit grubunda ölçülmüştür. Çeşit x uygulama interaksiyonu açısından ise değerler arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En yüksek değeri 8,09 adet ile Sarı Ulak çeşidi Biotarm (Perlit) uygulaması grubunda, bu yönden en düşük değer ise 4,69 adet ile Domat çeşidi Hümik Asit grubunda tespit edilmiştir.

Çalışmada tüm uygulamalara ait yaprak sayıları incelendiğinde en yüksek değeri 8,09 adet ile Sarı Ulak çeşidi Biotarm (Perlit) uygulaması olarak bulunmuştur. Çalışmada en yüksek değerler Gemlik ve Sarı Ulak çeşidinde alınırken, Domat çeşidi daha düşük kalmıştır. Benzer şekilde Turkoğlu ve Durmuş (2005) çalışmalarında Şubat, Nisan ve Haziran dönemlerinde 0, 2500, 5000 ve 10 000 ppm IBA solüsyonu uygulamasıyla dört zeytin çeşidini köklendirmişlerdir. Yaprak sayısı ve sürgün uzunluğuna göre en iyi performans Gemlik ve Manzanilla çeşitlerinden, en kötü performans ise Domat çeşidinden alınmıştır. Awan ve ark. (2001), çalışmalarında 5 farklı zeytin çeşidinin 3000 ppm IBA ile köklendirilmesini incelemişlerdir. Azerbaycan ve Earleeg çeşitlerinin çelik başına maksimum yaprak sayısı (65.88 ve 64.55) gösterdiğini belirtmişlerdir. Jan vd. (2015) Pakistan'da 100, 200 ve 300 ppm IBA konsantrasyonlarının zeytin çeliklerinde köklenmeye etkisini araştırdıkları çalışmada, zeytini çoğaltmak için en yüksek hayatta kalma yüzdesi, sürgün uzunluğu, sürgün başına yaprak sayısı değerlerini, 300 ppm IBA uygulamasında belirlemişlerdir.

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Çizelge 4. Çeşitlere ve uygulamalara ait yaprak sayısı değerleri

UYGULAMALAR	ÇEŞİTLER			Uyg. Ortalaması
	Domat	Gemlik	Sarı Ulak	
Kontrol	6,67	5,98	6,78	6,48 AB
Hüyük Asit	4,69	5,77	5,68	5,38 C
Deniz Yosunu	5,66	5,11	6,50	5,76 BC
Biotarm (Torf+Perlit)	5,15	5,81	5,22	5,39 C
Biotarm (Perlit)	5,55	7,33	8,09	6,99 A
<i>Çeşit Ortalaması</i>	5,54 B	6,00 AB	6,45 A	
LSD _{Çeşit} : 0.591** LSD _{Uygulama} : 0.763*** LSD _{Çeşit xUygulama} : Ö.D				

Ö.D., Önemli Değil; **, p<0.01; *** p<0.001'i ifade etmektedir.

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri



Şekil 2. Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeliklerinde ölçümü yapılan sürgün ve yaprak görselleri. (Sol; Domat çeşidi, Orta; Gemlik çeşidi ve Sağ; Sarı Ulak çeşidi)



Şekil 3. Gemlik ve Sarı Ulak çeliklerine ait köklenme görselleri. (Sol; Gemlik çeşidi, Sağ; Sarı Ulak çeşidi)

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Kök Sayısı

Çalışma sonucunda Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinde kök sayıları değerlendirildiğinde; çeşit ortalamaları arasında istatistiki olarak $p < 0.001$ 'e göre önemli bulunmuştur. (Çizelge 5). Adventif kök oluşturma oranı en düşük olan Domat zeytin çeşidinde elde edilen verilere göre kontrol dahil bütün uygulamalarda hiç köklenme görülmemiştir. Çeşit ortalaması dikkate alındığında, Gemlik çeşidi (6,73 adet) en yüksek kök adedine sahip olmuştur. Uygulama ortalamaları istatistiki açıdan $p < 0.001$ 'e göre önemli bulunmuştur. Uygulama ortalaması dikkate alındığında biotarm-perlit (5,15 adet) uygulamasında en yüksek kök adedi tespit edilmiştir. En düşük sonuç ise kontrol uygulamalarda görülmüştür. Çeşit x uygulama interaksyonu açısından ise değerler arasındaki fark istatistiki fark $p < 0.05$ olarak bulunmuştur. Köklenmesi kolay olan Gemlik çeşidinde biotarm-perlit (6,73) uygulamasında daha yüksek kök sayısı belirlenirken, aynı uygulamada Sarı Ulak çeşidi (5,46 adet) de en yüksek sonuç saptanmıştır. En düşük değer ise Sarı Ulak çeşidinde kontrol uygulamasında (4,22 adet) tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Çeşitlere ve uygulamalara ait kök sayısı değerleri

UYGULAMALAR	ÇEŞİTLER			Uyg. Ortalaması
	Domat	Gemlik	Sarı Ulak	
Kontrol	0,00 g	5,66 de	4,22 f	3,29 C
Hümkik Asit	0,00 g	5,86 bcd	5,50 de	3,78 BC
Deniz Yosunu	0,00 g	6,94 abc	4,50 ef	3,81 BC
Biotarm (Torf+Perlit)	0,00 g	7,08 ab	5,72 cde	4,26 B
Biotarm (Perlit)	0,00 g	8,09 a	7,36 a	5,15 A
Çeşit Ortalaması	0,00 C	6,73 A	5,46 B	
LSD _{Çeşit} : 0.570 *** LSD _{Uygulama} : 0.735*** LSD _{Çeşit x Uygulama} : 1.274 *				

Güler vd. (2017) Gemlik zeytin çeliklerini köklendirme çalışmalarında köklenme oranı, ortalama kök sayısı ve kök uzunluğu bakımlarından Gabiokat uygulamasını istatistiksel anlamda önemli bulmuşlardır. Kök sayısı ($23,02 \pm 6,0$ adet) ve ortalama kök uzunluğu ($30,05 \pm 4,0$ mm) dikkate alındığında 1ml/L Gabiokat uygulamasının Gemlik zeytin çeşidinin yarı odun çeliklerinin köklendirilmesinde başarılı olduğu belirlenmiştir. Karaltı ve Dalkılıç (2020) Memecik zeytin çeliklerinin dikimden itibaren farklı günlerde yapılan bitki büyümeyi düzenleyici maddeleri uygulamalarında en fazla kök sayısı (13,3 adet) 0 etilen+6000 ppm IBA'da ve en fazla kök uzunluğu (7,0 cm) 50 etilen+4000 ppm IBA (10. gün)'da elde edilmiştir. Artan etilen dozları Memecik yarı odun çeliklerinin köklenmesini azalttığı için 50 ppm'den daha düşük etilen dozlarının denenmesi tavsiye edilmektedir. Çalışmamızda da kök sayısı en fazla Biotarm uygulaması yapılmış olan gruplarda bulunmuş olup (8,09 adet), diğer uygulamalar birbirine benzer sonuçlar göstermiştir. En düşük kök sayısına kontrol grubunda (4,22 adet) rastlanmıştır.

Kök Uzunluğu

Çalışma sonucunda Domat, Gemlik ve Sarı Ulak çeşitlerinde kök uzunlukları değerlendirildiğinde; çeşit ortalamaları arasında istatistiki olarak $p < 0.001$ 'e göre fark görülmüştür. Değerler ile Gemlik (6.33 cm) ve Sarı Ulak (6,20) çeşitlerinde birbirine benzer şekilde bulunmuştur. (Çizelge 6). Uygulama ortalamaları arasında kök uzunluğu değerleri $p < 0.001$ 'e göre istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamalar değerlendirildiğinde en yüksek değer 5,05 cm ile Biotarm (Perlit) grubunda görülürken, en düşük değer 3,47 cm ile Kontrol grubunda ölçülmüştür. Çeşit x uygulama interaksyonu açısından ise değerler arasında istatistiki olarak $p < 0.001$ 'e göre fark bulunmuştur. En yüksek değeri 7,64 adet ile Gemlik çeşidi Biotarm (Perlit) uygulaması grubunda, bu yönden en düşük değer ise 4,93 cm ile Sarı Ulak çeşidi Kontrol grubunda tespit edilmiştir. Domat grubu hiç köklenme olmadığı için değerlendirmeye alınamamıştır.

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

Çizelge 6. Çeşitlere ve uygulamalara ait kök uzunluğu değerleri (cm)

UYGULAMALAR	ÇEŞİTLER			Uyg. Ortalaması
	Domat	Gemlik	Sarı Ulak	
Kontrol	0,00 g	5,48 e	4,93 f	3,47 D
Hümkik Asit	0,00 g	5,88 de	6,01 d	3,96 C
Deniz Yosunu	0,00 g	6,10 cd	5,86 de	3,99 C
Biotarm (Torf+Perlit)	0,00 g	6,54 bc	6,68 b	4,41 B
Biotarm (Perlit)	0,00 g	7,64 a	7,50 a	5,05 A
Çeşit Ortalaması	0,00 B	6,33 A	6,20 A	
LSD _{Çeşit} : 0.222*** LSD _{Uygulama} : 0.286 *** LSD _{Çeşit xUygulama} : 0.496***				

Wazir ve ark. (2001), farklı IBA konsantrasyonlarının ve toprak ortamının zeytin çeliklerinin köklenmeleri üzerine olan etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada; IBA'nın 0- 2000- 3000- 4000 ppm dozları ve kum, silt, çiftlik gübresi, kum + silt + Çiftlik gübresi (1:1:1) ortamlarını kullanmışlar. Kök uzunluğunun; silt + 4000 ppm IBA ile önemli derecede arttığını, kum + 4000 ppm IBA'da kök sayısı ve hayatta kalan bitki oranının arttığını bildirmişlerdir. Rahman ve ark. (2002), Coratino çeşidinin odun çeliklerini, köklendirilmesinde IBA'nın 3000 ppm dozunda maksimum kök sayısı 8 adet, kök uzunluğu 7,2 cm, köklenme yüzdesi %80 olarak gözlenmiş, en az kök sayısı, kök uzunluğu, köklenme yüzdesinin kontrol uygulamasında kaydedildiğini belirtmişlerdir (Karasu ve Sakar, 2014).

İsfendiyaroğlu ve ark. (2009), Ayvalık zeytin çeşidinin farklı ortamlarda köklendirilmesi üzerine çalışmalarında, ilk yıl maksimum köklenme oranı ve maksimum verim %100 ile fenol formaldehit köpük ortamında, %95 ile

perlit-vermikülit karışımında elde etmiştir. Maksimum maksimum kök uzunluğunu 47 mm olarak saptamışlardır. İkinci yıl ise 2:1 oranında kaya yünü: torf polimeri ve 1:2 oranında kum:perlit karışımları kullanılarak %90 oranında köklenme tespit etmişlerdir. Karasu ve Sakar (2014) çelik köklendirme ile ilgili çalışmalarında kallus oluşumu ve köklenme değerlerini göz önüne aldığımızda İndol Bütirik Asit (IBA) uygulamalarında 2000 ppm'in 100 çelikten 44'ünde kallus oluştuğu yine 100 çelikten yaklaşık olarak 25 adetinde köklenme sağlandığı bildirilmiştir. 4000 ppm uygulanan grupta ise 100 çelikten 29 adetinde kallus bulunmuş, yaklaşık olarak 37 adet çeliğin de köklendiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek köklenme oranı için 4000 ppm İndol Bütirik Asit dozunu önermişlerdir.

Başer ve Özeker (2005), Ayvalık yağlık zeytinin farklı ortamlarda Ekim ayında alınan 4000 ppm IBA uygulanan yarı odun çeliklerinin köklenmesinde, en yüksek kök adedi (10,8) ve kök uzunluğu (47,0 mm) olarak bulunmuştur. Saf olarak kullanılan kum ve torf köklendirme üzerinde olumsuz etkide olduğunu belirtmiştir. Kurd et. al. (2010) Pakistan da Coratina zeytin çeşidinin 3000, 4000 ve 5000 ppm IBA uygulanan yarı odun çeliklerinin köklendirilmesinde, en yüksek köklenme yüzdesi %60 olarak 3000 ppm uygulanan çeliklerde elde edilmiştir. Çelik başına maksimum ortalama kök sayısı (4,4 adet) ve ortalama kök uzunluğu (5,6 cm) 4000 ppm IBA uygulaması ile kaydedilmiştir. IBA konsantrasyonu arttıkça kök sayısı ve kök uzunluğu da artmıştır.

İsfendiyaroğlu ve Özeker (2012) yaptıkları çalışmada 'Domat' zeytin çeliklerinin Şubat ayında 5 g.l⁻¹ İndol butirik asit (IBA) ile köklendirilmesi sonucunda, en yüksek köklenme oranı %68 ve kök sayısı 4,5 adet olarak yüzeysel çizme uygulanan çeliklerde gözlenirken, hiç yaralama yapılmayanlarda % 21 köklenme ve 1,0 adet kök saptanmıştır. Aynı dönemde yüzeysel dilimleme yoluyla yaralanan çelikler, en uzun kök değerini (36,8 mm) vermiştir. Yüzeysel çizme şeklinde yapılan yaralamanın, 'Domat' zeytini çeliklerinin köklenmesini

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

iyileştirmek için en güvenilir yöntem olabileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç

Adventif kök oluşumu zor olan “Domat”, kısmi kolay olan “Sarı Ulak” ve kolay olan “Gemlik” zeytin çeşitlerinin farklı köklendirme ortamlarının potansiyelleri test edilmiştir.

Çeşitleri tek başına değerlendirilmesi sonucunda sürgün özellikleri bakımından çok farklı özellikler tespit edilememiştir. Bunun yanı sıra köklenmesi zor olan Domat çeşidinde çeliklerin köklenmemesine rağmen sürgün verme yüzdesinde en yüksek değerler saptanmıştır. Bu sonuç arazi çalışmaları yapılarak takip edilecektir.

Uygulamalar değerlendirildiğinde 4 grup için birbirine benzer köklenme oranı görülürken, çalışmada incelenen özellikler bakımında Biotarm organik bitki özlü solüsyon uygulamasının perlit ortamında etkinliğinin arttığı görülmüştür.

Çalışmamızda da kök sayısı en fazla Biotarm uygulaması yapılmış olan gruplarda bulunmuş olup (8,09 adet), diğer uygulamalar birbirine benzer sonuçlar göstermiştir. En düşük kök sayısına kontrol grubunda (4,22 adet) rastlanmıştır.

En yüksek kök uzunluğu değeri 7,64 adet ile Gemlik çeşidi Biotarm (Perlit) uygulaması grubunda, bu yönden en düşük değer ise 4,93 cm ile Sarı Ulak çeşidi Kontrol grubunda tespit edilmiştir. Domat grubu hiç köklenme olmadığı için değerlendirmeye alınamamıştır.

Zeytin çeşitleri arasında adventif kök oluşumu açısından ciddi farklılıkların olması (Domat çeşidinde ortalama %10 iken Gemlik çeşidinde ortalama %90) fidancılık açısından sorun yaratmaktadır. Adventif kök oluşumu üzerinde yapılmış çalışmalar bu farklılığın kaynağını henüz bulamamıştır. Bu nedenle Biotarm gibi bitki gelişimi sağlayan solüsyonların kullanılması adventif kök oluşumuna etkilerini görmek de fayda vardır.

Sonuçlara bakıldığında Biotarm’ın ortam olarak faydalı olduğu ama sadece perlit gibi nötr özellikli ortamda etkili olması tek başına etkin olduğunu göstermektedir.

Ülkemiz gerek iklim koşulları, gerekse ürün çeşitliliği açısından büyük öneme sahiptir. Bunun geliştirilmesi üniversitelerin yol göstericiliği ve çiftçilerin de gelişmelere açık olması ile sağlanabilecektir. Daha sağlıklı ve güçlü bir kök sistemi ile işe başlamak zeytin fidanının vejetatif aksamının daha rahat bir şekilde gelişmesine katkı sağlayarak ileride görülebilecek olumsuzlukların da önüne geçilmiş olunacaktır. Bu çalışmanın devamında Biotarm uygulanmış Domat ve Gemlik zeytin ağaçlarının çeliklerinde adventif kök oluşumuna etkileri bakılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma FBA-2022-14542 nolu proje olarak Çukurova Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Çalışmayı seralarında yürütmeme destek veren Tanrıverdi Fidancılık sahibi Ali Tanrıverdi’ye teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Awan, AA, Iqbal, J, Wahab, F (2001). Performance of Olive (*Olea europaea* L.) Cuttings Taken from Different Varieties in The Agro-Climatic Conditions of Peshawar. *Journal of Biological Sciences*. 1(6): 440-441.
- Başer, S ve Özeker, E, (2005). Değişik köklendirme ortamlarının Ayvalık yağlık zeytin çeşidi çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Bahçe bitkileri A.B.D yüksek lisans tezi.
- Blunden G, Whapham, C, Jenkins, T (1992). Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture: Their Origins, Uses and Modes of Action. School of Pharmacy and Biomedical Science and “School of Biological Sciences, University of Portsmouth, King Henry John Street, Portsmouth, Hampshire P01 202, U.K.
- Çelik, M, Özkaya., M, Polat, M, Çakır, E (2005). Kolay ve Zor Köklenen Zeytin (*Olea europae* L.) Çeşitlerinde Bazı İçsel Hormonların Düzeyleri ile Köklenme Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kesin Raporu. Proje no: 2000-11- 01-001.

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

- Çetintaş-Gerakakis, A, Özkaya MT (2005). Effects of Cutting Size, Rooting Media and Planting Time on Rooting of Domat and Ayvalık Olive (*Olea europaea* L.) Cultivars in Shaded Polyethylene Tunnel (Spt). *Tarım Bilimleri Dergisi*, Cilt 11, Sayı 3.
- Dag, A, Bustan, A, Avni, A, Lavee, S and Riov, J (2009). Fruit thinning using NAA shows potential for reducing biennial bearing of 'Barnea' and 'Picual' oil olive trees. *Crop Pasture Sci.* 60; 1124-1130.
- Denaxa N-K, Vemmos SN, Roussos PA (2012). The Role of Endogenous Carbohydrates and Seasonal Variation in Rooting Ability of Cuttings of an Easy and a Hard to Root Olive Cultivars (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, 143: 19-28.
- Duzcan F ve Tilki, F (2019). Çelik Alma Zamanı Ve Farklı IBA Dozlarının Zeytin (*Olea Europaea* L) Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Etkisinin Araştırılması. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Eid, AAM, Nomier, SA, Ibrahim, MM and Gad, MM (2018). Effect of some natural extracts, indolbutiric acid and naphthalene acetic acid on rooting of picual olive cuttings. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 45(1), 119-136.
- Ertem, H (1987). Boğazköy Metinlerine Göre Hititler Devri Anadolu'sunun Florası. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Türk Tarih Kurumu Yayınları, VII. Dizi, Sayı 65. Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara, 1987, 181s.
- Gaspar, T, ve Coumans, M (1987). Root formation. *Cell and Tissue Culture in Forestry: Specific Principles and Methods: Growth and Developments*, 202-217.
- Güler, Z, Özkaya, MT and Dost, SE (2017). Gemlik Zeytin Çeşidinin Yarı Odun Çeliklerinin Köklendirilmesi. *Zeytin Bilimi Dergisi*, No.7, 1-4.
- Güner, H ve Aysel, V (1996). Tohumuz Bitkiler Sistematigi. 1. Cilt (Algler). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No.108. Bornova, İZMİR.
- Hartmann HT, Kester DE (1983). *Plant propagation: principles and practices*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 727pp.
- Hartmann, HT, Kester, DE, Davies, FT and Geneve, RL (2002). *Plant Propagation, Principles and Practices*, 7th Ed., Prentice Hall Inc., New Jersey, 880p.
- Hong, YP, Chen, CC, Cheng, HL, Lyn, CH (1995). Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial Aqueous Seaweed Extract. *Gartenbauwissenschaft*, 60(4):191-194.
- İsfendiyaroğlu, M, Özeker, E, Başer, S (2009). Rooting of "Ayvalık" Olive Cuttings Indifferent Media. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(1): 165-172.
- İsfendiyaroğlu, M and Özeker, E (2012). Root regeneration of 'Domat' olive (*Olea europaea* L.) cuttings: wounding effects. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2), 159-165.
- Jan, İ, Sajid, M, Rab, A, Khan, O ve ark. (2015). Effect of various concentrations of indole butyric acid (IBA) on olive cuttings. *Mitteilungen Klosterneuburg* 65: 49-55.
- Karaltı, M ve Dalkılıç, Z (2020). Memecik Zeytin Çeliklerinin Köklenmesi Üzerine Etilenin Etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 165-171. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.684104>
- Karasu, İ ve Sakar, E (2014). Bazı Yabancı Zeytin Çeşitlerinde Çeliklerin Köklendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi*. Sf. 53, Şanlıurfa.
- Kurd, AA, Khan, AS, Shah, BH, Khetran, MA (2010). Effect of indole butyric acid (IBA) on rooting of olive stem cuttings. *Pakistan J. Agric. Res.*, 23(3-4): 193-195.
- Luma, Y, Özvardar, O, Özen, Y ve Atalay, E (1981). Bazı zeytin çeşitlerinin yumuşak odun çeliklerinin sisleme metoduyla köklendirilmelerindeki mevsimsel değişimlerin saptanması üzerine araştırmalar. *Edremit Zeytincilik Araştırma İstasyonu Yayını*, 1981.
- Mangal, M, Sharma, D, Sharma, M and Kumar, S (2014). In vitro regeneration in olive

Bazı Zeytin Çeşitlerinde Biyogübre Uygulamalarının Çelik Köklenmesine Etkileri

- (*Olea europaea* L.) cv, 'Frontio' from nodal segments.
- Metzidakis, I 2004. "OLIVERO."
- Özenç, DB, Şen, O (2017). Farklı gelişim dönemlerinde uygulanan deniz yosunu gübresinin domates bitkisinin gelişim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. Akademik Ziraat Dergisi Cilt:6 Özel Sayı:235-242.
- Özkaya, MT (1990). Problems of Propagation Methods and New Propagation Techniques in Olive and Some Other Fruit Trees. Meditertanean Agronomic Institute of Chania, Greece, 53p.
- Özkaya, MT and Çelik, M (1993). "The Effect Of Rooting Environment and Combination Of Auxin Polyamine On The Rooting Ability Of Turkish Olive Cultivars Gemlik and Domat." II International Symposium on Olive Growing 356..
- Pansiot, FP and Rebour, N (1964). (Çev. Aksu, S. ve Kantar, M.), Zeytincilikte Gelişmeler, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Yayın No. 3, Bornova/İzmir.
- Rahman, N, Awan, AA, Nabi, G, Ali, Z (2002). Root Initiation in Hardwood Cuttings of Olive Cultivar Coratina Using Different Concentration of IBA. Asian Journal of Plant Sciences, Volume:1, Number:5, 563-564.
- Rauthan, BS and Schnitzer, M (1981). Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. Plant Soil., 63.
- Rugini, E, Fedeli, E (1990). Olive (*Olea europea* L.) as an oilseed crop. In: Bajaj, Y.B.S. (Ed.), Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 10. Legumes and Oilseed crops I. Springer, Heidelberg, pp. 593±641.
- Turkoğlu, N and Durmus, M (2005). A Study on Root Formation of Four Olive Varieties by Application of Hormone. Asian Journal of Plant Sciences, 4: 455-457.
- Wazir, L, Ali, N, Rahman, N (2001). Effect of Different Concentrations of Indole Butyric Acid (IBA) and Different Soil media on the Rootings of Olive Cuttings. Sarhad Journal of Agriculturae. 17(4): 553-556.



Research Article

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

Sevgi ARSLAN¹, Cem Okan ÖZER^{1*}

ABSTRACT

This study examined the impact of incorporating varying concentrations (2.5%, 5%, 7.5%, and 10%) of chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) seed powder on the quality, shelf life, and sensory attributes of beef meatballs. The findings revealed a notable enhancement in antioxidant capacity and phenolic content with the incorporation of chasteberry. Lipid oxidation was markedly reduced, particularly in the 10% chasteberry group. However, the addition of chasteberry powder significantly influenced sensory acceptability, with higher concentrations resulting in a decline in taste and odor scores. The inclusion of chasteberry at 2.5% appears to provide an optimal equilibrium between antioxidant stability and sensory properties.

Keywords: chasteberry, meatball, antioxidant, phenolic content

Sığır Köfte Üretiminde Doğal Bir Antioksidan Olarak Hayıt (*Vitex agnus-castus* L.) Tohumu Tozunun Kullanımı

ÖZ

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%2,5, %5, %7,5 ve %10) hayıt (*Vitex agnus-castus* L.) tohumu tozu kullanımının sığır köftelerinin kalitesi, raf ömrü ve duyuşsal nitelikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bulgular, hayıt tohumunun eklenmesinin antioksidan kapasite ve fenolik içerikte dikkate değer bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle %10 hayıt tohumu içeren grupta lipid oksidasyonu belirgin şekilde azalmıştır. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda hayıt tohumu tozunun kullanımı duyuşsal kabul edilebilirliği önemli ölçüde etkilemiş, tat ve koku puanlarında düşüşe neden olmuştur. Hayıt tohumunun %2,5 oranında eklenmesinin oksidasyon stabilitesi ve duyuşsal özellikler arasında optimum bir denge sağladığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: hayıt, köfte, antioksidan, fenolik içerik

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-0092-9974, 0000-0002-2030-1412

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 17.09.2024

Kabul Tarihi: 16.10.2024

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

*E-posta: cemokanozer@nevsehir.edu.tr

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

Introduction

In recent decades, consumers have become increasingly interested in consuming natural antioxidants due to the growing awareness of the benefits of a healthy lifestyle. Therefore, the incorporation of natural antioxidants in foods has become more in demand (Mendonça et al., 2022). Antioxidants play a crucial function in human health by counteracting oxidative stress caused by free radicals produced during metabolic processes and by external factors, which can cause cellular aging and oxidative DNA damage, leading to various health problems such as cardiovascular disease, cancer and Alzheimer's disease (Boccellino, 2023; Burle et al., 2023). Plant-based antioxidants are in high demand and preferred by consumers because they are easy to use and improve the taste, flavor, and shelf life of food (Lorenzo et al. 2018; Mahassen and Hamdy 2023).

In the current scenario, where there is a growing demand for healthy and safe food, natural antioxidant sources are used to improve meat products quality, functioning as a significant alternative. This approach is in alignment with the increasing demand for natural and sustainable food practices that appeal to the discerning preferences of today's health-conscious consumers (Kumar et al., 2015; Bellucci et al., 2022; Olivás-Méndez et al., 2022; Aguiar Campolina et al., 2023). It is common practice to use the antioxidant capacity of aromatic plants, particularly spices and herbs, to improve the sensory properties of meat products, particularly in terms of flavor and aroma. Studies have shown that the ability to extend product shelf life and preserve quality parameters by using a variety of herbs and spices, including rosemary, thyme, cumin, turmeric, ginger and garlic, or essential oils, plant extracts, or powders obtained from these foods, in meat products (Atia et al., 2022; Olivás-Méndez et al., 2022; Ji et al., 2023; Šojić et al., 2023). Chasteberry seed is one of the natural antioxidant sources that has a high potential for use in the formulation of meat products.

Chasteberry or chaste tree (*Vitex agnus castus* L.) is a shrub widely grown in Europe, Central Asia, and the United States (Niroumand et al.,

2018). Chasteberry are enclosed in purple-blackberry-shaped fruits and are used in many regions instead of black pepper because their grain structure is similar to that of black pepper, and they even have a similar taste and aroma (Niroumand et al., 2018). The seeds contain high levels of flavonoids and flavonoid glycosides which have antioxidant effects (Sezik et al., 2013; Zahid et al., 2016). Additionally, chasteberry seeds exhibit antimicrobial, anti-inflammatory, and antitumor properties (Gül 2007; Sezik et al., 2013; Souto et al. 2020). Therefore, it has already been used in many societies as part of traditional medicine, cosmetics and skincare products for nearly 2500 years (Dülger et al., 2002; Eryigit et al., 2015; Zahid et al., 2016; Niroumand et al. 2018).

The bioactive effects of chasteberry seeds, especially their antioxidant effects, indicate that they have significant potential in using various food formulations. Consequently, chasteberry seeds are used in foods produced for medical, health and dietary purposes (Fukahori et al., 2014). Nevertheless, the utilization of chasteberry seeds in the formulation of meat products is limited. However, it is predicted that chaste seeds, which have a taste and aroma similar to black pepper, a widely used and preferred spice in meat products, can be used in meat products without causing any negative effects on the sensory properties. In comparison to some natural antioxidant source components whose utilization is restricted due to their adverse impact on sensory properties, chasteberry seeds have a considerable advantage in this regard. Consequently, the aim of the present study was to determine the effect of the addition of chasteberry seed powder to a beef meatball formulation on product quality parameters.

Materials and Methods

Materials

The post-mortem beef meat (*M. Longissimus dorsi*) that had completed a 24-hour resting period, animal fat, and spices used in the production of meatballs were sourced from a local supplier (İtimat Et Galerisi, Nevşehir, Türkiye). The sun-dried chasteberry (*Vitex agnus castus* L.) seeds were obtained as vacuum packed (Attar Dünyası, Manisa, Turkey). The seeds were ground into a

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

fine flour (Yücebaş Machinery, Izmir, Turkey) and the powder that passed through a 100-mesh sieve was used in meatball production. All ingredients were supplied separately for each of the two replicates.

Beef meatball production

The manufacturing of meatball was performed as previously stated by Özer and Secen (2018) with the following ingredients; beef meat (70%), beef fat (15%), breadcrumbs (7%), onion (4%), salt (2%), garlic (1%) and red pepper (1%). Chasteberry seed powder was not used in the formulation of the control group samples. In the other treatment groups, chasteberry seed powder was added in place of a portion of the beef meat, in the proportions of 2.5, 5, 7.5 and 10%, respectively. All the ingredients were mixed and kneaded to prepare the meatball mix. Pieces of the mixture weighing 50 g each were taken to obtain meatballs with a thickness of 1 cm and a diameter of 90 mm. The meatballs were cooked on a hot plate for 6 min, with both sides cooked evenly and the center point temperature reaching 70 ± 2 °C. After cooking, the meatballs were cooled to 20 ± 2 °C and then vacuum-packed. They were then shelf-stored at +4°C for 15 days.

Total phenolic compound analysis

The total phenolic compound in the chasteberry seed powder and meatballs was analyzed using the Folin-Ciocalteu method (Slinkard and Singleton, 1977). A 4.3 mg sample of the meatball was stirred with 10 ml methanol for 2 hours in the dark. Then, 300 µl of this mixture was pipetted into to a test tube and mixed with 3.16 ml distilled water, 200 µl Folin-Ciocalteu reagent and 1 ml methanol. The mixture was allowed to stand at 20 ± 2 °C for 8 min. Next, 600 µl sodium carbonate solution (10%) was added and then vortexed, and kept at 40 °C for 30 min. A blank was prepared using the same volume of methanol and following the same procedure as for the sample. The absorbance of the prepared solution at a wavelength of 765 nm was measured. The total amount of phenolic compounds was expressed as mg of gallic acid equivalent per gram of sample (mg GAE/g sample).

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity analysis

The DPPH radical scavenging activity for chasteberry seed powder and meatball samples was determined by minor changes in the procedure description by Brand-Williams et al. (1995). A DPPH solution with 0.98 ± 0.02 absorbance at 517 nm wavelength was prepared for analysis. 100 µl sample extract (1 mg/ml) and 3 ml of the DPPH solution were thoroughly mixed. The antioxidant activity (%) was determined by measuring the absorbance at a wavelength of 517 nm after 30 min.

Beta-carotene bleaching activity analysis

Beta-carotene bleaching analysis was performed on chasteberry seed powder and meatballs by the method outlined by Matthäus (2002) with some modifications. In total, 4 ml β-carotene solution, 400 µl Tween 40 and 40 µl linoleic acid were mixed and then evaporated to separate the chloroform. Then, 100 ml of distilled water was added to prepare the test solution. Sample extracts were prepared at specified concentrations and 3 ml of test solution was mixed with each extract. The first absorbance was determined at 470 nm, then the samples were kept at 50°C for 100 min and the absorbance was determined again. The same procedure was applied to the control group prepared without using β-carotene, and the antioxidant activity was calculated.

TBARS analysis

The formation of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) was measured to assess the stability of lipid oxidation (Kilic and Richards 2003). Briefly, a 1 g sample homogenized with 6 mL of an extraction solution containing trichloroacetic acid, EDTA and propyl gallate. Then, mixture was filtered through Whatman No:1 filtrate paper. Thereafter, 1 mL filtrate and 1 mL thiobarbituric acid solution (TBA) were mixed and heated at 100°C for 40 min. The mixture was centrifuged (2000xg for 5 min) after cooling. Absorbance was detected at 532 nm wavelength. TBARS levels were calculated as µmol MDA/kg sample.

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

Physico-chemical composition and cooking properties

The protein, moisture, ash and fat composition of chasteberry seed powder and meatballs were determined by the methods of AOAC (2005). The total dietary fiber content of chasteberry seed powder was determined (de Almeida Costa et al., 2006). In addition, the overall amount of carbohydrates in the samples was determined through the difference in the total proximate compositions. A digital pH meter was used to analyze the pH of the meatball samples.

The surface color values (L^* , a^* and b^*) of the samples were determined by a Hunter Lab colorimeter (CR-400, Konica Minolta, Japan) in the specular component excluded (SCE) mode under a D65 light source, with a circle of 8 mm aperture diameter and an angle of observation of 10°. The color differences (ΔE^*) in meatballs were calculated using color values. The weight, diameter and thickness of the meatball samples were determined before and after cooking. The cooking yield, reduction in thickness and diameter and total shrinkage values were determined (Murphy et al. 1975; El-Magoli et al., 1996).

Texture Profile Analysis

Texture Analyzer (TA.XT2 Plus, Stable Micro Systems, UK) with circular probe (\varnothing 10 cm) and a 50 kg load cell was used for texture profile analysis (TPA) of the samples. During the analysis, a compression of 0.5 mm (50%) was applied to the samples at 0.5 mm/s speed. The probe speed was 5 mm/s before and after the test. Texture profile analysis results were used to determine the hardness, chewiness, cohesiveness, springiness, and resilience values of the samples.

Sensory Analysis

Sensory analyses of cooked meatball samples were conducted by a panel of 13 individuals consisting of 5 male and 8 female students and academic staff from the Food Engineering Department. Panelists were trained prior to the panel on the analysis method, sensory characteristics of meatballs and other parameters to be considered during sensory analysis. The samples were prepared by heating them on an electric heating surface for 45 seconds and presented to each panelist for sensory analysis.

Salt-free bread and water were served to panelists to clean the mouth and palate between samples. The panelists evaluated the meatballs using a 9-point hedonic scale for color, ease of fracture, juiciness, greasiness, taste, odor, and overall acceptability.

Statistical analysis

The study was repeated twice and each measurement in all analyses was conducted at least in duplicate. The statistical analysis was carried out with the use of a statistical program (SPSS 22.0.0, SPSS Inc., USA). A fully randomized design with five treated (control and four experimental groups) and two replicates was used. Treatment groups and storage time as fixed effects and replicates as random effects were treated, and all data were analyzed using the general linear model (GLM). One-way analysis of variance (ANOVA) and Duncan post-hoc test were performed on the chemical composition, physico-chemical, sensory and textural data of the meatballs. Differences between means were considered significant if $P < 0.05$. Results are presented as mean values and standard errors of means (SEM).

Results and Discussion

It was determined that the chasteberry seed powder used in meatball production contained 9.2% moisture, 13.5% protein, 7.3% fat, 10.3% ash, and 38.7% dietary fiber. In addition, the DPPH radical scavenging activity and β -carotene bleaching value for chasteberry seed powder were determined to be 74.8% and 61.8%, respectively. The total phenolic content of chasteberry seed powder was determined to be 83.6 mg GAE/g. The chemical composition and bioactive properties of chasteberry are subject to variation depending on parameters such as variety and growing environment (Dülger et al., 2002; Maltaş et al., 2010; Souto et al., 2020).

The proportion of chasteberry seed powder used in the meatball formulation exhibited a significant ($P < 0.05$) effect on the phenolic content and antioxidant capacity of the meatballs, increasing both parameters. (Table 1). The phenolic content for the control samples, which was thought to be mainly derived from the spices used, was determined to be 0.42 mg GAE/g sample.

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

Table 1. The total phenolic content and antioxidant properties of meatballs

Groups	DPPH (%)	β -carotene bleaching (%)	Total phenolic content (mg GAE/g)
Control	44.05 ^e	31.45 ^e	0.42 ^e
2.5%	55.10 ^d	38.35 ^d	0.73 ^d
5%	64.71 ^c	42.92 ^c	1.35 ^c
7.5%	70.75 ^b	48.86 ^b	1.91 ^b
10%	82.06 ^a	54.04 ^a	2.31 ^a
SEM	2.99	1.82	0.16

a-e (↓) different letters in the same column indicate statistical differences.
SEM: standard error of the means

It is known that spices such as pepper, onion, and garlic contain different levels of phenolics such as gallic, coumaric, cinnamic, ferulic, caffeic and vanillic acid (Zheng and Wang, 2001). Conversely, the total phenolic content for the meatballs increased approximately 5.5 times when 10% chasteberry seed powder was used in the meatball formulation ($P < 0.05$). As anticipated, the antioxidant capacity of the meatballs was also found to be significantly enhanced when chasteberry seed powder was incorporated ($P < 0.05$). This increase in phenolic content also resulted in a significant enhancement in antioxidant capacity, as shown by the DPPH and β -carotene bleaching assays (Table 1). The DPPH and β -carotene bleaching activities of the meatballs increased by approximately 1.9 and 1.7 times, respectively, when chasteberry seed powder was added to the meatball formulation. It is demonstrated that the flavonoid and tannin content, along with iridoids and diterpenoids, which provide potent antioxidant properties to chasteberry, can effectively inhibit lipid oxidation in meat products (Sağlam et al., 2007; Latoui et al., 2012). The study results showed that meatballs prepared with chasteberry seed powder, which is rich in phenolic, significantly increased the content of phenolic in meatball samples. The findings indicate that chasteberry seed can be used as an alternative natural antioxidant in the meat products formulation.

The enhanced antioxidant capacity and total phenolic content of the samples resulting from the incorporation of chasteberry seed powder notably influenced the oxidation level of lipids throughout the storage period (Table 2). The TBARS level for the control samples was considerably higher than meatballs produced with chasteberry seed during

the storage period ($P < 0.05$). Due to the increase of chasteberry powder in the meatball formulation, lipid oxidation in meatball samples was limited ($P < 0.05$).

Table 2. The changes in TBARS values for meatballs during storage

Groups	Storage (days)				SEM
	1	5	10	15	
Control	4.82 ^{aD}	5.29 ^{aC}	6.09 ^{aB}	6.25 ^{aA}	0.22
2.5%	3.40 ^{bD}	3.90 ^{bC}	4.16 ^{bB}	4.23 ^{bA}	0.13
5%	3.13 ^{cD}	3.50 ^{cC}	4.03 ^{cB}	4.31 ^{bA}	0.18
7.5%	2.82 ^{dD}	3.18 ^{dC}	3.48 ^{dB}	3.54 ^{cA}	0.11
10%	2.59 ^{eC}	2.65 ^{eC}	2.80 ^{eB}	2.93 ^{dA}	0.05
SEM	0.18	0.20	0.25	0.37	

a-e (↓) different letters in the same column indicate statistical differences.
A-D (→) different letters in the same column indicate statistical differences.
SEM: standard error of the means

The impact was most significant in the 10% chasteberry group, where TBARS values were approximately 50% lower than those observed in the control group after 15 days of storage ($P < 0.05$). The relationship between the increase in phenolic content and the decrease in lipid oxidation is significant. This reduction can be attributed to the high phenolic content of the chasteberry, which includes flavonoids and iridoids that have been evidenced to scavenge free radicals and inhibit lipid peroxidation. They also have an inhibitory effect on lipid peroxidation by disrupting the polymer chain reactions that occur during lipid peroxidation (Okamura et al., 1993; Van Acker et al., 1996; Masuoka et al., 2012). In the present study, the increased phenolic content due to adding chasteberry powder resulted in a notable reduction in TBARS values, indicating better oxidation stability during storage. It is also reported that phenolic acids, anthocyanins, flavonols, and flavonoids inhibit the formation of hydroxyl radicals formed from hydrogen peroxide (Gök, 2006). This finding is consistent with the results of previous studies that have investigated the use of other natural antioxidants, such as flaxseed and peach peel powder, pomegranate, citrus and mango peel extract, and olive leaf extract, in meatballs (Turp, 2016; Zhang et al., 2016; Turgut et al., 2017; Nishad et al., 2018; Mokhtar and Eldeeb, 2020; Rubel et al., 2020). These studies have demonstrated a correlation between the high phenolic content of these antioxidants and a reduction in lipid oxidation

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

The utilization of chasteberry seed powder in the production of meatballs resulted in considerable alterations to the cooking properties of the meatballs, except for cooking yield (Table 3). While the addition of chasteberry seed powder in the formulation of meatballs increased the reduction in diameter and total shrinkage rate of the meatballs ($P<0.05$), the thickness reduction was reduced ($P<0.05$).

Table 3. The cooking characteristics of meatballs

Groups	CY (%)	RD (%)	RT (%)	S (%)
Control	94.39 ^a	14.45 ^c	26.50 ^a	-26.77 ^a
2.5%	94.95 ^a	16.11 ^c	21.75 ^b	-29.61 ^b
5%	91.45 ^a	14.17 ^c	15.00 ^c	-26.31 ^b
7.5%	94.39 ^a	20.55 ^b	10.75 ^c	-36.81 ^c
10%	93.86 ^a	24.17 ^a	6.25 ^d	-42.48 ^d
SEM	1.59	4.35	7.83	7.06

CY: cooking yield; RD: Reduction in diameter; RT: Reduction in thickness; S: Shrinkage
a-e (↓) different letters in the same column indicate statistical differences.
SEM: standard error of the means

It has been reported in the literature that the use of components containing dietary fiber is used in

meat products, water and fat retention properties and textural parameters are improved and cooking losses are reduced (Erkan, 2010; Foster et al., 2010).

The proximate composition of chasteberry seed powder significantly affected the composition of the meatballs as well as their cooking properties (Table 4). While the fat and ash contents of the meatballs containing more than 5% chasteberry seed powder increased significantly and the moisture and protein content decreased ($P<0.05$). The change in the proximate composition of meatballs is associated with chemical composition and amount of the ingredient added to the formulation. Studies indicated that the addition of 3% *Mentha pulegium* to the meatball formulation had no significant effect, however, 37.5% soybean pulp addition changed the proximate composition of meatballs (Gün, 2014; Guliyeva, 2020).

Table 4. The proximate composition of meatballs

Groups	pH	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)
Control	5.88 ^{ab}	62.38 ^a	18.66 ^a	16.15 ^c	1.98 ^c	0.83 ^c
2.5%	5.87 ^b	62.07 ^a	17.61 ^b	15.75 ^c	2.22 ^c	2.35 ^d
5%	5.90 ^a	60.02 ^{ab}	16.37 ^c	17.97 ^b	3.02 ^b	3.12 ^c
7.5%	5.90 ^a	59.01 ^{bc}	15.90 ^{cd}	18.39 ^{ab}	3.12 ^{ab}	3.68 ^b
10%	5.82 ^c	58.11 ^c	15.37 ^d	19.21 ^a	3.25 ^a	4.06 ^a
SEM	0.02	0.32	0.42	0.12	0.17	0.11

a-e (↓) different letters in the same column indicate statistical differences.
SEM: standard error of the means

The texture profile analysis indicated that there were notable alterations in the textural properties of the meatballs with the incremental incorporation of chasteberry powder (Table 5). While the use of 2.5% chasteberry powder in the

formulation of meatballs did not cause any textural change except hardness. However, springiness and cohesiveness values were most affected by the highest chasteberry concentration (10%).

Table 5. Texture profile analysis results of meatballs

Groups	Hardness (N)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Resilience
Control	293.07 ^b	0.65 ^b	0.63 ^b	121.17 ^b	0.28 ^b
2.5%	365.68 ^a	0.70 ^b	0.65 ^b	165.20 ^{ab}	0.29 ^b
5%	337.51 ^{ab}	0.82 ^a	0.73 ^a	201.36 ^a	0.37 ^a
7.5%	390.53 ^a	0.77 ^a	0.71 ^a	210.38 ^a	0.34 ^a
10%	315.08 ^{ab}	0.78 ^a	0.71 ^a	172.82 ^{ab}	0.35 ^a
SEM	16.44	0.06	0.01	39.15	0.04

a-e (↓) different letters in the same column indicate statistical differences.
SEM: standard error of the means

It has been indicated that the use of different extracts, powders and fibers of plants in meatball formulations causes an increase in parameters such as hardness, springiness, cohesiveness and resilience (Çarşı, 2019; Özabracı, 2019;

Özdemir, 2019; Guliyeva 2020). The changes can be attributed to the high fiber content of chasteberry seed powder, which is likely to have increased water retention, thus altering the textural properties. It is established that dietary fiber

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

improves water and fat retention in meat products, resulting in a firmer texture (Özer and Secen 2018). However, it was stated by the panelists that the effect of chasteberry powder on textural parameters determined by analytical was insignificant sensory (Figure 1).

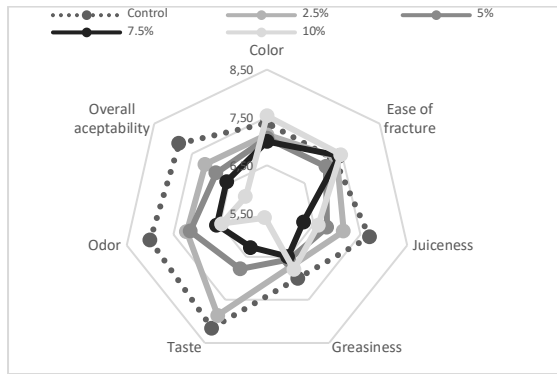


Figure 1. Sensory evaluation of cooked meatballs

The panelists indicated that incorporating chasteberry powder into the meatball formulation insignificantly minor alters in the color, bite character and ease of fracture parameters of the products. However, significant differences were determined in other sensorial parameters, especially in taste and odor ($P < 0.05$). The panelists determined that the control group meatballs were more highly appreciated in terms of taste and odor. Furthermore, the taste and odor of the meatballs decreased as the usage rate of chasteberry powder in the meatball formulation increased ($P < 0.05$). The strong and unique aroma and taste of chaste seed, which can be described as bitter, sour and spicy, affected the sensory properties of the meatball samples, although it was used at low usage rates in formulation. Panelists stated that chasteberry powder gave the meatball samples the taste and odor characteristics that they described as acrid, astringent, bitter, sour and tart, and that these characteristics could be felt very easily, especially at high doses. This also affected the overall acceptability of the meatballs. The control group samples exhibited the highest mean overall acceptability score, while the meatballs containing 7.5% and 10% chasteberry powder showed the lowest overall acceptability scores ($P < 0.05$). In many studies, it has been reported that when components with high content of

essential oil and phenolic compounds, such as chasteberry seeds, are used in the formulations of meat products, their overall acceptability decrease (Nassu et al., 2003; Gök, 2006; İlhan, 2010; Guliyeva, 2020). Furthermore, the dose-dependent effect of chasteberry seed powder on lipid oxidation indicates that higher concentrations could yield more pronounced antioxidant benefits. However, as observed in the present study, sensory acceptability decreased as the concentration increased, indicating the desirability of achieving a balance between antioxidant capacity and consumer preferences. Similar findings have been reported for rosemary and garlic, where high concentrations also resulted in sensory rejection despite the antioxidant benefits they offer (Olivas-Méndez et al., 2022). Therefore, this balance is of particular importance in food formulations, especially when developing products with extended shelf life (Bellucci et al., 2022). To minimize these effects, further investigation could be conducted into the potential application of encapsulating sources with dominant aromatic sensory properties, with the aim of masking their strong aroma while preserving their antioxidant properties.

The color differences of the products was observed throughout their storage (Figure 2). While the color differences in the control group samples increased during storage compared to the production day, the samples containing chasteberry seed powder initially demonstrated a decrease and then an increase. It was found that the samples containing chasteberry seed powder that were stored for 10 days exhibited color characteristics that were similar to those observed on the day of production. However, after the storage period, it was determined that there were notable differences in the color values of all samples when compared to the samples produced on the initial day.

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

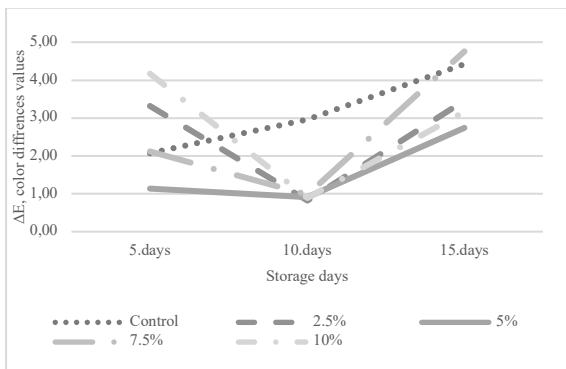


Figure 2. Color differences (ΔE^*) of meatballs during storage

The differences in product color properties (ΔE^*) may be attributed to the phenolic compounds, flavonoid content, and antioxidant capacity of chasteberry seed powder, which stabilizes color by decelerating oxidative processes (Souto et al., 2020). The initial decrease in color difference may be attributed to interactions between these components and lipid oxidation. However, as storage continues, reducing antioxidant capacity may result in color changes. The differences determined after the storage period indicate that the stabilization of color properties in chasteberry seed powder may be relatively limited over extended periods.

Conclusion

The incorporation of chasteberry powder into the formulation of meatballs has resulted in considerable increases in total phenolic content and antioxidant capacity of the product, thereby contributing to the development of enhanced oxidation stability. However, higher concentrations of chasteberry were found to have an adverse effect on the sensory properties of the product, indicating that 2.5% represents the optimal level for achieving a balance between antioxidant capacity and consumer acceptability. It would be beneficial for future studies to investigate the potential of encapsulation or other techniques to enhance the applicability of chasteberry seed powder without compromising the sensory appeal of the final product.

References

- Aguiar Campolina, G., M. das Graças Cardoso, A. Rodrigues-Silva-Caetano, D. Lee Nelson and E. Mendes Ramos (2023). Essential oil and plant extracts as preservatives and natural antioxidants applied to meat and meat products: a review. *Food Tech Biotech & Biotech Equip* 61(2): 212-225.
- AOAC (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*, AOAC Int.
- Atia, T. S., E. A. Moustafa and S. I. Ibrahim (2022). Improving Bacterial, Oxidative, and Sensory Quality of Meat Steaks Using Cumin, Garlic, and Thyme Essential Oils. *World's Vet J* 12(3): 274-283.
- Bellucci, E. R. B., C. V. Bis-Souza, R. Domínguez, R. Bermúdez and A. C. D. Barretto (2022). Addition of Natural Extracts with Antioxidant Function to Preserve the Quality of Meat Products. *Biomol* 12(10).
- Boccellino, M. (2023). Health Effects of Natural Antioxidants. *Int J Mol Sci* 24(13): 10792.
- Brand-Williams, W., M.-E. Cuvelier and C. Berset (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT* 28(1): 25-30.
- Burle, S. S., K. R. Gupta, S. N. Lade, S. W. Rangari and M. J. Umekar (2023). *Antioxidants Obtained from the Natural Sources: Importance in Human Health*. Biochemistry, IntechOpen.
- Çarşı, Ş. C. (2019). Çördük otu tozu ilavesinin sığır eti köftelerinin bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi
- de Almeida Costa, G. E., K. da Silva Queiroz-Monici, S. M. P. M. Reis and A. C. de Oliveira (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem* 94(3): 327-330.
- Dülger, B., E. Uğurlu and F. Gücin (2002). *Vitex agnus-castus* L (Hayıt)'un Antimikrobiyal Aktivitesi. *Çev-Kor* 11(45): 1-5.
- El-Magoli, S. B., S. Laroia and P. J. M. S. Hansen (1996). Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. *42(2)*: 179-193.

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

- Erkan, T. (2010). Gıdalardaki katkı maddeleri. *Türk Ped Arş* 45(4): 315-318.
- Eryigit, T., A. Çig, N. Okut, B. Yildirim and K. Ekici (2015). Evaluation of chemical composition and antimicrobial activity of *Vitex agnus castus* L. fruits' essential oils from West Anatolia, Turkey. *J Ess Oil Bearing Plants* 18(1): 208-214.
- Foster, E., J. C. Mathers and A. J. Adamson (2010). Packaged food intake by British children aged 0 to 6 years. *Food Add Cont* 27(3): 380-388.
- Fukahori, M., S. Kobayashi, Y. Naraki, T. Sasaki, H. Oka, M. Seki, S. Masada-Atsumi, T. Hakamatsuka, Y. J. C. Goda and P. Bulletin (2014). Quality evaluation of medicinal products and health foods containing chasteberry (*Vitex agnus-castus*) in Japanese, European and American markets. 62(4): 379-385.
- Gök, V. (2006). Antioksidan kullanımının fermente sucukların bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Guliyeva, F. (2020). Yarpuz (*Mentha pulegium* L.) Kullanılarak Üretilen Köftelerin Soğukta Muhafaza Süresince Lipit Oksidasyonu ve Renk Kararlılığının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Gül, A. (2007). Kadın Hastalıklarında Kullanılan Droglar, *Vitex agnus-castus*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Gün, M. (2014). Sığır eti köftelerinin bazı fiziksel kimyasal tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerine çeşitli sütçülük yan ürünlerinin etkisi. Yüksek Lisans, Selçuk Üniversitesi
- İlhan, E. Y. (2010). Farklı oranlarda dana kırıntı eti ile formüle edilen hamburger köftelerinde biberiye ekstraktı ilavesinin raf ömrüne etkisi. Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi
- Ji, J., S. Shankar, F. Royon, S. Salmieri and M. Lacroix (2023). Essential oils as natural antimicrobials applied in meat and meat products-A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 63(8): 993-1009.
- Kilic, B. and M. Richards (2003). Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *J Food Sci* 68(2): 686-689.
- Kumar, Y., D. N. Yadav, T. Ahmad and K. Narsaiah (2015). Recent trends in the use of natural antioxidants for meat and meat products. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 14(6): 796-812.
- Latoui, M., B. Aliakbarian, A. A. Casazza, M. Seffen, A. Converti and P. Perego (2012). Extraction of phenolic compounds from *Vitex agnus-castus* L. *Food Bioprod Process* 90(4): 748-754.
- Lorenzo, J. M., M. Pateiro, R. Domínguez, F. J. Barba, P. Putnik, D. B. Kovačević, A. Shpigelman, D. Granato and D. Franco (2018). Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. *Food Res Int* 106: 1095-1104.
- Mahassen, M. S. and A. S. Hamdy (2023). Natural Antioxidants From Herbs And Spices And Their Effects For Improving The Functionality And Shelf Life Of Food And Dairy Products: A Review. *J Multidiscip Res* 3(1).
- Maltaş, E., A. Uysal, S. Yıldız and Y. Durak (2010). Evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of *Vitex agnus-castus* L. *Fresen Environ Bull* 19: 3094-3099.
- Masuoka, N., M. Matsuda and I. Kubo (2012). Characterisation of the antioxidant activity of flavonoids. *Food Chem* 131(2): 541-545.
- Matthäus, B. (2002). Antioxidant activity of extracts obtained from residues of different oilseeds. *J Agri Food Chem* 50(12): 3444-3452.
- Mendonça, J. d. S., R. d. C. A. Guimarães, V. A. Zorretto-Pinheiro, C. D. P. Fernandes, G. Marcelino, D. Bogo, K. d. C. Freitas, P. A. Hiane, E. S. de Pádua Melo and M. L. B. Vilela (2022). Natural antioxidant evaluation: A review of detection methods. *Mol* 27(11): 3563.
- Mokhtar, S. M. and G. S. S. Eldeep (2020). Impact of Mango Peel Extract on the Physicochemical Properties, Microbiological Stability and Sensory Characteristics of Beef Burgers During Cold Storage. *Egypt J Food Sci* 48(2 (In Progress)): 245-258.

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

- Murphy, E. W., P. E. Criner and B. Gray (1975). Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *J Agri Food Chem Adv* 23(6): 1153-1157.
- Nassu, R. T., L. A. G. Gonçalves, M. A. A. P. da Silva and F. J. Beserra (2003). Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat Sci* 63(1): 43-49.
- Niroumand, M. C., F. Heydarpour and M. H. Farzaei (2018). Pharmacological and therapeutic effects of *Vitex agnus-castus* L.: A review. *Pharmacognosy Rev* 12(23).
- Nishad, J., T. K. Koley, E. Varghese and C. Kaur (2018). Synergistic effects of nutmeg and citrus peel extracts in imparting oxidative stability in meat balls. *Food Res Int* 106: 1026-1036.
- Okamura, H., A. Mimura, Y. Yakou, M. Niwano and Y. Takahara (1993). Antioxidant activity of tannins and flavonoids in *Eucalyptus rostrata*. *Phytochem* 33(3): 557-561.
- Olivas-Méndez, P., A. Chávez-Martínez, E. Santellano-Estrada, L. Guerrero Asorey, R. Sánchez-Vega, A. L. Rentería-Monterrubio, D. Chávez-Flores, J. M. Tirado-Gallegos and G. Méndez-Zamora (2022). Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and garlic (*Allium sativum*) essential oils and chipotle pepper oleoresin (*Capsicum annum*) on beef hamburgers. *Foods* 11(14): 2018.
- Özabravci, A. (2019). Tekirdağ köftesi üretiminde bezelye proteini ve lifinin kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.
- Özdemir, S. (2019). Köfte üretiminde kurutulmuş koruk (*vitis vinifera* l.) posası kullanımının hca oluşumu ve ürün raf ömrü üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.
- Özer, C. O. and S. M. Secen (2018). Effects of quinoa flour on lipid and protein oxidation in raw and cooked beef burger during long term frozen storage. *Food Sci Tech* 38: 221-227.
- Rubel, S. A., Z. Yu, H. Murshed, S. A. Islam, D. Sultana, S. Rahman and J. Wang (2020). Addition of olive (*olea europaea*) leaf extract as a source of natural antioxidant in mutton meatball stored at refrigeration temperature. *J Food Sci Tech*: 1-9.
- Sağlam, H., A. Pabuçcuoğlu and B. Kıvçak (2007). Antioxidant activity of *Vitex agnus-castus* L. extracts. *Phytotherapy Research: International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* 21(11): 1059-1060.
- Sezik, E., G. Özkök and M. Sezik (2013). *Vitex agnus castus* L. preparatı ile retrospektif bir çalışma. *Med J Suleyman Demirel Uni* 20(2).
- Slinkard, K. and V. L. Singleton (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American J Enol Viti* 28(1): 49-55.
- Šojić, B., S. Milošević, D. Savanović, Z. Zeković, V. Tomović and B. Pavlić (2023). Isolation, bioactive potential, and application of essential oils and terpenoid-rich extracts as effective antioxidant and antimicrobial agents in meat and meat products. *Mol* 28(5): 2293.
- Souto, E. B., A. Durazzo, A. Nazhand, M. Lucarini, M. Zaccardelli, S. B. Souto, A. M. Silva, P. Severino, E. Novellino and A. Santini (2020). *Vitex agnus-castus* L.: main features and nutraceutical perspectives. *Forests* 11(7): 761.
- Turgut, S. S., F. Işıklı and A. Soyer (2017). Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage. *Meat Sci* 129: 111-119.
- Turp, G. Y. (2016). Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour. *Meat Sci* 121: 40-46.
- Van Acker, S. A., M. N. Tromp, D. H. Griffioen, W. P. Van Bennekom, W. J. Van Der Vijgh and A. Bast (1996). Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. *Free Radical Bio Med* 20(3): 331-342.

The Utilization of Chasteberry (*Vitex agnus-castus* L.) Seed Powder as a Natural Antioxidant in the Production of Beef Meatball

- Zahid, H., G. H. Rizwani and S. Ishaq (2016). Phytopharmacological review on *Vitex agnus-castus*: a potential medicinal plant. *Chinese Herb Med* 8(1): 24-29.
- Zhang, Y., I. Han, W. Bridges and P. Dawson (2016). Peach skin powder inhibits oxidation in cooked turkey meat. *Poultry Sci* 95(10): 2435-2440.
- Zheng, W. and S. Y. Wang (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J Agri Food Chem* 49(11): 5165-5170.



Research Article

Reduction of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

Emine KAHRAMAN¹, Cemal KAYA², Esra ESİN^{2*}, Mustafa BAYRAM²

ABSTRACT

This study was conducted to determine the composition of green tea extracts obtained by using ultrasound-assisted extraction technique and to determine the changes in color, turbidity and tea cream formation with tannase enzyme supplementation. Green tea extracts obtained at a brewing temperature of 70 °C with different tea:water ratios (1:100; 5:100 and 10:100 m/v) and brewing durations (5, 10 and 20 minutes) were supplemented with tannase enzyme. The turbidity (NTU) values of green tea extracts varied between 3.50-24.0, tea cream quantities varied between 1.35-3.98 g/100g green tea for control samples and between 0.42-2.00 g/100g green tea for tannase enzyme-supplemented samples. Tea:water ratios and brewing durations had significant effects on tea cream formation of the samples. The results showed that the amounts of tannase enzyme-supplemented tea cream samples decreased more than the control samples under all application settings, and there were significant differences between the amounts of enzyme-supplemented and unsupplemented tea cream samples.

Keywords: Green tea, NTU, color, sensory analyses, catechins, tannase

Ultrason Destekli Türk Yeşil Çay Ekstraktlarında Bulanıklığın ve Krema Oluşumunun Azaltılması: Tannaz Enzimi Uygulaması

ÖZ

Bu çalışma, ultrason destekli ekstraksiyon tekniği kullanılarak elde edilen yeşil çay ekstraktlarının kompozisyonunun belirlenmesi ve tannaz enzimi ilavesi ile renk, bulanıklık ve çay kreması oluşumundaki değişikliklerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. 70 °C demleme sıcaklığında, farklı çay:su oranlarında (1:100; 5:100 ve 10:100) ve demleme sürelerinde (5, 10 ve 20 dakika) elde edilen yeşil çay ekstraktlarına tannaz enzimi ilave edilmiştir. Yeşil çay ekstraktlarının bulanıklık (NTU) değerleri 3,50-24,0; çay kreması miktarları kontrol örnekleri için 1,35-3,98 g/100g yeşil çay ve tannaz enzimi ilave edilmiş örnekler için 0,42-2,00 g/100g yeşil çay arasında değişmiştir. Çay:su oranları ve demleme sürelerinin örneklerin çay kreması oluşumu üzerinde önemli etkileri olmuştur. Sonuçlar, tüm uygulamalarda tannaz enzimi ilaveli örneklerin çay kreması miktarlarının kontrol örneklerine göre daha fazla azaldığını ve enzim katkılı ve katkısız çay kreması örneklerinin miktarları arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil çay, NTU, renk, duyu analizler, kateşinler, tannaz

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0005-4711-0009, 0000-0001-8354-9565, 0000-0003-0470-0015, 0000-0002-8232-226X

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 03.07.2024

Kabul Tarihi: 23.10.2024

¹ Department of Food Engineering, Institute of Science, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

² Department of Food Engineering, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

*E-posta: esinyasemin@yahoo.com

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

Introduction

The first stage in making a beverage from raw tea leaves is extraction. Green tea extracts' anti-oxidant capabilities, volatile organic compound profile and quantity, and sensory attributes have all been found to be strongly impacted by the extraction process and extraction conditions (Liang et al., 2021; Uzuner, 2022; Ashraf et al., 2023). It is widely accepted that the traditional extraction procedures involve dissolving and the use of solvents for solid-liquid extraction processes. The traditional extraction techniques include maceration, heat-reflux process, hydro-distillation, and Soxhlet extraction. Nevertheless, a number of disadvantages have made traditional methods less popular in recent years, including the need for toxic solvents, excessive time and energy requirements, poor extraction efficiency, and high extraction temperatures that limit their use (Chen et al., 2016; Koina et al., 2023).

In addition to significantly improving the extraction yield, the application of innovative technologies under moderate processing conditions can reduce contamination and structural alterations of polyphenols associated with epimerization and oxidative oligomerization processes. These technologies also raise the target secondary metabolites' mass transfer coefficient and the rate of solvent permeability in plant cells. (Raghunath et al., 2023). As an alternative to traditional extraction, ultrasound-assisted extraction uses moderate temperatures, which prevent volatile chemicals from evaporating away from the environment and heat-induced degradation of tea components (Hu et al., 2019; Uzuner, 2022; Heydari et al., 2023).

Visual characteristics are important for food acceptance. Of them, turbidity, or cloudiness, is frequently thought to be a particularly significant element influencing the quality of many foods, including drinks. The primary factors influencing turbidity are the colloidal size entities in the liquid phase, the particle size distribution, and the differential in refractive index between the particles and the medium (Collado-Fernandez et al., 2000). Light scattered by particles in suspension or solution is measured as turbidity. In a lab setting, a

nephelometer (turbidimeter) is often used to detect turbidity. Light emitted by turbidity particles falling on a surface is measured by a turbidimeter. This means that when turbidity rises, light entering the liquid is unable to continue on its path and will instead spread (deviate) to the side. Nephelometric Turbidity Unit, or NTU, is the turbidimeter's measuring unit. (Cemeroğlu B., 2004). Measuring turbidity is an effective way to look at how astringent substances that combine with proteins, such as polyphenols, interact with them. Additionally, turbidity measurement would offer a highly efficient method for locating additional astringent components in tea. (Wen et al., 2022). The instability of natural and additive-free Ready-to-drink (RTD) cold tea that results in the development of haze and tea cream formation is one of the primary problems faced in its manufacture. It causes complexed substances to discolor and precipitate, affecting the color, flavor, and visual appeal (Chandini et al., 2013; Yu & He, 2022). When evaluating tea sensory assessment, turbidity is a downside for certain, but not all, green teas. It is sometimes associated with the unfavorable term "dull." (Wang et al., 2004). In addition to having an unpleasant look, the apparent hazes and precipitates affect the flavor and color of tea drinks (Guo et al., 2021). Tsai (1987) defined the 0–50 NTU range as "Crystal Clear, Transparent, Clear," the 50–100 NTU range as "Clear," and the 101–200 NTU range as "cloudy" for teas that are ready to consume. To our knowledge, there is no study about Turkish green tea cream formation. This study was conducted to assess the color and turbidity values of green tea extracts obtained through ultrasound technique and the changes in tea cream quantities. With the scope of this investigation conducted at brewing temperature of 70 °C varied brewing durations (5, 10 and 20 minutes) tannase enzyme was applied to green tea extracts prepared using different tea:water ratios (1:100; 5:100; and 10:100 m/v).

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

Materials and Methods

Material

The green tea, used as the raw material of the study, was supplied from Rize Karaali Tea (Turkey) factory. Distilled water was used as the solvent. Tannase enzyme used in this study (activity=500 U/g or higher; optimum pH range 5.0-5.5 and temperature 40 °C) was obtained from Kikkoman Company, Japan.

Method

Green tea extraction process

The extract from green tea was obtained using an Elma Sonic-S100H brand ultrasonic water bath with an ultrasonic power effective of 600 (W) and a constant 37 KHz frequency. Various brewing times (5, 10, and 20 minutes) and tea:water ratios (1:100, 5:100, and 10:100 m/v) were employed during the extraction process at a brewing temperature of 70°C. The specified ratios of tea to water (1:100, 5:100, and 10:100 m/v) were followed while weighing and filling beakers with tea samples. Next, 70 °C distilled brewing water was added, and a glass stirrer was used to agitate the mixture for 30 seconds. In an ultrasonic water bath, mixtures were allowed to steep for five, ten, or twenty minutes. Samples were filtered at the end of the specified brewing times using double-layer simple filter sheets. 1.25 U/g of the enzyme solution and 40 ml of equal amounts of the final extract, First Extract (F.E.), were added to centrifuge tubes. The samples that were supplemented with TANNASE enzyme were immediately put in a water bath at 40°C, which is the ideal working temperature for the enzyme, and left there for an hour. To inactivate the enzymes, samples were incubated for two hours at 2°C in a water bath after being pre-cooled for five minutes. After the appropriate amounts of time, sample tubes were centrifuged (Nuve, NF 800R) for 20 minutes at -2°C and 9000 rpm. Next, the clear and creamy parts were taken apart. We got clear green tea extracts and ran the following analysis on them. Concurrently, the tannase-free samples (called Control (CNTRL) samples) were prepared and subjected to the same assays. The study was carried out in two replicates.

Analyses

The composition of green tea extracts was determined by Cemeroğlu (2010), including total dry matter content, color parameters (L a b) (Minolta color meter device, CR-400), and turbidity measurements (turbidimeter (La Matte 2200, 2020 we, USA; the findings were represented in NTU). The amount of cream formed in green tea extracts was determined as specified by Nagalashmi et al. (1984). Results were expressed in g cream/100g tea. The sensory evaluation of green tea extracts was performed by a panel of 10 panelists in terms of brew color, aroma, astringency, fullness and general properties over 5 points (Sinija and Mishra, 2011).

Statistical Analyses

The factorial experimental design was followed while analyzing the variance of the experimental data. Duncan's multiple range test was used to compare significant means at the 0.05 significance level.

Results And Discussion

Characteristics Of Green Tea

The average dry matter content of green tea, used as raw material in the study, was 94.25%, moisture content was determined as 5.75%. Ilgaz et al. (2006) conducted a study to determine quality parameters of the 1st flash Çaykur green tea varieties and reported moisture contents as between 2.2-5% and indicated that low-moisture teas were roasted aromatic green teas. It was stated that moisture ratio of stored teas should not exceed 6% and the moisture values detected in green teas of foreign-origin were between 5.6-9.4% and this could be due to improper storage conditions. Nas et al. (1988) conducted a study on teas stored in different environments and reported average moisture content as 7.20%. It was indicated that moisture value of teas should be at most 6%, otherwise the deterioration will accelerate due to the growth of microorganisms and mold and the quality of tea will decrease over time. It was also reported that a significant part of the aroma substances could be lost as a result of non-enzymatic browning of teas with high moisture content.

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

Color Parameters Of Green Tea Extracts

L values of extracts

The changes in L values of green tea extracts obtained by applying varied tea/water ratios and brewing durations are given in Figure 1. As can

be seen from the figure, L values of green tea samples varied between 13.42-27.70 in the first extracts, and in the samples with and without enzyme ranged between 15.08-31.39 and 17.39-31.54 respectively.

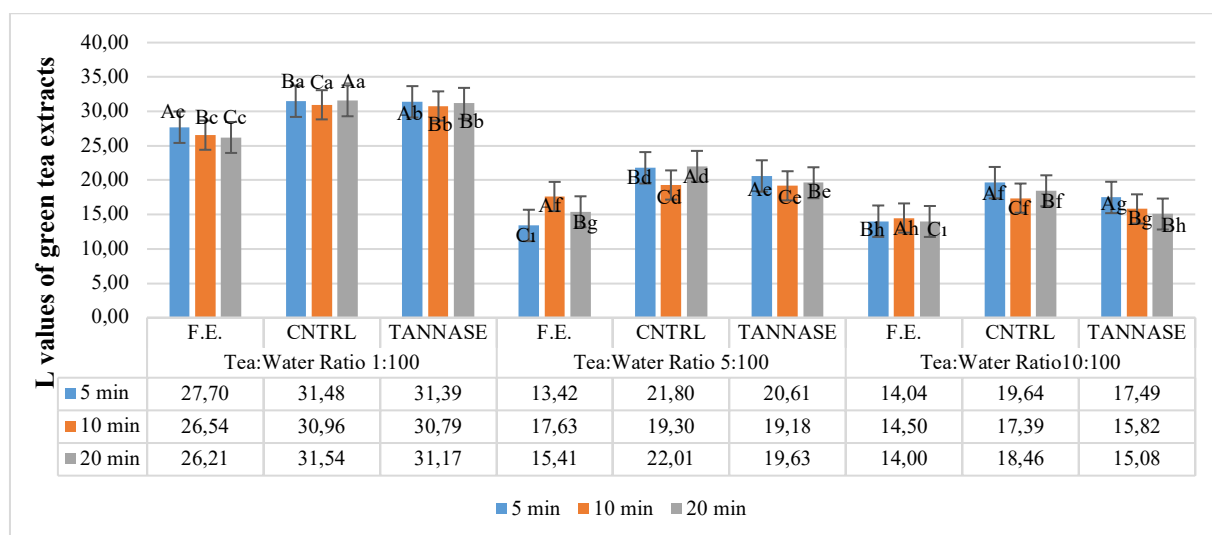


Figure 1. L values of green tea extracts

Supplementation of tannase enzyme into green tea extracts obtained by applying different tea/water ratios and brewing durations increased L values of the samples as compared to initial extracts, but the L values were lower than the control samples. The L values of the samples with and without enzyme supplementation differed significantly ($p < 0.05$).

Wang et al. (2006) used 28 different green teas and reported Hunter L value at 1:50 concentration after 5 minutes brewing as 91.97 ± 6.20 . Lu et al. (2009) extracted 1 g of ground green tea with 100 ml of boiled water at 85 °C for 20 minutes and reported L values of control samples as 97.2 ± 5.1 ; L values of 2 g/l tannase-supplemented samples as 96.2 ± 8.1 . Deka et al. (2024) reported that the L value ranged between 63.65-76.35 in green tea infusions (2 g tea; 150 ml boiling water, 3 min) obtained from 5 different varieties.

The a values of extracts

The changes in a values of green tea extracts obtained by applying different tea/water ratios and brewing durations are presented in Figure 2.

As can be seen from the figure, a values of green tea samples varied between 1.20-10.90 in the first extracts, and in the samples with and without enzyme ranged between 3.30-12.00 and 3.00-11.40 respectively.

When the ratio of tea to water and the brewing duration were changed to create green tea extracts, the sample a values were improved by adding tannase enzyme. The differences between the sample a values obtained with and without the enzyme supplementation were determined to be statistically significant ($p < 0.05$). Wang et al. (2006) used 28 different green teas and reported average Hunter a value at 1:50 concentration after 5 minutes brewing as -0.70 ± 0.69 . Lu et al. (2009) extracted 1 g of ground green tea with 100 ml of boiled water at 85 °C for 20 minutes and reported a values of control samples as -1.1 ± 0.1 ; a values of 2 g/l tannase-supplemented samples as 1.4 ± 0.1 . Deka et al. (2024) reported that the a value ranged between -2.85 to -0.79 in green tea infusions (2 g tea; 150 ml boiling water, 3 min) obtained from 5 different varieties.

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

The b values of extracts

The changes in b values of green tea extracts obtained by applying different tea/water ratios and brewing durations are presented in Figure 3. As can be seen from the figure, b values of the green tea samples varied between 9.19-27.69 in the first extracts, and in the samples with and without enzyme ranged between 18.95-27.69 and 16.90-26.98 respectively. The results showed that b values of the samples were significantly impacted by both tea:water ratios

and brewing times ($p < 0.05$); b values rose as the ratio of tea to water increased and fell as the length of brewing increased. The highest b value (27.69) was obtained from tannase-supplemented samples with 10:100 tea:water ratio and 10 minutes of brewing duration. Wang et al. (2006) used 28 different green teas and reported average Hunter b value at 1:50 concentration after 5 minutes brewing as 8.95 ± 2.52 . Lu et al. (2009) extracted 1 g of ground green tea with 100 ml of boiled water

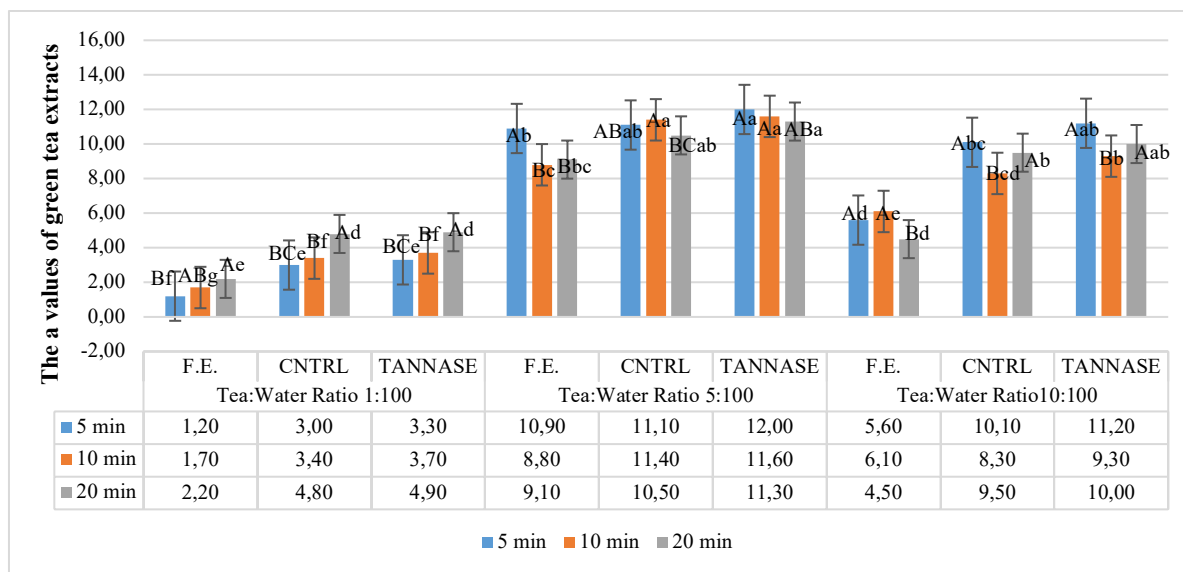


Figure 2. The a values of green tea extracts

at 85 °C for 20 minutes and reported a values of control samples as 23.20 ± 1.10 ; a values of 2 g/l tannase-supplemented samples as 24.20 ± 3.10 . Deka et al. (2024) reported that the b value

ranged between 8.93 to 38.66 in green tea infusions (2 g tea; 150 ml boiling water, 3 min) obtained from 5 different varieties.

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

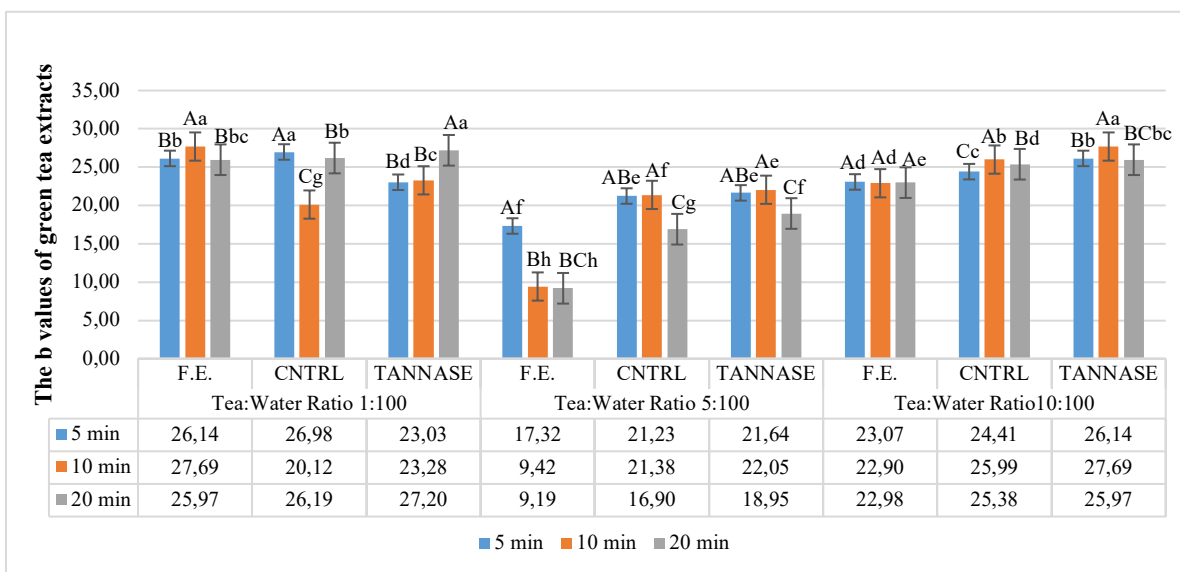


Figure 3. The b values of green tea extract

Turbidity (NTU) Values Of Extracts

The changes in turbidity (NTU) values of green tea extracts obtained by applying different tea/water ratio and brewing durations are presented in Figure 4. As observed in the graph, the green tea samples' turbidity (NTU) values ranged from 7.20 to 24.00 in the initial extracts, and in the samples with and without enzyme, they ranged from 3.50 to 6.88 and 4.48 to 11.13, respectively, under all circumstances. This decrease was determined to be significant ($p < 0.05$). It was determined that tannase-supplemented samples were clearer. The results indicated that there was a substantial ($p > 0.05$) rise in the turbidity (NTU) values of the extracts with increasing tea:water ratio and brewing time. It was demonstrated that brewing periods and tea:water ratios affected the NTU values of the enzyme-supplemented samples, which declined relative to the control samples.

Lu et al. (2009) extracted 1 g of ground green tea with 100 ml of boiled water at 85 °C for 20 minutes and reported NTU values of control

samples as 17.10 ± 3.20 ; NTU values of 2 g/l tannase-supplemented samples as tea:water ratios and brewing durations had significant effects on tea cream quantities of the samples ($p < 0.05$). Enzyme supplementation provided a significant ($p < 0.05$) reduction in tea cream quantities. With longer brewing times came higher amounts of tea cream, and it was discovered that there were significant differences between the extracts' cream contents ($p < 0.05$). The extracts' cream quantities, however, were found to decrease as the tea ratio rose, and these differences were shown to be statistically significant ($p < 0.05$) for all extract cream quantities. The cream amounts of the green tea extracts treated with tannase enzyme were observed to decrease more than those of the control samples under all application settings during ultrasonic extraction. Moreover, differences between the cream quantities of samples with and without enzyme supplementation were found to be statistically significant ($p < 0.05$).

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

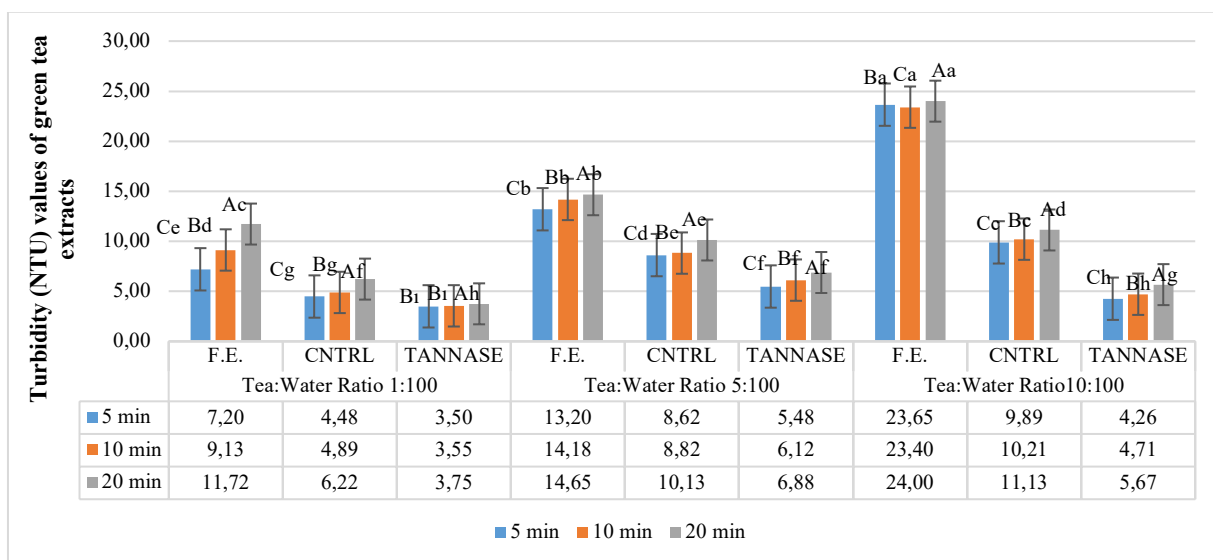


Figure 4. Turbidity (NTU) values of green tea extracts

Hong et al. (2014) examined the change in physical stability of green tea extracts treated with tannase enzyme, extracted green tea at 50g/l concentration at 80°C for 20 minutes and treated extracts with 5% tannase enzyme and reported that enzyme supplementation caused a decrease in the amounts of EGCG (epigallocatechin gallate) and ECG (epicatechin gallate) and an increase in the amounts of epigallocatechin (EGC), epicatechin (EC) and GA (gallic acid) due to its activity to catalyze the hydrolysis of ester and depside bonds of gallic acid esters like EGCG. Lu et al. (2009)

extracted 1 g of ground green tea with 100 ml of boiled water at 85 °C for 20 minutes and treated resultant extracts with 2 g/l tannase enzyme and stored enzyme-treated samples at 4 °C for 4 weeks and reported cream quantity was 0,2g/100g for enzyme-treated samples and 0.9g/100g for the control samples. Xia et al. (2006) obtained extracts from green teas by both conventional extraction (3g tea with 300 ml of water for 15 min at 85 °C) and ultrasonic extraction method (3g of tea with 300 ml of water at 60 °C for 40 min) and reported that

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

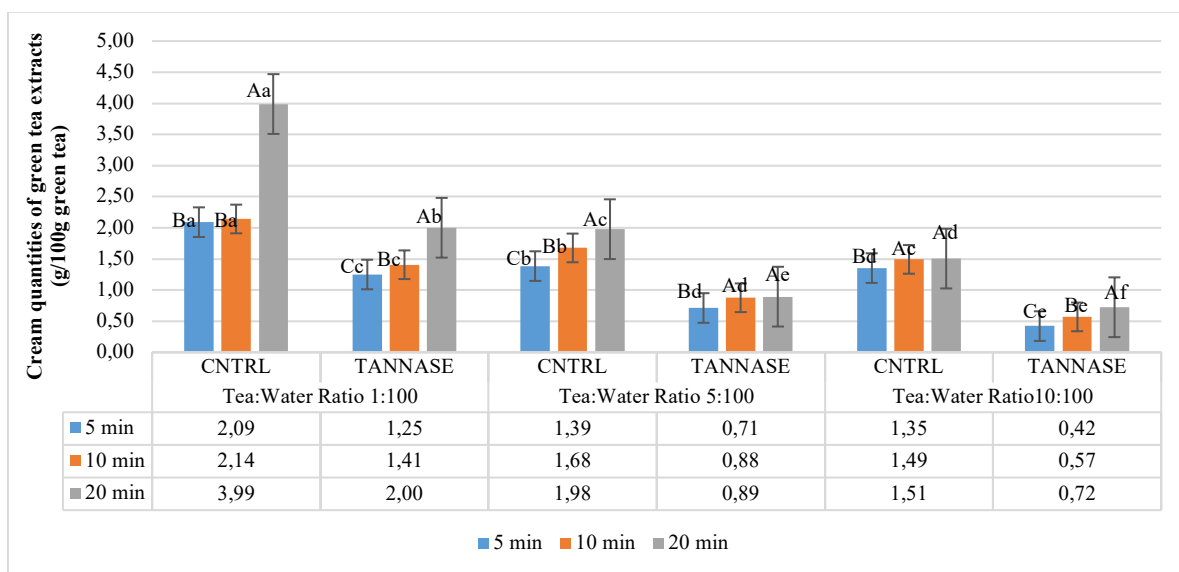


Figure 5. Cream quantities of green tea extracts (g/100 g green tea)

protein and pectin contents of the extracts obtained through ultrasonic extraction method were lower than the classical extraction method and accordingly, tea cream formation was realized at a minimum level. Xu et al. (2012) cooled and centrifuged green tea extracts obtained at 1:15 tea:water ratio at 75 °C for 15 minutes and concentrated extracts in an industrial evaporator at 50 °C under 90 kPa pressure at 7 different levels (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 °Brix) and reported tea cream quantities obtained at 5-60°Brix level as between 12.6±0.26 -32.2±9.23 mg/ml. Noh et al. (2014) reported that the catechins in green tea extract might inhibit the tannase enzyme, and that supplementing with more than 2% of green tea extract had an inhibitory impact on tannase activity.

Sensory Evaluation Of Extracts

The findings regarding the sensory (aroma, astringency, brew color, fullness, general evaluation) traits of green tea extracts are presented in Figure 6. In terms of aroma, present scores of ultrasonically-extracted samples varied between 1.30-3.60 for control samples and between 1.65-3.65 for enzyme-supplemented samples. In terms of astringency,

present scores of ultrasonically-extracted samples varied between 1.45-3.20 for control samples and between 1.65-3.20 for enzyme-supplemented samples. In terms of brew color, present scores of ultrasonically-extracted samples varied between 1.20-4.10 for control samples and between 1.40-4.10 for enzyme-supplemented samples. In terms of fullness, present scores of ultrasonically-extracted samples varied between 1.70-3.50 for control samples and between 1.60-3.25 for enzyme-supplemented samples. In terms of general evaluation, the overall evaluation scores of the ultrasonically-extracted samples varied between 1.60-3.20 for control samples and between 1.80-3.10 for enzyme-supplemented samples.

Xia et al. (2006) obtained extracts from green teas by both conventional extraction (3g tea with 300 ml of water for 15 min at 85 °C) and ultrasonic extraction method (3g of tea with 300 ml of water at 60 °C for 40 min) and conducted sensory analyses on these extracts and stated that extracts obtained by classical method showed slight bitterness and astringency, while the extracts obtained by ultrasonic extraction method were more appreciated in terms of sensory quality because they had a fresh taste and aroma.

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

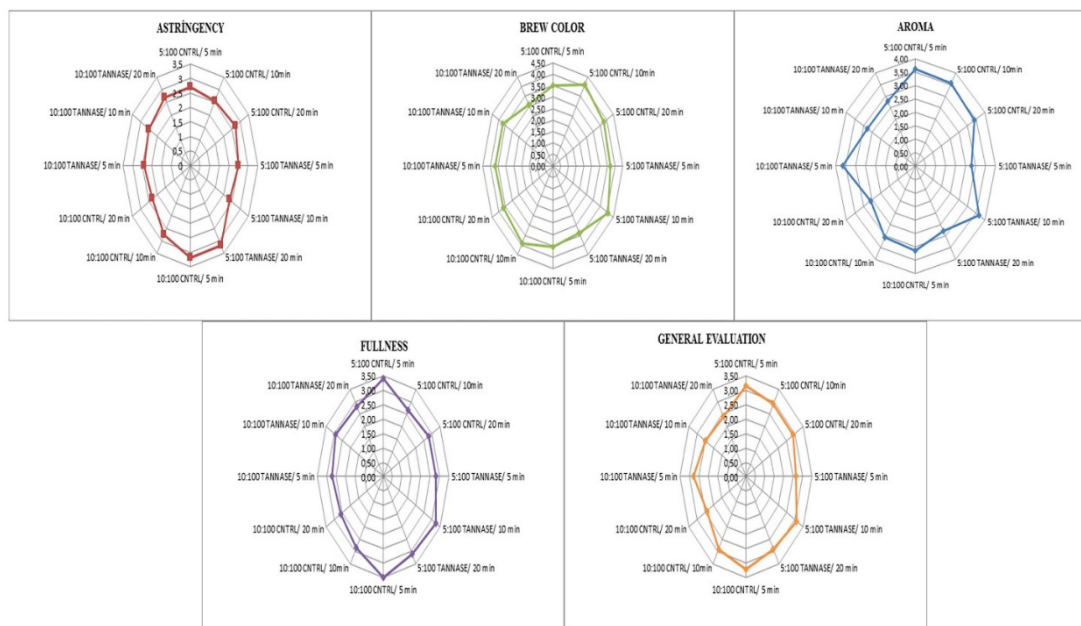


Figure 6. Scores for sensory evaluation of green tea extracts

Lu et al. (2009) examined the sensory properties of the extracts extracted from 1 g of ground green tea with 100 ml of boiled water at 85 °C for 20 minutes. It was reported that mouth feeling scores of control samples was determined as 5.00 ± 1.20 and mouth feeling of 2 g/l tannase enzyme-supplemented samples was measured as 6.20 ± 1.30 . The taste values of the control group samples changed between 5.9 ± 1.4 ; taste scores of 2 g/l tannase enzyme-supplemented samples varied between 6.20 ± 1.30 . The general acceptability values of the control samples changed between 6.80 ± 0.90 ; general acceptability scores of 2 g/l tannase enzyme-supplemented samples varied between 6.40 ± 0.80 . It was reported that sensory quality, aroma and external appearance of tannase enzyme-supplemented green teas were better than the control samples. Zhang et al. (2016) indicated that the sweet aftertaste of green tea infusion was enhanced with the decreased ratio of EGCG/epigallocatechin (EGC) and ECG/epicatechin (EC) by treating with tannase.

Conclusion

In this study, green tea samples produced in Turkey were subjected to ultrasonic extraction

method at 70 °C with different tea water ratios (1:100; 5:100; 10:100) and different brewing durations (5, 10, 20 minutes). Then, to improve the extracts' stability and clarity by reducing cream formation, tannase enzyme was added as a supplement. Tea cream quantities of ultrasonic-extracted samples varied between 1.35-3.98 g/100g green tea for control group without tannase enzyme supplementation and between 0.42-2.00 g/100g green tea for enzyme-supplemented samples. In comparison to control samples, tannase-supplemented samples with a 10:100 tea:water ratio and a 5-minute brewing time showed the largest decrease in tea cream formation (68.94%). The results showed that the tannase enzyme-supplemented samples' tea cream quantities decreased more than the control samples under all application conditions. Furthermore, there was a significant difference ($p < 0.05$) between the cream quantities of the enzyme-supplemented and unsupplemented samples. The samples that were extracted using ultrasonic technology had turbidity (NTU) values ranging from 3.50 to 24.00. Under all circumstances, the NTU values of the samples treated with enzymes decreased relative to the control samples; the effects of tea:water ratios

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

and brewing times showed a significant ($p < 0.05$) drop in NTU values. It was determined that tannase-supplemented samples were clearer. Sensory assessments revealed that sensory quality, aroma and appearance of tannase enzyme-supplemented green tea extracts were more appreciated than the control samples. With the addition of tannase enzyme, astringency of tea decreased due to the decrease in the amount of EGCG, which gives astringency to green tea. With the use of ultrasonic extraction method, temperature norms were kept at low levels and thus sensory quality of green tea increased. Overall assessment of the present findings revealed that tannase enzyme supplementation together with ultrasonic-assisted extraction provided significant contributions in ensuring product stability and reducing cream formation, an important problem in production of cold teas.

Acknowledgments

This study was produced from a section of Emine (ATEŞ) KAHRAMAN's master's thesis titled 'Effect Of Ultrasound-Assisted Extraction Application On The Physicochemical And Phytochemical Properties Of Green Tea (*Camellie Sinensis*) Extract'. Also, this study was financially supported by Scientific Research Projects (BAP) Unit of Tokat Gaziosmanpasa University (2015/94).

References

- Ashraf, G. J., Das, P., Sahu, R., Nandi, G., Paul, P., & Dua, T. K. (2023). Impact of ultrasound-assisted extraction of polyphenols and caffeine from green tea leaves using high-performance thin-layer chromatography. *Biomedical Chromatography*, 37(10), e5698. <https://doi.org/10.1002/bmc.5698>
- Cemeroğlu B., (2004). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi.2. baskı., Ankara. ISBN: 978-605-634-192-2
- Cemeroğlu B., (2010). Gıda Analizleri Genişletilmiş 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 34, Bizim Grup Basımevi, Ankara. ISBN: 978-975-98578-6-8
- Chandini, S. K., Rao, L. J., & Subramanian, R. (2013). Membrane clarification of black tea extracts. *Food and bioprocess technology*, 6, 1926-1943.
- Chen, G., Yuan, Q., Saeeduddin, M., Ou, S., Zeng, X., & Ye, H. (2016). Recent advances in tea polysaccharides: Extraction, purification, physicochemical characterization and bioactivities. *Carbohydrate Polymers*, 153, 663-678. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.022>
- Collado-Fernandez, M., Gonzalez-Sanjosé, M. L., & Pino-Navarro, R. (2000). Evaluation of turbidity: correlation between Kerstesz turbidimeter and nephelometric turbidimeter. *Food chemistry*, 71(4), 563-566.
- Deka, H., Sarmah, P. P., Chowdhury, P., Gogoi, M., Patel, P. K., & Gogoi, R. C. (2024). Effect of CTC processing on quality characteristics of green tea infusion: A comparative study with conventional orthodox processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 94, 103694. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103694>
- Guo, C., Chen, Y., Li, J., Zhan, F., Wei, X., & Li, B. (2021). Role of green tea nanoparticles in process of tea cream formation—A new perspective. *Food Chemistry*, 339, 128112.
- Heydari, M., Carbone, K., Gervasi, F., Parandi, E., Rouhi, M., Rostami, O., ... & Mohammadi, R. (2023). Cold plasma-assisted extraction of phytochemicals: a review. *Foods*, 12(17), 3181. <https://doi.org/10.3390/foods12173181>
- Hong, Y.H., Jung, E.Y., Noh, D.O., Suh, H.J., (2014). Physiological effects of formulation containing tannase-converted green tea extract on skin care: physical stability, collagenase, elastase, and tyrosinase activities. *Integrative Medicine Research*, 3, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2013.12.003>

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

- Hu, B., Li, C., Qin, W., Zhang, Z., Liu, Y., Zhang, Q., ... & Liu, S. (2019). A method for extracting oil from tea (*Camelia sinensis*) seed by microwave in combination with ultrasonic and evaluation of its quality. *Industrial Crops and Products*, 131, 234-242. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.068>
- Ilgaz, Ş., Kalcıoğlu, Z. Sarımehtmet, M., (2005). 2004 Yılı 1. Sürgün Dönemine Ait Çaykur yeşil çay nevelerinin kalite parametrelerinin belirlenmesi ve yabancı ülkelerde üretilen yeşil çaylarla mukayesesi ile ilgili bir çalışma. Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü. Rize, Türkiye.
- Koina, I. M., Sarigiannis, Y., & Hapeshi, E. (2023). Green Extraction Techniques for the Determination of Active Ingredients in Tea: Current State, Challenges, and Future Perspectives. *Separations*, 10(2), 121. <https://doi.org/10.3390/separations10020121>
- Liang, S., Granato, D., Zou, C., Gao, Y., Zhu, Y., Zhang, L., ... & Xu, Y. Q. (2021). Processing technologies for manufacturing tea beverages: From traditional to advanced hybrid processes. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 431-446. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.016>
- Lu, M. J., Chu, S. C., Yan, L., Chen, C., (2009). Effect of tannase treatment on protein-tannin aggregation and sensory attributes of green tea infusion. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 338-342. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.015>
- Nagalakshmi S., Ramaswamy M.S., Natarajan C.P. & Seshadri R., (1984). The role of added carbohydrates in tea cream stabilization. *Food Chemistry*, 13(1), 69-77. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(84\)90027-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(84)90027-X)
- Nas S., Öksüz M., & Ulutaş F., (1988). Farklı ortamlarda depolanan paketli çayların bazı özelliklerdeki değişimler üzerine bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 13(2), 397-404.
- Noh, D. O., Choi, H. S. & Suh, H. J., (2014). Catechine biotransformation by tannase with sequential addition of substrate. *Process Biochemistry*, 49(2), 271-276. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.11.001>
- Raghunath, S., Budaraju, S., Gharibzahedi, S. M. T., Koubaa, M., Roohinejad, S., & Mallikarjunan, K. (2023). Processing technologies for the extraction of value-added bioactive compounds from tea. *Food Engineering Reviews*, 1-33. <https://doi.org/10.1007/s12393-023-09338-2>
- Siniya V. R. & Mishra H. N., (2011). Fuzzy analysis of sensory data for quality evaluation and ranking of instant green tea powder and granules. *Food Bioprocess Technol.*, 4, 408-416. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0163-x>
- Tsai, C.H., (1987). Enzymatic treatment of black tea leaf. U.S. Patent No 4,639,375.
- Uzuner, S. (2022). Ultrasonication Effects on Quality of Tea-Based Beverages. *Beverages*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.3390/beverages9010001>
- Wang, H. F., Tsai, Y. S., Lin, M. L., & Ou, A. S. M. (2006). Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan. *Food Chemistry*, 96(4), 648-653. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.046>
- Wang, L. F., Park, S. C., Chung, J. O., Baik, J. H., & Park, S. K. (2004). The compounds contributing to the greenness of green tea. *Journal of Food Science*, 69(8), S301-S305.
- Wen, M., Han, Z., Cui, Y., Ho, C. T., Wan, X., & Zhang, L. (2022). Identification of 4-Op-coumaroylquinic acid as astringent compound of Keemun black tea by efficient integrated approaches of mass spectrometry, turbidity analysis and sensory evaluation. *Food Chemistry*,

Reduction Of Turbidity and Cream Formation in Ultrasound-Assisted Turkish Green Tea Extracts: Application of Tannase Enzyme

- 368, 130803.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130803>
- Xia T., Shi S., Wan X., (2006). Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. *Journal of Food Engineering*, 74(4), 557–560.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.043>
- Xu Y. Q., Chen S. Q., Yuan, H. B., Tang, P., Yin, J. F., (2012). Analysis of cream formation in green tea concentrates with different solid concentrations. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 362-367.
<https://doi.org/10.1007/s13197-011-0281-8>
- Yu, X. L., & He, Y. (2022). Relationship between the turbidity difference and the grade of green tea under Ca²⁺ acceleration: A preliminary study. *Food Science & Nutrition*, 10(11), 3772-3780.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.2974>
- Zhang, Y. N., Yin, J. F., Chen, J. X., Wang, F., Du, Q. Z., Jiang, Y. W., & Xu, Y. Q. (2016). Improving the sweet aftertaste of green tea infusion with tannase. *Food Chemistry*, 192, 470-476.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.046>



Araştırma Makalesi

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriye Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

Merve OKUR¹, Yeşim AYSAN^{1*}

ÖZ

Bu çalışmada, Adana'da bulunan ticari fideliklerde sorun olan kabakgil bakteriye hastalık etmenlerinin tanılanması ve antagonist bakteri izolatlarla Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığı'nın biyolojik mücadelesi araştırılmıştır. Adana'da yapılan hastalık sorveylerinde elde edilen hastalık etmeni izolatlar arasında 27 izolat *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ve 14 izolat *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* olarak tanılanmıştır. Biyolojik mücadele çalışmalarında 298 adet aday antagonist bakterinin *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*'a karşı *in vitro* antibakteriyel etkisi, fosforu çözme, siderofor ve IAA üretme yeteneği incelenmiş ve *in vivo* tohum uygulamaları için 15 adet antagonist bakteri seçilmiştir. kurulan birinci tohum denemesinde, 12 etkili antagonist bakterinin %21-78 değerinde hastalık oranında azalışa neden olduğu tespit edilmiştir. İkinci tohum denemesinde, 5 adet (AD 4-2, OG1-2, OG7-7, NÇ-KK, X-77) antagonist bakteri ve bir çift kombinasyon (OG1-2 ve OG7-7) kullanıldığında hastalığın umut vadeden bir şekilde baskılandığı teyit edilmiştir. Hastalığı etkili şekilde baskılayan antagonist bakteri izolatları *Providencia rettgeri*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus mojavensis*, *Bacillus pumilus* ve *Enterococcus casseliflavus* olarak tanılanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, antagonist, IAA, Siderofor, Antimikrobiyal etki

Isolation of Cucurbit Bacterial Disease Agents Affecting Commercial Nurseries in Adana and Biological Control of Cucumber Angular Leaf Spot Disease

ABSTRACT

In this study, the identification of cucurbit bacterial pathogens and the biological control of cucumber angular leaf spot disease using antagonistic bacterial strains were investigated in commercial nurseries in Adana. Among the strains obtained from disease surveys in Adana, 27 were identified as *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, and 14 were identified as *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. In the biological control studies, the *in vitro* antibacterial effects, phosphorus solubilization, siderophore production, and indole-3-acetic acid (IAA) production capabilities of 298 candidate antagonistic bacteria against *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* were examined, leading to the selection of 15 antagonistic bacteria for *in vivo* seed applications. In the first seed trial, 12 effective antagonistic bacteria achieved a 21-78% reduction in disease incidence. In the second seed trial, significant disease suppression was confirmed when five antagonistic bacteria (AD 4-2, OG1-2, OG7-7, NÇ-KK, X-77) and two combinations (OG1-2 and OG7-7) were applied. The antagonistic bacterial strains that demonstrated effective disease suppression were identified as *Providencia rettgeri*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus mojavensis*, *Bacillus pumilus*, and *Enterococcus casseliflavus*.

Keywords: *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, antagonist, IAA, Siderophore, Antimicrobial effect

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0009-8832-2488; 0000-0003-2647-5111

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 18.07.2024

Kabul Tarihi: 18.10.2024

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Seyhan, Adana

*E-posta: aysanys@gmail.com

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

Giriş

Kabakgiller; Cucurbitaceae familyasına ait çoğunlukla tropik, subtropik ve ılıman bölgelerde yayılış gösteren, yaklaşık 98 cins ile 975 türden oluşan çiçekli bir bitki ailesidir (Xu ve ark., 2017; Paris, 2001). Asya’da 3000 yıldan daha uzun bir süre önce kabakgil yetiştiriciliğinin başladığı bilinmektedir (Lebeda ve ark., 2007). Ülkemizde ticari anlamda yetiştiriciliği yapılan kabakgiller familyasına ait bitki türleri olarak karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), hıyar (*Cucumis sativus* L.), kavun (*Cucumis melo* L.), kabak (*Cucurbita pepo* L.), bal kabağı (*Cucurbita moschata* L.) ve acur (*Cucumis melo* var. *flexuosus*) olarak sıralanabilir. Kabakgillerde sorun teşkil eden bakteriyel hastalık etmeni sayısı oldukça fazladır, bu hastalık etmenlerinden ülkemizde sorun olduğu tespit edilenler ise; *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (Karaca ve Demir, 1988), *Acidovorax citrulli* (Demir, 1996), *Pseudomonas viridiflava* (Aysan ve ark., 2003), *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Dillon ve ark., 2021), bazı *Enterobacter* üyeleri (Özdemir, 2021) ve *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Aysan ve ark., 2006) şeklinde sıralanabilir.

Ülkemizde varlığı yaklaşık 35 yıldır bilinmekte olan ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke hastalığına sebebiyet veren *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (Smith and Bryan) Young et al. (*PsI*) hıyar bitkilerindeki en önemli bakteriyel hastalık etmenidir. Aerobik özellikte olan, gram-negatif, 1-5 polar kamçıya sahip bir bakteridir. Bu patojen bakterinin optimum gelişme sıcaklığı 25-27°C’dir (Özaktan ve Bora, 1994). Hastalık etmeninin tanısını ve mücadelesini sağlamak amacıyla bazı araştırmalar yürütülmüştür (Aksoy, 2006). Batı Anadolu bölgesinde yapılan bir çalışmada, hastalık şiddetinin illere göre farklılık gösterdiği ve %32’ye kadar ulaştığı belirlenmiştir. Hastalığın yaygınlık oranının ise %30.5 olduğu saptanmıştır (Türküsay, 1998). *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*, bitki artıkları aracılığıyla toprağa bulaşarak burada 1-2 yıl yaşamını sürdürebilir, ancak bitki artıkları bulunmadığında toprakta uzun süre varlığını sürdüremez. Etmen üretim materyali kökenli olması sebebiyle ilk belirtilerini kotiledon yapraklarda verir, ilerleyen hastalık gerçek yapraklarda damarlarla sınırlanmış köşeler şeklinde kendine özgü bir belirti ile karşımıza çıkar. Bu lekelerin zamanla rengi değişir önce sarı ardından kahverengileşir ve hücreler ölür. Ölen

hücreler dökülerek yapraklarda düzensiz deliklere sebebiyet verir. Hastalık, yağmur, sulama ve bakım işlemleri sırasında yayılır ve bu yayılışta sulama suyunun önemli bir rolü vardır. Sıcak ve nemli iklim koşulları hastalığın gelişimini teşvik eder (Mortensen ve Fatmi, 2017). Sabahın erken saatlerinde veya yüksek nem koşullarında yaprağın alt yüzeyinde bakteriyel akıntı gözlemlenebilir ve daha sonra bu akıntı beyazımsı bir kabuk benzeri şekilde kurur. Hastalıkla mücadelede kültürel önlemler arasında, hastalıktan arındırılmış tohum ve dirençli çeşitlerin kullanımının yanı sıra, ürün rotasyonu, hastalıklı bitki artıklarının temizlenmesi, özellikle seralarda etmenin gelişimi için uygun ortamın engellenmesi, nem dengesinin korunması ve vektörlerle mücadele önemli bir yere sahiptir. Kimyasal mücadelede, koruma amacıyla bakır bileşikleri, Maneb ve Mancozeb gibi maddelerin kullanılabilmesi belirtilmektedir (EPPO, 2004). Hastalıkla mücadelede kültürel önlemlerin her zaman istenilen sonucu vermediği ve kimyasal mücadelenin çevre ve insan sağlığına potansiyel riskler taşıdığı gerçeği, kimyasal mücadeleye alternatif mücadele yöntemlerinin özellikle biyolojik mücadelenin (Horuz ve Aysan, 2023) araştırılmasını teşvik etmektedir. Bu bağlamda, biyolojik mücadelenin önemli bir alternatif olabileceği düşünülebilir. Bakteriyel hastalıklarla kimyasallara alternatif mücadele yöntemleri arasında dayanıklılığın teşvik edilmesi (Baysal ve ark., 2003), bitki uçucu yağ ve ekstraktların kullanılması (Soylu ve ark., 2009; Mengülluoğlu ve Soylu, 2012; Bozkurt ve ark., 2020; Soylu ve ark., 2024), nanopartiküllerin kullanılması (Şahin ve ark., 2022), viral ve bakteriyel mikrobiyomlarla biyolojik mücadele (Bozkurt ve Soylu, 2019; Duman ve Soylu, 2019) en fazla araştırılan konulardır. Bu bağlamda, biyolojik mücadelenin önemli bir alternatif olabileceği düşünülebilir.

Bu çalışmanın ilk adımında ticari fideliklerde yaygın olarak bulunan kabakgil bakteriyel hastalık etmenlerinin neler olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında ise ülkemizde varlığı uzun yıllardır bilinen *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın neden olduğu Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığı’nın mücadelesinde yerel antagonistleri kullanarak biyolojik tohum uygulamalarının kullanım potansiyeli ortaya konmuştur .

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

Materyal ve Metot

Biyoeftinlik denemelerinde bakteri kültürü olarak 2023 yılında izole edilen ve tür düzeyinde tanısı yapılan *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* kullanılmıştır. Patojenin alt tür düzeyindeki tanısı bu çalışma kapsamında yapılmıştır. Karşılaştırma kültürü olarak Çukurova Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan ve daha önceki araştırmalar kapsamında tür ve alt tür düzeyinde tanısı yapılmış olan YA-913 kodlu *Acidovorax citrulli*, YA-95 kodlu *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, YA-241 kodlu *Erwinia amylovora*, YA-713 kodlu *Pectobacterium caratovororum*, YA-731 kodlu *Pseudomonas corrugata* ve YA-26 kodlu *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* izolatu kullanılmıştır.

Çalışmada ticari olarak satın alınan Borna çeşidi hıyar fideleri, Hermanos, FK-202 ve Bravos çeşidi kavun fideleri, Miço çeşidi kabak fideleri, Karain ve Sahra çeşidi karpuz fideleri ile; Beith alpha çeşidi hıyar tohumu ve üreticiden temin edilen ilaçsız yerli hıyar tohumları kullanılmıştır. Torf olarak ise Klasman Torf Potgrond P ürünü kullanılmıştır.

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma bölümünde bulunan, klima ile ısıtılan ve soğutulan 26±2°C sıcaklıkta, %65-75 nem içeriğinde, gündüz 16 saat aydınlık, gece 8 saat karanlık koşullara sahip, iklim odasında patojenite testleri ve tohum denemeleri yapılmıştır.

Ticari Fidelik Ziyaretleri ve Hastalıklı Bitki Örneklerinin Toplanması

Adana ilinde birçok ticari fidelik bulunmakta ve bu ticari fideliklerin tamamında kabakgillerin üretimi yoğun olarak yapılmaktadır. Ticari fideliklerde üretilen hıyar, karpuz ve kavun fidelerinin Adana, Mersin, Osmaniye, Hatay, Maraş ve Adıyaman illerinde bulunan üreticilere sevkiyatı şubat ayının başından itibaren başlamaktadır. Benzer şekilde kabak ve balkabağı fidelerinin sevkiyatı da eylül-ekim aylarında yapılmaktadır. Bu tarihler göz önünde bulundurularak, kabakgil yetiştiriciliği yapılan ticari fideliklere fide sevkiyatının hazır olduğu dönemde ziyaretlere başlanmıştır. Kabakgillerin kotiledon yapraklarında su emmiş gibi görünen ıslak lekeler bakteriyel bir hastalığın varlığını kanıtlar nitelikte olduğundan ticari fideliklerden hastalıklı bitki örnekleri toplanırken kotiledon yapraklardaki su emmiş lekeler referans noktası

olarak kullanılmıştır. Fidelik ziyaretlerinde inceleme yapılırken bitkilerin kotiledon yaprakları ve ardından gerçek yaprakları son derece dikkatli bir şekilde incelenmiştir. Gerçek yapraklarda özellikle yaprak kenarlarında sarımsı haleler bulunan nekrotik lekeler, yaprakta ve/veya gövde dokularında yumuşak çürüklük belirtileri gösteren örnekler toplanmıştır. Kabakgil bitkilerine ait hasta bitki dokuları kâğıt havlu arasına sarılarak kese kâğıdı içerisinde Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan Bakteriyoloji laboratuvarına getirilmiştir. Hasta örneklerden patojen bakteri izolasyonu yapılana kadar hasta dokular +4 C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Hasta Bitkilerden Patojen Bakteri İzolasyonları

Farklı tarihlerde ticari fideliklere yapılan ziyaretlerde 82 adet bitkide hastalık belirtileri tespit edilmiş ve ayrıca her bir tohum lotundan gelişen fidelerin yer aldığı viyollerden en az iki adet olmak üzere toplam 10 adet hasta kabakgil (hıyar, kavun ve kabak) bitkileri toplanmıştır. Bu bitkilerden patojen izolasyonu yapılana kadar örnekler buzdolabında muhafaza edilmiştir. Laboratuvarında hasta bitki dokuları (kotiledon ve gerçek yapraklar) önce akan çeşme suyunda yıkanmış ve ilaç kalıntıları (özellikle mavi renkli olarak görülen bakırlı preparatlar) uzaklaştırılmıştır. Kâğıt havlu üzerinde tamamen kuruyuncaya kadar örnekler bekletilmiştir. Çalışma alanı %70’lik alkolle silinerek bir kâğıt havlu yayılmış ve üzerine hasta bitki dokuları yerleştirilmiştir. Ardından, steril bir bistüri yardımıyla hastalıklı ve sağlıklı kısmı içerecek şekilde tek bir lekeden 3-4 mm boyutunda doku örnekleri alınmıştır. Alınan bu leke %70’lik alkol ile yüzeyden dezenfekte edilmiş ve steril porselen havanlara konulmuştur. Havanların içerisindeki örnek havaneli yardımıyla iyice ezilerek üzerine 3 ml Saline Buffer (%0.85’lik NaCl çözeltisi) eklenerek homojenize edilmiştir. TSA besi yeri içeren petripler çizim yapılmadan önce kapakları steril kabinde açılarak yüzeyindeki nem uzaklaştırılmıştır. Steril kabinde 15 dakika bekletilen havanlardan bir öze dolusu (yaklaşık 10µl) homojenat alınarak petrilere üç çizgi yöntemi ile çizimler yapılmıştır (Lelliot ve Stead, 1987). Petriplerin ağzı parafin sarılarak kapatılmıştır. İzolasyon petripleri 26°C’de inkübatörde 24-48 saat inkübe edilmiş ve gelişen koloniler incelenmiştir. Besiyerinde baskın olarak

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmelerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

gelişen beyaza yakın krem renkli tek koloniler seçilerek TSA besiyerine saflaştırmalar yapılmıştır.

Patojen Bakteri İzolatlarının Tanısı

Hasta bitkilerden yapılan izolasyonlar sonucunda saflaştırılan bakterilerin tanısında Gram reaksiyon, LOPAT testleri (Lelliot ve Stead, 1987), TSA ve King B besiyerlerindeki koloni morfolojisi ve MALDI-TOF MS yöntemi (Soylu ve ark., 2020) kullanılmıştır.

Farklı Kabakgil Bitkilerinde Patojenite Testleri

Hasta kabakgil bitkilerinden yapılan izolasyonlar sonucunda saflaştırılan 41 adet bakteri izolatının patojenite testleri konukçu bitkileri üzerinde yapılmıştır.

İlk patojenite testi laboratuvar koşullarında koparılmış hıyar (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) ve limon meyveleri (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) üzerinde yapılmıştır. Akan çeşme suyu altında yıkanan hıyar ve limon meyveleri kurutulduktan sonra yüzeyi %70'lik alkolle silinerek dezenfekte edilmiştir. Yüzeyden dezenfekte edilen meyveler steril filtre kağıdı yerleştirilmiş petriyeler içerisine konulmuştur. Hasta hıyar, kabak ve kavun bitkilerinden izole edilen 41 adet patojen bakteri izolatının 24-48 saatlik taze kültürlerinden dansiyometre yardımıyla 10^7 hücre/ml yoğunluğunda bakteri süspansiyonları hazırlanmıştır. Hazırlanan süspansiyonlar, steril şırınga yardımıyla meyvelerin üst kısmında bulunan beş yere yara açılarak inoküle edilmiştir. Negatif kontrol olarak steril su ile, pozitif kontrol olarak *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (YA-26 kodlu) izolatıyla meyvelere aynı şekilde işleme tabii tutulmuştur. Filtre kağıtları steril suyla nemlendirildikten sonra meyveler oda sıcaklığında 5-7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Hıyar meyvelerinde inokulasyon noktası etrafında gelişen su emmiş alanların ve limon meyvelerinde inokulasyon noktası etrafında içe çökük kahverengi lekelerin varlığı hastalık oluşumu için pozitif olarak değerlendirilmiştir. İnokulasyon noktası etrafında hastalık belirtisi oluşturan izolatların patojenitesi pozitif olarak değerlendirilmiştir.

İkinci patojenite testi ısıtmasız cam sera koşullarında, ticari fideliklerden satın alınan 8-10cm boyunda, sağlıklı kabakgil (hıyar, kabak, kavun ve karpuz) fideleri üzerinde 17 Mayıs 2023 tarihinde yapılmıştır. Çalışmada hıyar (*Cucumis*

sativus) çeşidi olarak oturak, açık tarla yetiştiriciliğine uygun Borna F1; kavun (*Cucumis melo*) çeşidi olarak tünel ve açık tarla yetiştiriciliğine uygun Kırkağaç tipi kavun çeşitleri olan Hermanos F1 ve Bravos F1; kabak (*Cucurbitae pepo*) çeşidi olarak açık tarla yetiştiriciliğine uygun ampul tipi bir çeşit olan Miço F1; karpuz (*Citrullus lanatus*) çeşidi olarak açık tarla ve örtü altı yetiştiriciliğine uygun siyah meyve rengine sahip bir çeşit olan Karain F1 ve Crimson Sweet yani alaca meyve rengine sahip bir çeşit olan Sahra F1 çeşitlerine ait fidelere kullanılmıştır. Bu denemede 41 bakteri izolatı yerine, bunların izole edildiği 10 hasta bitkiden birer adet izolat seçilerek toplam 10 izolat ile çalışılmıştır. Seçilen bakteri izolatları TSA besiyerinde 24-48 saat geliştirildikten sonra dansiyometre yardımıyla steril saf suda 10^7 hücre/ml yoğunluğunda süspansiyonları hazırlanmıştır. Her bir bakteri izolatı, 6 kabakgil çeşidine (Borna, Hermanos, Bravos, Miço, Karain ve Sahra) üçer tekrar olmak üzere toplam 18 fideye inoküle edilmiştir. Negatif kontrol olarak steril su ve pozitif kontrol olarak *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (YA-26 kodlu) izolatı, aynı yöntemle farklı çeşit ve türlere ait kabakgil fidelere püskürtülmüştür. Denemede toplam 216 adet fide kullanılmıştır. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölüm arazisindeki ısıtmasız cam serada tutulan bitkilerin, pozitif kontrolde hastalık belirtisi görüldüğü tarihe kadar bakımları yapılmıştır. Fideler günlük olarak kontrol edilmiş ve hastalık belirtisi gösteren bitkilerden yeniden bakteri izolasyonları yapılarak Koch postulatlarının aşamaları tamamlanmıştır. Yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen re-izolatlar eğik agar besi yeri olan YDCA besi yerinde +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Biyolojik Mücadele Çalışmaları

Pseudomonas syringae pv. *lachrymans*'ın neden olduğu Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının biyolojik mücadele olanaklarının araştırıldığı bu kısımda, aday antagonistler kabakgil yetiştirilen alanların toprağından, yeşil aksamından, meyvelerinden ve tohumlarından izole edilmiş, patojen bakteriye etkisi in vitro ikili kültür petri denemeleri ile ortaya konmuştur. Aday antagonistler içerisinde antibiyotik üreterek patojenin gelişimini engelleyen, siderefor oluşturan, indol asetik asit üretme (IAA) ve fosfor çözme yeteneklerine sahip izolatlar seçilmiştir.

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köseli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

İzolasyonlar için örnekler seçilirken hastalık etmeni *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın varlığının bilindiği tarlalar ve bitkiler tercih edilmiştir. Arazide nispeten diğer hastalıklı bitkilere göre daha sağlıklı görünen bitkiler toplanmıştır.

Aday Antagonistlerin izolasyonu

Antagonist bakteri izolasyonu için alınan örneklerden 20 gram hassas terazide tartılmış ve önceden hazırlanmış 180 ml saline buffer (%0.85 NaCl) içeren erlenlere eklenmiştir. Karışım en az 3 saat 200 dev/dak hızda çalışan çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Çalkalama işleminin sonunda erlenden alınan 1ml’lik örnek 9 ml saline buffer içeren tüplere koyularak seyreltme serileri hazırlanmıştır. Her seyreltmeden 100µl örnek alınarak TSA besiyerine 3 tekrarlı olacak şekilde ekimleri yapılmıştır. Seyreltme ekimleri en çok seyreltilenden en aza doğru gerçekleştirilmiştir. Petrilerin 26°C’de 48 saat gelişmesi beklenmiş ve gelişen koloniler incelenmiştir. Besi yerinde farklı koloni morfolojisine, rengine ve yapısal özelliklerine sahip koloniler TSA besiyerlerine saflaştırılmıştır. Elde edilen izolatlar daha sonraki çalışmalarda da kullanılmak üzere YDCA besiyerinde +4 °C’de buzdolabında saklanmıştır. Kabakgil yetiştiriciliği yapılan tarla toprağından, kabakgillerin yeşil aksamındaki epifitik floradan ve kabakgil tohumlarından 134 adet aday antagonist elde edilmiştir, buna ek olarak Bakteriyoloji kültür koleksiyonunda bulunan, 164 izolat da çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada toplam 298 adet aday antagonist bakteri kullanılmıştır.

Aday Antagonistlerin Seçimi

Aday antagonistlerin in vitro koşullarda *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’a olan antibakteriyel etkisi ikili kültür petri denemeleriyle araştırılmıştır (Mitchell, 1992). Aday antagonistler TSA besiyerine üç nokta şeklinde ekim yapılmış ve 24-48 saat inkübe edilmiştir. *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın McFarland dansiyometre yardımıyla 10⁷ hücre/ml yoğunlukta bir süspansiyonu hazırlanmıştır. Temiz bir el pülverizatörüne aktarılan patojen süspansiyonu üç nokta ekimi yapılmış aday antagonistlere 15 cm uzaktan püskürtülmüştür. Kontrol petrisi olarak, TSA besiyerine yalnızca patojen bakteri püskürtülmüştür. Bakteri süspansiyonunun püskürtüldüğü petriler 26°C’de 24-48 saat

geliştirilmiştir. Petrilerde gelişen aday antagonist izolatların çapı ile çevresinde oluşan engelleme zonları mm olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Daha sonra bakteri çapı ve engelleme zonu birbirine oranlanmış ve izolatların “Antagonistik İndeks Değerleri” hesaplanmıştır (Jiang ve ark., 2015).

Testler sonucunda seçilen 29 antagonist bakterinin siderofor üretebilme yetenekleri mavi CAS agar besiyeri kullanılarak belirlenmiştir (Schwyn ve Neilands, 1987). CAS agar besiyerine eşit uzaklıklarda üç nokta şeklinde ekimi yapılan antagonistler 26 °C’de 7 gün boyunca geliştirilmiştir. Gelişim süresinin sonunda bakteri kolonisi çevresinde zon oluşturan antagonistler için ölçümler yapılmıştır. Aday antagonistlerin siderofor şiddeti, zon oluşan bölgenin çapının antagonist bakterinin çapına oranlanmasıyla elde edilen indeks değerine göre değerlendirilmiştir. Hiç engelleme zonu oluşturmayan aday antagonistlerin çözünürlük indeksi 0 olarak kabul edilmiş, çözünürlük indeksi 1 ve üzeri olan aday antagonistler siderofor üretme yani demiri besin olarak kullanma yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Pseudomonas syringae pv. *lachrymans*’a karşı değişen oranlarda antibakteriyel etki gösteren 29 adet antagonistin IAA üretimi Salkowski yöntemiyle tespit edilmiştir (Glickman ve Dessaux, 1995). İçerisinde 3 mg ml⁻¹ L-tryptophan içeren Laura Bertoni (LB) sıvı besiyeri tüplerine, 10⁷ hücre/ml yoğunluğuna ayarlanmış olan antagonist süspansiyonları 500 µl eklenmiş ve 4 gün boyunca 30°C’de 200 dev/dak çalkalayıcıda çalkalanmıştır (Sezonov ve ark., 2007). Bu sürenin sonunda örneklerin içindeki tortuların ayrılması için solüsyonlar 5000 rpm’de 30 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve işlemin sonunda tüplerin üstünde kalan süpernatant tortudan ayrılarak steril eppendorflara aktarılmıştır. Süpernatantın üzerine 2 damla (yaklaşık 40 µl) fosforik asit eklenmiş ve bu karışım içinde 4 ml Salkowski çözeltisi (150 ml %98’lik H₂SO₄, 7.5 ml 0.5 M’lık FeCl₃.6H₂O, 250 ml saf su) olan cam tüplere aktarılarak oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 30 dakika beklemeye bırakılmıştır. İşlem sonunda IAA üretim miktarı yüksek olan antagonistlerin besiyerinin rengini kırmızı/mora doğru değiştirdiği gözlenmiştir. Ölçümler 535 nm dalga boyundaki spektrofotometrede okunarak absorbans değerleri kaydedilmiştir. Antagonistlerin ürettiği IAA miktarı standart IAA

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmelerinin İzolasyonu ve Hıyar Köseli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

absorbans değerleriyle kıyaslanmak suretiyle ppm ($\mu\text{g ml}^{-1}$) düzeyinde belirlenmiştir (Doksöz, 2021).

Antagonist bakteri izolatlarının fosforu çözme yeteneği tri-kalsiyum fosfat içeren Pikovskaya Agar (PVK) kullanılarak belirlenmiştir (Kumar ve ark., 2012). Sözü edilen bu besi yerini içeren petrilere antagonistler üç nokta şeklinde ekim yapılmış ve petriler 26°C 'de 7 gün gelişmeye bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda ekimi yapılan antagonist bakterilerin çevresinde şeffaf bir engelleme zonu oluşturan örnekler pozitif kabul edilmiştir. Oluşan bu zonun, bakteri kolonisinin çapına oranlanmasıyla fosfor çözünürlük indeksi hesaplanmıştır.

Bu işlemler sonucunda seçilen antagonist bakterilerin tohum denemelerine dahil edilmeden önce birbirleriyle olan etkileşimlerine ikili kültür petri denemeleriyle bakılmıştır. TSA besi yerine üç nokta ekimi ve 4 tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Antagonistler 24 saat geliştirildikten sonra, antagonist bakterilerden dansiyometrede 10^7 hücre/ml yoğunluğunda süspansiyonlar hazırlanmış ve bu petrilerin üzerine 15 cm uzaklıktan püskürtülmüştür. Püskürtme işlemi gerçekleştirilen petriler 24 saat geliştirildikten sonra antagonist bakterilerin birbirlerine karşı engelleme zonu oluşturup oluşturmadığı incelenmiştir. Birbirlerine karşı engelleme zonu oluşturan antagonist bakteriler, kombinasyon çalışmasında deneme dışı bırakılırken, birbirlerini engellemeyen antagonist izolatların kombinasyonları çalışmaya dahil edilmiştir.

Denemelerin Kurulması ve Değerlendirilmesi

Toplam iki biyolojik tohum uygulamasından oluşan bu çalışmada birinci deneme için ticari olarak satın alınan Beith alpha çeşidi hıyar tohumları kullanılmıştır. Tohumlar ticari bir fungusitle ilaçlanmış olduğundan tohum ilacını uzaklaştırmak için musluk suyuyla 3 kez yıkanarak pestisitler arındırılmıştır. İkinci denemede Trabzon ilinin Akçaabat ilçesinden getirilen çeşidi bilinmeyen ilaçsız yerli hıyar tohumları kullanılmıştır. Tohumlar herhangi bir ilaçla muamele görmediği için direkt kullanılmıştır.

Patojen bakteri *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*'ın TSA besiyerinde 48 saat geliştirilmiş olan taze kültüründen dansiyometrede 1.00 ölçüm değerinde yaklaşık 2.4×10^6 hücre/ml yoğunluğunda bir süspansiyon

hazırlanmıştır. Hıyar tohumlarına yara açılması ve patojenin girişinin kolaylaşması için bu süspansiyona 1g/L karborandum tozu eklenmiştir (Bashan ve ark., 1978). Patojen bakteri süspansiyonun içine hıyar tohumları daldırılmış, patojenin tohumlara tutunabilmesi için 150 dev/dak hızda çalışan bir erlen karıştırıcıda 30 dakika boyunca çalkalanmıştır. Çalkalamanın sonunda tülbent yardımıyla süzülen patojenle suni olarak bulaştırılmış tohumlar steril kurutma kağıtlarına serilerek 30 dakika boyunca steril kabinde kurumaya bırakılmıştır. Birinci deneme için kuruyan tohumlar taze kültürden geliştirilmiş ve 1.0 yoğunlukta hazırlanmış olan 15 farklı antagonist süspansiyonunun içerisine daldırılmıştır. Antagonistlerin tohuma kolonize olmasını sağlamak için uygulama görmüş tohumlar 150 dev/dak hızda 30 dakika boyunca çalkalanmıştır. İkinci deneme için aynı işlem 5 farklı antagonist bakteri ve bir adet ikili kombinasyon ile gerçekleştirilmiştir. Antagonist kombinasyonunda hazırlanan eşit popülasyon yoğunluğundaki bakteri süspansiyonları eşit miktarda karıştırılarak kullanılmıştır. Pozitif kontrol olarak sadece patojenle bulaştırılmış tohumlar, negatif kontrol olarak sadece steril saf suya daldırılmış tohumlar kontrol uygulamaları olarak denemede yer almıştır. İlk denemede yer alan her bir uygulama 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 tohum bulunurken ikinci denemede benzer şekilde 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 25 adet tohum yer almıştır. Torf içeren plastik küvetlere tohum ekimi gerçekleştirildikten sonra nem sağlamak amacıyla kapakları kapatılmış ve Çukurova Üniversitesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan iklim odasına (sıcaklık $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, nem %65-75, 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık) yerleştirilmiştir. Denemeler günlük olarak kontrol edilmiş ve tohumlar çimlendikten sonra küvetlerin kapakları açılmıştır (Horuz ve Aysan, 2018).

Pozitif kontrol uygulamasında yer alan hıyar fidelerinin kotiledon yapraklarında gözle görülür hastalık belirtileri (su emmiş lekeler, sarı haleli kahverengi lekeler) oluştuktan sonra değerlendirme aşamasına geçilmiştir. Her bir biyolojik tohum uygulamasında yer alan toplam fide sayısı ve hasta fide sayıları not edilmiştir. Hasta fide sayısı çimlenen toplam fide sayısına oranlanarak hastalık oranı (%) hesaplanmıştır. Ayrıca her bir uygulamadaki hasta fidelerin kotiledon yapraklarındaki lekeler 0-3 skalasına göre değerlendirilmiş ve hastalık şiddeti

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

hesaplanmıştır (Karman, 1970). Hastalık şiddetinin tespitinde Aysan (1999) tarafından geliştirilen 0-3 skalası modifiye edilerek (0: kotiledonlarda leke yok, 1: kotiledonlarda 1 leke, 2: kotiledonlarda 2 leke, 3: kotiledonlarda 3 veya daha fazla leke var ise) kullanılmıştır. Antagonistlerin hastalığı baskılama düzeyi pozitif kontrolle karşılaştırılarak Abbott formülüne göre hesaplanmıştır (Karman, 1970). Elde edilen veriler CoStat İstatistik Yazılımı (CoHort Software, Pacific Grove, CA, U.S.A. Version 6.4) kullanılarak analiz edilmiştir. Tek yönlü ANOVA ile varyans analizi yapılarak $p \leq 0.05$ önem düzeyinde LSD çoklu karşılaştırma testiyle uygulamalar arasındaki farklılık ortaya konmuştur.

Başarılı Antagonistlerin Tohum Çimlenmesine Etkisi

Tohum denemelerinde başarılı bulunan 5 adet antagonist bakteri (AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7, NÇ-KK ve X77) TSA besiyerinde 48 saat geliştirildikten sonra saf suyla süspansiyon edilerek dansiyometrede 1.00 yoğunlukta hazırlanmıştır. Hıyar tohumları, antagonist süspansiyonlarının içerisine daldırılmıştır ve tohumlar 150 dev/dak hızda 30 dakika boyunca çalkalanmıştır. Çalkalama sonunda antagonist solüsyonları süzülerek ayrılmıştır ve hemen ardından tohum ekimleri steril küvet ve steril torflara gerçekleştirilmiştir. Kontrol olarak tohumlar steril suya daldırılmıştır ve ekimleri bu şekilde yapılmıştır. Deneme 3 tekerrür ve her tekerrürde 25 tohum olacak şekilde kurulmuştur. Denemeler, sadece suyla muamele görmüş çimlenen tohum sayısı (kontrol) ve antagonist bakteri uygulaması görmüş çimlenen tohum sayısı birbirine oranlanarak değerlendirilmiştir.

Başarılı Antagonistlerin Tanısı

Tohum denemelerinde başarılı bulunan 5 adet antagonist bakteri (AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7, NÇ-KK ve X77) dansiyometrede 1.00 yoğunluğunda süspansiyonlar hazırlanmış ve hazırlanan bu süspansiyonlar tütün yaprağının iki damar arasına steril bir şırınga yardımıyla inoküle edilmiştir. İnokülasyonun ardından 24 saat oda sıcaklığında inkübe edilen tütünün, inokülasyon yapılan yaprak damar aralarındaki nekrotize olmuş görünümü pozitif olarak değerlendirilmiştir. Antagonist bakterilerin yumuşak çürüklük etmeni olup olmadığını belirlemek için; patatesler musluk suyuyla yıkanarak toprağından

arındırılmış ve %1'lik sodyum hipoklorid çözeltisinin içine daldırılarak 30 dakika süreyle bekletilmiştir. Sürenin sonunda patates yumruları 3 kere steril saf sudan geçirilerek durulanmış ve steril kabin içerisinde kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan patatesler steril bir bıçak yardımıyla yaklaşık 1 cm kalınlığında daireler şeklinde kesilmiş ve içinde steril kurutma kağıdı bulunan steril cam petrilere koyularak 24 saatlik taze kültürden geliştirilmiş antagonist bakteriler bu patateslerin üzerine steril kürdan yardımıyla inoküle edilmiştir. Patateslerin altında bulunan kurutma kâğıdı yaklaşık 1 ml steril saf su ile nemlendirilerek kapakları kapatılmış ve 26 C'de çalışan inkübatöre alınarak 48 saat boyunca inkübe edilmiştir. Sürenin sonunda patatesteki yumuşak/sulu çürüklüğe sebep olan antagonist bakterilerin pektolitik enzim üretme aktivitesinin olduğu ve yumuşak çürüklük patojeni olabileceği belirlenmiştir.

Bakterilerin insan patojeni olup olmadığını anlamak için insan vücut sıcaklığında gelişimini bilmek gerekmektedir. Bu bağlamda, tohum denemelerinde başarılı bulunan 5 adet antagonist bakteri (AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7, NÇ-KK ve X77) izolatu TSA besiyerine ekilmiş ve 36 °C'de 24-48 saat boyunca inkübe edilmiştir. Sürenin sonunda bu sıcaklıkta gelişme yeteneği olmayan bakterilerin insan patojeni olamayacağı belirlenmiştir.

Tohum denemelerine dahil edilen 15 antagonist bakteri izolatu (NÇ-KK, NÇ-YKI, NÇ-YKR, DK-Sarı OG 7-13, OG 7-7, OG 1-2, OG 8-8, YL 4-3, AY10-M2, AZ10-6-2, Ad4-2, X77, HA9 ve HA3) içerisinden 5 tanesinin (AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7, NÇ-KK ve X77) tür teşhisi MALDI TOF MS yöntemi ile yapılmıştır.

MALDI-TOF MS patojenlerin kesin tür teşhislerinin yapılmasını sağlayan bir sistemdir. Sistemin çalışma mekanizması, bakteriden doğrudan lazer ile elde edilen protein profillerinin cihazın kütüphanesindeki tanımlı izolatlar ile karşılaştırılma prensibine dayanmaktadır. Saf kültürden alınan ve TSA besi yeri ortamında 24 saat geliştirilen antagonist bakteri kültürleri ethanol/formik asit yöntemi ile muamele edildikten sonra (Pavlovic ve ark., 2012) cihazın örnek tablasına (target) yüklenerek cihazın kütüphanesindeki mikroorganizmalar ile BioTyper™ 1.1 software (Bruker Daltonics, Bremen, Almanya) yazılımı ile karşılaştırmak sureti ile teşhisleri yapılmıştır. Teşhisler sonucunda firmanın belirttiği üzere ortaya çıkan

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmelerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

skor değerleri 2.3-3.0 aralığında ise tür düzeyinde oldukça güvenilir; 2.0-2.99 aralığında cins düzeyinde oldukça güvenilir, tür düzeyinde güvenilir; 1.70-1.99 arasında ise cins düzeyinde güvenilir tür düzeyinde muhtemel düzeyde güvenilir; 1.7 değerinin altında olan skorlar ise güvensiz tanı olarak değerlendirilmiştir (Soylu ve ark., 2020).

Bulgular

Ticari Fidelik Ziyaretleri ve Hastalıklı Bitki Örneklerinin Toplanması

Çizelge 1'de görüldüğü gibi ticari fideliklere yapılan toplam dört ziyarette, 82 hasta bitki örneğinin 65 adeti hıyar, 13 adeti kavun ve 4 adeti ise kabak fidelerinden alınmıştır. Karpuz fidelerinde hastalık belirtisine rastlanmamıştır. Toplam 10 hasta fideden (hıyar, kavun ve kabak) ayrı ayrı izolasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Ticari fideliklerin incelenmesi sırasında alınan bitki örnekleri sayısı

Tarih	Bitki	Hasta Fide Sayısı	Alınan Örnek Sayısı
3 Şubat 2023	Kavun	9	2
1 Mart 2023	Hıyar	30	3
14 Mart 2023	Kavun	4	1
30 Mart 2023	Kabak	4	2
	Hıyar	35	2
Toplam		82	10

Hasta Bitkilerden Patojen Bakteri İzolasyonları

Dört farklı tarihte ziyaret edilen ticari fideliklerde toplam 82 adet hasta bitki içerisinde seçilen 10 adet hasta hıyar, kabak ve kavun bitkilerinin kotiledon ve gerçek yapraklarından yapılan izolasyonlarda, TSA besi yerinde krem renkli, parlak, mukoid ve yuvarlak koloniler dominant olarak gelişmiştir. Her bir hasta bitki örneğinin izole edildiği petriden toplam 41 adet bakteri izolatu saflaştırılmıştır. Bu 41 izolatu 19 adeti hıyardan, 14 adeti kavundan ve 8 adeti kabak bitkilerinden izole edilmiştir.

Patojen Bakteri İzolatlarının Tanısı

Çizelge 2'de görüldüğü gibi hıyardan izole edilen 19 adet, kabaktan izole edilen 8 adet ve kavundan izole edilen 14 adet izolatu tümünün (41 adet) *Pseudomonas syringae* olduğu Gram reaksiyon, LOPAT testleri, farklı besiyerlerindeki (TSA ve King B) koloni morfolojisi ve MALDI-TOF MS

yöntemiyle belirlenmiştir. İzolatların pathovar düzeyinde tanısında patojenite testlerinden yararlanılmıştır.

Çizelge 2. Patojen izolatlarının tanı testlerinde elde edilen sonuçlar

Testler	Hıyar İzolatu (19 adet)	Kabak İzolatu (8 adet)	Kavun İzolatu (14 adet)
Floresan pigment	+	+	+
Gram reaksiyon	-	-	-
L (levan oluşumu)	+	+	+
O (Oksidaz testi)	-	-	-
P (Pektolitik aktivite)	-	-	-
A (Arginin reaksiyonu)	-	-	-
T (Tütünde aşırı duyarlılık)	+	+	+

Farklı Kabakgil Bitkilerinde Patojenite Testleri

Laboratuvar koşullarında koparılmış hıyar ve limon meyveleri üzerinde yapılan patojenite testinde, inokulasyondan 5-7 gün sonra inokulasyon noktası etrafında hıyar meyvelerinde su emmiş alanlar ve limon meyvelerinde içe çökük kahverengi lekeler tespit edilmiştir. *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* izolatlarının limon, hıyar, kabak, kavun ve karpuz bitkileri gibi geniş bir konukçu dizisini hastalandırırken *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* izolatlarının sadece hıyar kabak ve kavun bitkilerini hastalandırdığı (Lelliot ve Stead, 1987), karpuzda hastalığın ya hiç ya da çok az düzeyde ortaya çıktığı (Özaktan ve Bora, 1994) bilinmektedir. Bu denemede elde ettiğimiz veriler de bu bilgiyi desteklemektedir.

Koparılmış meyvelerde yapılan patojenite testine göre, kavundan elde edilen 14 izolatu *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* olduğu, hıyar ve kabaktan elde edilen 27 izolatu *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* olduğu belirlenmiştir. Sağlıklı kabakgil (hıyar, kabak, kavun ve karpuz) fideleri üzerinde, seçilen 10 izolatu, cam serada koşullarında yapılan patojenite testlerinde, izolatların tümü Borna F1 çeşidi hıyar fidelerini ve Miço F1 çeşidi kabak fidelerini hastalandırmıştır. Hıyar ve kabak bitkilerinin gerçek yapraklarında ıslak lekeler şeklinde haşlayan hastalık belirtileri on ikinci günde ortaya çıkarken, on beşinci günde etrafı sarı kahverengi lekeler dönüşmüştür. Lekeler genellikle yaprak

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

kenarlarında oluşmuştur. Yaprak ayasında meydana gelen lekeler hızlıca ilerleyerek birkaç gün içinde yaprak ayasını kapladıkları gözlenmiştir. Kırkağaç tipi kavun çeşitleri olan Hermanos F1 ve Bravos F1 çeşitlerine ait fidelerin yapraklarında sadece kavundan elde edilen bakteriyel izolatlar hastalık oluşturmuştur. Kavun yapraklarında kahverengi lekeler meydana gelmiştir. İzolatların hiçbiri Karain F1 ve Sahra F1 çeşitlerine ait karpuz fidelerini hastalandırmamıştır. Pozitif kontrol olarak kullanılan YA-26 kodlu *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* izolatı hıyar, kavun ve kabak fidelerini hastalandırmıştır. Negatif kontrol olarak su uygulanan bitkilerde herhangi bir leke tespit edilmemiştir. Farklı kabakgil türlerine ait fidelerde yapılan patojenite test sonuçlarına göre, kavundan elde edilen 4 izolatın *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* olduğu, hıyar ve kabaktan elde edilen 6 izolatın *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* olduğu belirlenmiştir.

Biyolojik Mücadele Çalışmaları Aday Antagonistlerin İzolasyonu

Hıyar Köşeli Yaprak Leke hastalığı etmeni *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın biyolojik mücadelesinde kullanılmak üzere yapılan aday antagonist izolasyonları sonucunda, kabakgil yetiştiriciliği yapılan topraktan 39 adet, kabakgil yeşil aksamından 27 adet, kabakgil meyvelerinden 24 adet ve kabakgil tohumlarından 44 adet olmak üzere toplam 134 adet aday antagonist izole edilmiştir. Ayrıca bakteriyoloji laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan 164 adet aday antagonist de çalışmaya dahil edilmiştir ve toplam 298 adet bakteri izolatı çalışmada aday antagonist olarak kullanılmıştır.

Aday Antagonistlerin Seçimi

Çalışmada kullanılan toplam 298 adet aday antagonist bakterinin 29 adeti *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’a karşı antibakteriyel etki göstererek besi yerinde patojenin gelişimini baskılamıştır. Petrilerde gelişen antagonist izolatların çapı ile çevresinde oluşan engelleme zonları mm olarak ölçülerek “Antagonistik İndeks Değerleri” hesaplandığında, 29 izolat 1.71-5.33 değeri arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek antagonistik indeks değerleri 5.33 ile NÇ-YKI isimli antagonist bakteri izolatında olmuş ve tek bir istatistik grupta yer almıştır. OG1-9 kodlu antagonist de 4.08 indeks değeri ile ayrı bir grupta yer alan bir diğer başarılı antagonistik etki

gösteren izolat olmuştur. Bunu sırasıyla, 3.68 ve 3.66 indeks değeriyle ayrı istatistik grupta yer alan TOROS-6 ve NÇ-KK kodlu izolatlar takip etmiştir. NÇ-YKR 3.59, YL4-33.32 ve DK-SARI 3.23 antagonistik indeks değeri oluşturarak başarılı antagonistler arasında yer almışlardır. Etkili antagonistler olarak değerlendirilen 22 izolat ortalama 1.71- 2.78 arasında indeks değeri oluşturarak istatistik analiz sonucunda 16 farklı istatistik grupta yer almış ve patojeni baskılama yeteneğinde oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 3.).

Antibakteriyel etkiye sahip 29 adet antagonist izolatın 18 adeti siderofor üretme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Antagonistlerin siderofor oluşturma indeks değerleri 1.13 ile 2.65 aralığında değişim göstermiştir. Değerlendirme sonucunda siderofor oluşturma yeteneği en etkili izolatlar sırasıyla 2.65 ile HA4 kodlu antagonist iken, bunu 2.59 ile LOG-6, 2.55 ile HA8, 2.52 ile YL4-3 ve 2.50 ile HA9 kodlu antagonistler izlemiştir.

Çizelge 3. Antagonist bakterilerin etki mekanizmaları

Antagonistler	Antibakteriyel Etki	Siderofor Üretme	IAA (µg/ml)	Fosfor Çözme
NÇ-YKI	5.33 ^a	1.87 ^{cd}	8.01 ^q	Negatif
OG1-9	4.08 ^b	1.87 ^{cd}	12.96 ^g	Negatif
TOROS 6	3.68 ^c	0.00 ^g	16.20 ^f	Negatif
NÇ-KK	3.66 ^c	0.00 ^g	26.30 ^d	Negatif
NÇ-YKR	3.59 ^{cd}	2.32 ^{ab}	10.46 ^j	Negatif
YL4-3	3.32 ^{dc}	2.52 ^a	7.50 ^s	Negatif
DK-SARI	3.23 ^d	2.40 ^{ab}	10.12 ^l	Negatif
KONYA5-1	2.78 ^f	0.00 ^g	11.25 ⁱ	Negatif
LOG6	2.77 ^f	2.59 ^a	6.76 ^u	Negatif
OG1-2	2.75 ^{fg}	1.95 ^c	170.50 ^a	Negatif
OG7-13	2.68 ^{fgh}	2.11 ^{bc}	170.5 ^a	Negatif
TOROS5-1	2.65 ^{fi}	0.00 ^g	11.25 ⁱ	Negatif
AY10 M2	2.55 ^{ij}	2.26 ^{ab}	10.46 ^j	Negatif
HA8	2.48 ^{kl}	2.55 ^a	9.89 ^m	Negatif
TURUNÇ 2-6	2.46 ^{hij}	1.18 ^f	6.37 ^v	Negatif
HA1	2.38 ^{ijk}	0.00 ^g	9.04 ^o	Negatif
TOROS5-2	2.38 ^{ijk}	0.00 ^g	7.73 ^r	Negatif
OG7-7	2.27 ^{kl}	1.33 ^{ef}	170.50 ^a	Negatif
AZ106-2	2.15 ^{klm}	1.43 ^{ef}	73.88 ^c	Negatif
OG6-7	2.10 ^{klm}	0.00 ^g	9.89 ^m	Negatif
AD4-2	2.08 ^{lmn}	1.57 ^{de}	170.50 ^a	Negatif
HA9	2.01 ^{lo}	2.50 ^a	149.47 ^b	Negatif
OG8-8	1.99 ^{lo}	1.14 ^f	9.26 ⁿ	Negatif
MYAPRAK3	1.90 ^{m-p}	0.00 ^g	11.59 ^h	Negatif
HA3	1.88 ^{mp}	1.13 ^f	10.46 ^j	Negatif
X77	1.81 ^{nop}	0.00 ^g	16.49 ^c	Negatif
HA4	1.79 ^{op}	2.65 ^a	8.70 ^p	Negatif
OG1-10	1.78 ^{op}	0.00 ^g	7.16 ^t	Negatif
LÇ8	1.71 ^p	0.00 ^g	10.23 ^k	Negatif

Antibakteriyel etkiye sahip 29 adet antagonist izolatın 18 adetinin, bitki büyümesinde ve gelişmesinde oldukça önemli bir role sahip olan

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmelerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

IAA üretim miktarlarının 6.37 ile 170.5 µg/ml aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. IAA üretim değeri 170.5 µg/ml olan 4 adet antagonist bakteri (AD 4-2, OG 7-7, OG 1-2 ve OG 7-13 kodlu izolatlar) tespit edilmiştir. Bu değerleri 149.47 µ/ml yoğunlukla HA-9 isimli izolat, 73.88 µg/ml ile AZ10-6-2 isimli izolat ve 26.3 µg/ml ile NÇ-KK isimli izolat takip etmiştir.

Antibakteriyel etkiye sahip 29 adet antagonistin hiçbirisi tri-kalsiyum fosfat içeren PVK besisinde fosforu çözmeyi başaramamıştır.

In vivo Tohum Denemeleri

Birinci biyolojik tohum denemesinde, *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ile suni olarak bulaştırılmış hıyar tohumlarına 15 adet antagonist bakteri (NÇ-KK, NÇ-YKI, NÇ-YKR, DK-SARI OG 7-13, OG 7-7, OG 1-2, OG 8-8, YL 4-3, AY10-M2, AZ10-6-2, AD4-2, X77, HA9 ve HA3 kodlu izolatlar) uygulandığında, tohumdaki patojen popülasyonunda azalma olduğundan Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının %20.78 - 78.39 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Negatif kontrol olarak sadece steril suyla muamele görmüş hıyar tohumlarından çimlenen fidelerin hiçbirinde herhangi bir hastalık gözlenmemiştir. Bu durum, denemede kullanılan hıyar tohumlarının herhangi bir patojenle bulaşık olmadığını göstermektedir.

Pozitif kontrol olarak *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ile bulaşık hıyar tohumlarından gelişen fidelerin yaklaşık %53’ünde hastalık belirlenmiştir (Çizelge 4.). Kotiledon yapraklarda su emmiş lekeler ortaya çıkmış ve üç gün içinde bu belirtiler kahverengi etrafı sarı haleyle çevrili lekelerle dönmüştür. İlerleyen dönemlerde, özellikle nem varlığında beşinci günden sonra fidelerde ölümler meydana gelmiştir.

Çizelge 4. Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığına Biyolojik Tohum Uygulamalarının Etkisi (Birinci Deneme)

Antagonist	Hastalık Oranı (%)	Etki (%)	Hastalık Şiddeti (Skala değeri ort.)	Etki (%)
Pozitif Kontrol	52.88 ^{ab}	-	1.05 ^a	-
HA3	55.84 ^a	-5.6	0.96 ^a	7.95
AZ10-6-2	50.72 ^b	4.08	0.88 ^{ab}	15.48
HA9	50.62 ^b	4.27	0.95 ^a	8.57
NÇ-YK-R	41.89 ^c	20.78	0.72 ^{bc}	30.89
OG 7-13	41.6 ^c	21.33	0.58 ^{cd}	44.35
NÇ-YK-I	38.82 ^{cd}	26.59	0.68 ^{bc}	34.87

DK-SARI	35.71 ^{de}	32.47	0.59 ^{cd}	43.74
YL4-3	32.65 ^e	38.26	0.46 ^{de}	56.20
OG 1-2	27.78 ^f	47.47	0.31 ^{efg}	70.06
X-77	27.23 ^f	48.51	0.37 ^{defg}	72.61
OG 8-8	25.08 ^{fg}	52.57	0.38 ^{defg}	63.98
AY10M2	23.81 ^{fg}	54.97	0.40 ^{def}	61.42
AD 4-2	21.41 ^g	59.51	0.23 ^{fg}	78.26
OG 7-7	14.73 ^h	72.14	0.29 ^{efg}	72.61
NÇ-KK	11.43 ^h	78.39	0.16 ^g	64.21

*: farklı harfi içeren ortalamalar LSD testine (%5 önem düzeyinde) göre istatistiksel olarak farklıdır.

Çizelge 4’te görüldüğü gibi, istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, üç biyolojik tohum uygulaması (HA3, AZ10-6-2 ve HA9 kodlu izolatlar) pozitif kontrolle aynı grupta yer alan başarısız uygulamalar olarak belirlenmiştir. Geriye kalan 12 biyolojik tohum uygulaması (NÇ-KK, OG 7-7, AD 4-2, AY10M2, OG 8-8, X-77, OG 1-2, YL4-3, DK-SARI, NÇ-YK-I, OG 7-13 ve NÇ-YK-R) pozitif kontrolden farklı bir istatistiki grupta yer aldığından hastalığı baskılayan başarılı tohum uygulamaları olarak saptanmıştır. Bu etkili antagonistler hastalığı de %20.78-78.39 oranında baskılayan, hastalık şiddetindeki azalışın %30.89-78.26 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Başarılı olan 12 biyolojik tohum uygulaması içerisinde, en etkili olanların NÇ-KK ve OG 7-7 kodlu antagonist bakterilerin yer aldığı uygulamalar olduğu tespit edilmiştir. NÇ-KK, %78 ve OG 7-7, %72 oranında hastalığı baskılayan hastalık şiddetini de sırasıyla %64 ve %73 oranında azaltmıştır.

Diğer başarılı tohum uygulaması olan AD 4-2, AY10M2, OG 8-8, X-77 ve OG 1-2 kodlu antagonistlerin kullanıldığı parsellerde, hastalık %47-60 oranında azalırken hastalık şiddetindeki azalışın %70-78 arasında olduğu saptanmıştır. İstatistiksel olarak etkili bulunan diğer uygulamalarda (YL4-3, DK-SARI, NÇ-YK-I, OG 7-13 ve NÇ-YK-R) hastalık %21-38 oranında baskılanırken hastalık şiddetindeki azalış %31-56 düzeyinde olmuştur. İkinci bir tohum denemesi kurmak için seçilen antagonistler öncelikle ilk tohum denemesi sonuçları göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve istatistiki olarak en başarılı sonuç veren iki antagonist uygulaması NÇ-KK ve OG 7-7 seçilmiştir. İki uygulama sayıca yetersiz görüldüğü için diğer uygulamalar içerisinde antimikrobiyal etki, IAA üretme yeteneği ve siderofor üretme yeteneği de göz önünde bulundurularak üç antagonist (X77, AD 4-2 ve OG 1-2) daha seçilmiştir. Toplam 5 adet antagonist bakteri ile ikinci biyolojik tohum denemesi basamağına geçilmiştir. Tohum

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

denemelerinde kullanılmak üzere seçilen 5 adet (NÇ-KK, AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7 ve X-77 kodlu izolatlar) antagonist bakterinin ikili kombinasyonlarının da denemelere dahil edilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple antagonist bakterilerin birbirleriyle etkileşimlerini belirlemek için ikili kültür petri denemelerine başvurulmuş ve ikili kültür petri denemelerinde birbirlerine karşı engelleme zonu oluşturan antagonist bakteri çiftlerinin etkileşimleri pozitif olarak değerlendirilmiştir. Beş adet antagonist bakterinin yalnızca bir çiftinin birbirleriyle etkileşime girmedikleri (OG 1-2 VE OG 7-7) ve tohum denemelerinde kullanılabileceği anlaşılmıştır.

İkinci deneme; ilk deneme ve antagonistlerin etki mekanizmaları göz önünde bulundurularak seçilen 5 adet antagonist (NÇ-KK, AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7 ve X-77) ve 1 adet kombinasyon (OG 1-2 ve OG 7-7) ile kurulmuştur Hastalığın %11-19 aralığında azaldığı tespit edilmiştir. Negatif kontrol olarak yalnızca steril suya daldırılmış hıyar tohumlarından çimlenen fidelerin hiçbirinde herhangi bir hastalık belirtisine rastlanmamıştır. Pozitif kontrol olarak *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ile bulaşık hıyar tohumlarından gelişen fidelerin %100'ünde hastalık varlığı tespit edilmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü gibi istatistiksel olarak değerlendirildiğinde tüm antagonist uygulamaları pozitif kontrolden farklı grupta yer almış ve başarılı uygulamalar olarak değerlendirilmiştir. Hastalık şiddetini %20.45-40.52 aralığında azalttıkları belirlenmiştir.

Çizelge 5. Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığına Biyolojik Tohum Uygulamalarının Etkisi (İkinci Deneme)

Antagonist	Hastalık Oranı (%)	Etki(%)	Skala değeri ort.	Etki(%)
Pozitif Kontrol	100.00 ^a	-	2.69 ^a	
NÇ-KK	88.87 ^b	11.13	1.60 ^c	40.52
OG 1-2	88.00 ^{bc}	12.00	1.67 ^c	37.92
AD 4-2	87.55 ^{bc}	12.45	2.14 ^b	20.45
X-77	84.64 ^{bc}	15.36	1.74 ^c	35.32
OG 1-2 ve OG 7-7	81.99 ^{bc}	18.01	1.68 ^c	37.55
OG 7-7	80.78 ^c	19.22	1.80 ^c	33.09

*: farklı harfi içeren ortalamalar LSD testine (%5 önem düzeyinde) göre istatistiksel olarak farklıdır.

Her iki deneme için de OG 7-7 en başarılı tohum uygulaması olarak kaydedilmiştir ve ikinci uygulamada hastalığı %19 oranında engellerken

hastalık şiddetindeki azalışın %33 olduğu tespit edilmiştir.

Uygulamalar içinden 4 tanesi aynı istatistiki grupta yer alarak hastalığı sırasıyla OG 1-2 %12, AD 4-2 %12.45, X77 %15.36 ve Kombinasyon %18 oranında engellemiş ve hastalık şiddetinde ise %20-38 arasında bir azalışa neden olduğu belirlenmiştir. İlk denemede de en başarılı uygulamalardan biri olan NÇ-KK izolatu hastalık şiddetindeki azalışın en yüksek olduğu uygulama olmuş, %41 oranında hastalık şiddetini azaltırken, hastalık oranında %11'lik bir etki göstermiş ve istatistiki olarak başarılı bir uygulama olarak değerlendirilmiştir.

Başarılı Antagonistlerin Tohum Çimlenmesine Etkisi

Tohum denemeleri sonucunda *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*'ın neden olduğu Hıyar Köşeli Yaprak Leke hastalığını başarılı bir şekilde baskılayan antagonist bakterilerin tohum çimlenmesine etkisi araştırıldığında, tüm antagonist bakteri uygulamalarının (OG 1-2, NÇ-KK, OG 7-7, AD 4-2 Kombinasyon ve X77) kontrolle aynı grupta yer aldığı ve istatistiksel olarak önemli bir azalışa neden olmadığı sonucuna varılmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Başarılı Antagonistlerin Tohum Çimlenmesine Etkisi

Antagonist	Ekilen Tohum Sayısı	Çimlenen Tohum Sayısı	Çimlenme Oranı (%)	Değişim
Kontrol (saf su)	75	75	100.00 ^a	-
OG 1-2	75	75	100.00 ^a	-
NÇ-KK	75	73	97.33 ^a	2.67
OG 7-7	75	73	97.33 ^a	2.67
AD 4-2	75	72	96.00 ^a	4.00
OG 1-2 ve OG 7-7	75	72	96.00 ^a	4.00
X77	75	71	96.67 ^a	5.33

*: farklı harfi içeren ortalamalar LSD testine (%5 önem düzeyinde) göre istatistiksel olarak farklıdır.

Başarılı Antagonistlerin Tanısı

Başarılı antagonist bakterilerin tanılanma aşamasında tütünde aşırı duyarlılık reaksiyonu, patateste pektolitik enzim aktivitesi, 36 °C'de gelişim ve MALDI-TOF MS yöntemlerine başvurulmuştur.

Tohum denemelerinde kullanılan 5 adet antagonist bakteri (AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7, NÇ-KK ve X77) için tütünde aşırı duyarlılık

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmelerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

reaksiyonu testi yapılmış ve tüm antagonist bakteri izolatları negatif sonuç vermiştir. Ardından bu beş izolat patatesta pektolitik enzim aktivitesi testine tabii tutulmuş ve yine tüm antagonist bakteriler patatesta herhangi bir yumuşama/çürümeye neden olmaksızın negatif sonuç vererek nişastayı parçalama yeteneklerinin olmadığı anlaşılmıştır. Antagonist bakterilerin insan patojeni olma riskinin varlığını kanıtlamak için yapılan 36 °C’de gelişim testlerinde ise antagonist bakterilerden hiçbirinin 36 °C’de gelişmediği gözlemlenmiştir. Laboratuvar testlerinin ardından MALDI-TOF MS ile yapılan tanı sonucunda NÇ-KK kodlu izolatın 1.825 indeks değeri ile *Enterococcus casseliflavus*, AD 4-2 kodlu izolatın 1.882 indeks değeri ile *Bacillus mojavensis*, OG 1-2 kodlu izolatın 2,133 indeks değeri ile *Bacillus pumilus*, OG 7-7 kodlu izolatın 2.386 indeks değeri ile *Providencia rettgeri* ve X77 kodlu izolatın 2.190 indeks değeri ile *Bacillus amyloliqofasciens* olduğu tanılanmıştır. Bu antagonistlerin farklı izolatlarının hem bakteriyel hem de fungal hastalıklara karşı başarılı olduğunu gösteren farklı çalışmalarda bulunmaktadır (Güldoğan ve ark., 2022; Tümen ve ark., 2022; Aktepe ve Aysan, 2023; Yıldız ve ark., 2023).

Tartışma

Çukurova Bölgesindeki kabakgil üretim alanlarından ve tohumların yüzeyinden izole edilen yerel antagonistlerle (toplam 298 adet) yapılan biyolojik tohum uygulamaları sonucunda *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın neden olduğu Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığı %21-78 oranında baskılanırken hastalık şiddetinde %31-78 oranında bir azalış saptanmıştır. En başarılı 5 antagonistle yapılan ikinci bir denemede bu antagonistlerin başarısı bir kez daha teyit edilmiştir. Bu başarılı antagonistler *Bacillus amyloliqofasciens*, *Bacillus mojavensis*, *Bacillus pumilus*, *Enterococcus casseliflavus* ve *Providencia rettgeri* olarak tanılanmıştır.

Biyolojik tohum uygulamasında kullandığımız bu dost mikroorganizmaların antimikrobiyal madde ve siderefor üreterek patojeni baskı altına aldığı, ayrıca büyüme hormonu olan IAA üreterek bitkide sağlıklı büyümeyi teşvik ettiği belirlenmiştir. Genel olarak antagonist bakterilerin bu yeteneklerinin yanında topraktaki fosforu çözerek ve azotu fikse ederek bitkinin topraktan besin elementi alımını arttırdığı bilinmektedir. Bunlara ek olarak bitkiyi tuzluluk,

kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerinden de koruma yetenekleri bulunmaktadır (Mercado-Blanco ve Lugtenberg, 2014; Olur, 2020). Dost mikroorganizmaların tüm özellikleri göz önünde bulundurulduğunda hastalıkları baskılamak aynı zamanda bir biyogübre görevi üstlendikleri söylenebilir. Özellikle *Bacillus* cinsine ait faydalı bakterilerin bu konuda oldukça başarılı oldukları bilinir. Benzer şekilde *Bacillus amyloliqofasciens* hem biyolojik gübre olarak etki gösterirken hem de bitki hastalıklarıyla mücadelede başarılı bir antagonist olarak bilinmektedir (Chowdhury ve ark., 2015; Luo ve ark., 2022). Bu çalışmada kullanılan *Bacillus amyloliqofasciens*, (X-77 kodlu antagonist izolat) yalnızca Hıyar Köşeli Yaprak Leke hastalığını baskı altına almakla kalmamıştır, bunun yanı sıra mısırdaki *Dickeya zae* (Samson ve ark., 2005)’nin neden olduğu Bakteriyel Gövde Çürüklüğü Hastalığını baskılamada da oldukça başarılı sonuçlar vermiştir (Keser ve ark., 2023). *Bacillus mojavensis*’in (AD 4-2 izolatı), *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın neden olduğu Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının tohum enfeksiyonunu başarılı bir şekilde baskıladığı tespit edilmiştir. Bu antagonistin farklı izolatlarının hem bakteriyel hem de fungal hastalıklara karşı başarılı olduğunu gösteren farklı çalışmalar bulunmaktadır. Elmada *Erwinia amylovora*’nın neden olduğu Ateş Yanıklığı Hastalığının (Aktepe ve Aysan, 2023), domateste *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*’nun neden olduğu Bakteriyel Benek Hastalığının (Yıldız ve ark., 2023), kabakgil bitkilerinde fungal kökenli Antraknoz Hastalığının, (Neher ve ark., 2009), mısır ve diğer bazı bitkilerdeki fungal hastalıkların biyolojik mücadelesinde patentli olarak etkili bir şekilde kullanıldığı belirtilmektedir (Bacon ve ark., 2005).

Bu hastalığı azaltmada etkili olan bir diğer antagonist bakteri *Bacillus pumilus* (OG 1-2 kodlu izolat) olmuştur. Bu antagonistin yine domateste *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*’nun neden olduğu Bakteriyel Benek Hastalığına karşı başarılı olduğunu gösteren laboratuvar çalışmalarımız mevcuttur (Güldoğan ve ark., 2022). Ayrıca, *Bacillus pumilus*’un farklı izolatlarının kabakgillerde görülen Külleme Hastalığı’nın (*Podosphaera xanthii*) biyolojik mücadelesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Ni ve Punja, 2021).

Providencia rettgeri’nin (OG7-7 kodlu izolat) Hıyar Köşeli Yaprak Leke hastalığının

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

tohumlardaki enfeksiyonunu baskılamadaki başarısı bu çalışma çerçevesinde kanıtlamıştır. Başka bir çalışmada ise yine hıyar fidelerinde köklenmeyi artırmak için özellikle köklerde kolonize olan PGPR bakterileri olarak başarıyla kullanılmıştır. Bunun yanında Entomopatojen özelliği bilinen *Providencia rettgeri*, antagonist böceklerin mikrobiyal mücadelesinde de kullanılmaktadır. Yerfıstığında bitkiyi tuzluluk stresine dayanıklı hale getirebilmek için yine *Providencia rettgeri*’den yararlanılmış, bu antagonistin fosforu çözme yeteneği ön plana çıkmıştır (Jiang ve ark., 2019). Bunların yanında *Providencia rettgeri*’nin Çin’de Calla zambağında Yumuşak Çürüklüğe neden olan bir patojen olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada elde ettiğimiz *Providencia rettgeri* izolatu patateslere uygulandığında herhangi bir çürüklük yapmamıştır. Bu da elde ettiğimiz izolatu patojen bakteri izolatu olmadığını göstermektedir.

Entomopatojen bakterilerden olan *Enterococcus casseliflavus*’un (NÇ-KK kodlu izolat) da daha önce depolanmış ürün zararlıları (Channaiah ve ark. 2010) ve lepidopterlerden (Vilanova ve ark. 2016) izole edildiği ve *Enterococcus casseliflavus* Ta12 izolatu *Tuta absoluta* larvalarına karşı etkili bir entomopatojen olduğu rapor edilmiştir (Eski ve ark., 2024).

Sonuç olarak, biyolojik mücadele stratejileri, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunarak hem insan sağlığına zarar vermeyen hem de tarımsal uygulamaların uzun vadede sürdürülebilirliğini sağlayan bir yöntemdir. Bu yaklaşımlar, doğal ekosistemlerin korunmasına katkıda bulunur, biyoçeşitliliği teşvik eder ve toprak verimliliğini artırır. Bu faydalar, biyolojik mücadele uygulamalarının yaygınlaştırılması ve desteklenmesi için güçlü bir gerekçe oluşturur. Bu nedenle, tarımsal uygulamalarda biyolojik mücadele tekniklerini yaygınlaştırmak amacıyla daha fazla eğitim, araştırma ve politika desteği gibi çeşitli önlemler alınmalıdır. Çalışma sonucunda, başarılı izolatların çeşitli etki mekanizmaları sayesinde güçlü antibakteriyel etki göstermesi, kimyasal mücadele yöntemlerinde sıklıkla karşılaşılan direnç geliştirme sorununa potansiyel bir çözüm sunmaktadır. Bu izolatların hem in vitro hem de in vivo koşullarda patojenlere karşı yüksek antibakteriyel potansiyel sergilemesi, bu biyolojik mücadele elemanlarının biyopreparat formülasyonları şeklinde geliştirilip farklı hastalıklara karşı entegre mücadele

programlarında kullanılabileceği önerisini desteklemektedir. Bu yaklaşım, tarımsal üretimde sürdürülebilirlik ve kimyasallara karşı patojen bakterinin dirençli popülasyonlarının yönetimi açısından önemli bir adım olabilir.

Sonuç

Bu çalışma çerçevesinde Adana’da ticari olarak kabakgil fide üretiminin yapıldığı tesislere ziyaretler gerçekleştirilmiş ve hasta bitkiler toplanarak patojen bakteri izolasyonları yapılmıştır. Yapılan izolasyonlar sonucunda 82 adet hasta hıyar, kabak ve kavunda *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ve *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*’nin varlığı tespit edilmiştir. İzolasyonlar, hıyar ve kabak bitkilerinde *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın, kavun bitkilerinde ise *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*’nin en yaygın patojen türü olduğunu, yeni patojenik türlerin Adana’daki ticari fideliklerde bulunmadığını kanıtlar nitelikte olmuştur.

Farklı konukçularda yapılan patojenite testlerinde *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* hıyar ve kabakta hastalık oluştururken *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*’nin kavun, hıyar ve kabakta hastalığa neden olduğu görülmüştür. *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ve *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*’nin ayırımında limon, kavun /hıyar veya limon, kavun/kabak bitkilerinin kullanımının daha doğru sonuçlar vereceği kanaatine varılmıştır. Bu bağlamda, hıyar ve kabak bitkilerinde baskın olarak bulunan *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’ın neden olduğu Hıyar Köşeli Yaprak Leke hastalığının biyolojik mücadelesi kapsamında kabakgil familyasına ait bitkilerin doğal florasından, yetiştirildiği topraklardan, tohumlarından ve meyvelerinden örnekler alınarak aday antagonist bakteri izolasyonları gerçekleştirilmiştir. Toplam 298 adet aday antagonist bakterinin, patojen bakteri *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*’a karşı antibakteriyel etkileri araştırılmış ve 29 adet antagonist bakteri inhibisyon zonu oluşturarak patojen bakteriyi *in vitro* koşullarda engellediği tespit edilmiştir. Başarılı antagonistlerin etki mekanizmaları IAA üretme, siderofor oluşturma ve fosfatı çözme yeteneklerine göre incelendiğinde, 18 adet antagonist bakterinin siderofor oluşturma yeteneğinin olduğu, tüm antagonist bakterilerin farklı düzeyde IAA üretme yeteneğinin olduğu ve hiçbir antagonist bakterinin

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

fosforu çözme yeteneğinin olmadığı tespit edilmiştir. Tüm bu etki mekanizmaları göz önünde bulundurularak, biyolojik tohum uygulamaları için 15 adet (NÇ-KK, NÇ-YKI, NÇ-YKR, DK-SARI OG 7-13, OG 7-7, OG 1-2, OG 8-8, YL 4-3, AY10-M2, AZ10-6-2, AD4-2, X77, HA9 ve HA3 kodlu izolatlar) antagonist bakteri seçilmiş ve iklim odası koşullarında tohum denemeleri kurulmuştur. Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının biyolojik mücadelesi için kurulan birinci tohum denemesinde hastalık %21-78 oranında baskılanırken, hastalık şiddetindeki azalış %31-78 aralığında olmuştur. Birinci denemede başarılı bulunan 5 antagonist bakteri ve bunların bir çiftinin kombinasyonu (NÇ-KK, AD 4-2, OG 1-2, OG 7-7, X-77 ve OG 7-7 ve OG 1-2'nin kombinasyonu) kurulan ikinci denemede ise tüm uygulamalar pozitif kontrolden farklı istatistiki grupta yer alarak yine başarılı uygulamalar olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır. Ayrıca antagonist bakterilerin tohum çimlenmesine herhangi bir olumsuz etkisinin de olmadığı tespit edilmiştir. Başarılı antagonistlerden, NÇ-KK kodlu izolat *Entereococcus casseliflavus*, AD 4-2 kodlu izolat *Bacillus mojavensis*, OG 1-2 kodlu izolat *Bacillus pumilus*, OG 7-7 kodlu izolat *Providencia rettgeri* ve X77 kodlu izolat *Bacillus amyloliquofasciens* olarak tanımlanmıştır.

Bitki hastalıklarıyla mücadele kapsamında kimyasal mücadeleye alternatif mücadele yöntemleri geliştirmek insan ve çevre sağlığı için oldukça büyük bir önem teşkil etmektedir. Kimyasal mücadele, kısa vadede kolay sonuç veren bir yöntem olarak görülse de uzun vadede zararları yararlarından çok daha fazladır. Kimyasalların ürünlerdeki kalıntı riski, patojenin bu kimyasallara direnç kazanması, toprak ve su kirliliğine sebep olması, uzun vadede sürdürülebilir olmaması, geniş spektrumlu kimyasalların hedef dışı canlılara olumsuz etkisi ve her şeyden önce insan sağlığına olan etkileri değerlendirildiğinde pek çok yan etki kullanımı sınırlandıran faktörler olarak sayılabilir. Yalnızca bu sebepler bile hem dünyada hem de ülkemizde, tarımda tek başına kimyasallarla yapılan mücadele yöntemlerinden uzaklaşıp daha sürdürülebilir, entegre ve doğaya dost mücadele yöntemlerinin arayışına sebep olmaktadır. Bu bağlamda antagonist bakteriler, faydalı funguslar ve dost mayalar biyolojik mücadelenin en büyük silahları olarak görülebilir. Bu mikroorganizmalar bitkileri hastalıklara karşı dirençli hale getirmenin

yanı sıra, biyolojik çeşitliliği koruyarak doğal dengeye katkı sağlamak, bitkilerin topraktan besin elementi alımını kolaylaştırmak ve bitkiyi tuzluluk, kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerinden korumak için de oldukça büyük önem arz etmektedir. Kabakgillerdeki bu bakteriyel hastalığın biyolojik mücadelesinde, antagonist bakteriler tohum uygulaması olarak kullanıldığında, oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak en son nokta bu antagonistlerin kitle üretimlerinin yapılarak fide ve tohum üreticilerinin kullanımına sunulmasıdır. Bu bağlamda antagonistlerin toplu üretimleri, üretici koşullarında (fideliklerde, serada ve açık alanda) etkilerinin belirlenmesi ve hedef dışı canlılara olan etkilerinin araştırılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca kabakgil üretim alanında bu başarılı antagonistlerin bakteriyel etmenlerden *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* ve fungal etmenlerden *Pseudoperonospora cubensis*'in mücadelesinde kullanım olanaklarının da araştırılması faydalı olacaktır. Bu araştırma, gelecekte yapılacak olan diğer çalışmalara basamak olması ve ışık tutabilecek olması nedeniyle oldukça önemlidir.

Teşekkür

Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine FYL-2023-15812 nolu projeye verdiği maddi desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aksoy, H. M. (2006). Occurrence of *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* [(Smith and Bryan) Young, Dye and Wilkie] at Bafra province greenhouses. *Plant Pathology Journal* 5(1): 80-82.
- Aktepe, B. P., Aysan, Y. (2023). Biological control of fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on apple. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4): 645-654.
- Aysan Yiğenoğlu, Y. (1999) Domates bakteriyel kara leke hastalığının (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) tanımlanması, ırklarının belirlenmesi ve kimyasal savaşıma alternatif yöntemlerin saptanması üzerinde araştırmalar, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 122 s.
- Aysan, Y., Cetinkaya-Yildiz, R., Mirik, M., Kusek, M., and Sahin, F. (2006) Bacterial soft rot disease on various hosts in Turkey. 12th Congress of Mediterranean

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

- Phytopathological Union, June 11-15, 2006, Rhodes Island, Greece. 127-129.
- Aysan, Y., Mirik, M., Ala, A., Sahin, F., and Cinar, O. (2003) First report of *Pseudomonas viridiflava* on melon in Turkey. *Plant Pathology* 52(6): 800.
- Bacon, C. W., Hinton, D. M. and Hinton Jr, A. 2005. Growth-inhibiting effects of concentrations of fusaric acid on the growth of *Bacillus mojavensis* and other biocontrol *Bacillus* species. *Journal Applied Microbiology*, 100(1): 185-94.
- Bashan, Y., Okon, Y., and Henis, Y. (1978) Infection studies of *Pseudomonas tomato*, causal agent of bacterial speck of tomato. *Phytoparasitica* 6: 135-143.
- Baysal, Ö., Soylu, E.M., and Soylu, S. (2003). Induction of defence related enzymes and resistance by the plant activator acibenzolar-s-methyl in tomato seedlings against bacterial canker caused by *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Plant Pathology*, 52: 747-753.
- Bozkurt, İ.A., Soylu, S., Kara, M., and Soylu, E.M. (2020). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils isolated from medicinal plants against gall forming plant pathogenic bacterial disease agents. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23: 1474-1482.
- Bozkurt, İ.A., ve Soylu S. (2019). Elma kök uru hastalığı etmeni *Rhizobium radiobacter*'e karşı epifit ve endofit bakteri izolatlarının antagonistik potansiyellerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16: 348-361.
- Channaiah, L. H., Subramanyam, B., McKinney, L. J., and Zurek, L., 2010. Stored-product insects carry antibiotic-resistant and potentially virulent enterococci. *FEMS Microbiology Ecology*, 74(2): 464-471.
- Chowdhury, S. P., Hartmann, A., Gao, X., and Borriss, R., 2015. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42—a review. *Frontiers in Microbiology*, 6.
- Demir, G. (1996) A new bacterial disease of watermelon in Türkiye: bacterial fruit blotch of watermelon (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Schaad et al.) Willems et al.). *Journal of Turkish Phytopathology* 25: 43-49.
- Dillon, M. M., Ruiz-Bedoya, T., Bundalovic-Torma, C., Guttman, K. M., Kwak, H., Middleton, M. A., Guttman, D. S., Wang, P. W., Horuz, S., Aysan, Y. (2021). Comparative genomic insights into the epidemiology and virulence of plant pathogenic pseudomonads from Turkey. *Microbial Genomics* 7(7), <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000585>
- Doksöz, F. S., and Bozkurt, I. A. (2022). Biological control of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* causing the olive knot disease with epiphytic and endophytic bacteria. *Journal of Plant Pathology* 104(1): 65-78.
- Duman, K., and Soylu, S. (2019). Characterization of plant growth-promoting traits and antagonistic potentials of endophytic bacteria from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Bitki Koruma Bülteni*, 59, 59-69.
- EPPO (2004). Outdoor Cucurbits. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 34: 101–108.
- Eski, A., Erdoğan, P., Demirbağ, Z., and Demir, İ., 2024. Isolation and identification of bacteria from the invasive pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and evaluation of their biocontrol potential. *International Microbiology*, 27(2): 631-643.
- Glick, B. R. (1995) The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 41(2): 109-117.
- Güldoğan, Ö., Aktepe, B. P., Aysan, Y. (2022). Domates bakteriyel benek hastalığının biyolojik mücadelesinde farklı *Bacillus* türlerinin kullanımı. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(4): 829-839.
- Horuz, S., and Aysan Y. (2023) Biocontrol of cucurbit bacterial diseases, In: *Microbial Biocontrol: Molecular Perspective in Plant Disease Management*, 49: 205-215. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Horuz, S., ve Aysan Y., (2018) *Curtobacterium*, *Microbacterium* ve *Pseudomonas* cinslerinden antagonistik bakteriler kullanılarak *Acidovorax citrulli*'nin neden olduğu karpuz fide yanıklığının biyolojik kontrolü. *Bitki Koruma Bilimi*, 54(3): 138-146.

Adana’da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

- Jiang, C. H., Wu, F., Yu, Z. Y., Xie, P., Ke, H. J., Li, H. W., and Guo, J. H. (2015) Study on screening and antagonistic mechanisms of *Bacillus amyloliquefaciens* 54 against bacterial fruit blotch (BFB) caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Microbiological Research* 170: 95-104.
- Jiang, H., Qi, P., Wang, T., Chi, X., Wang, M., Chen, M., Chen, N., and Pan, L., 2019. Role of halotolerant phosphate-solubilising bacteria on growth promotion of peanut (*Arachis hypogaea*) under saline soil. *Annals of Applied Biology*, 174(1): 20-30.
- Karaca, I., and Demir, G. (1988). Investigations on seed-borne bacterial pathogens in some plants. *Doğa, Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* 12(2): 120-131.
- Karman, M. (1971) Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. T. C Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, *Mesleki Kitaplar Serisi* İzmir, 279s.
- Keser, M., Yıldız, R. C., ve Aysan, Y., 2023. Adana ve Osmaniye illerinde yetiştirilen mısır bitkilerinde bakteriyel gövde çürüklüğü hastalığının saptanması ve biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(3): 667-682.
- Kumar, K., Amaresan, N., Jayakumar, V., and Thajuddin, N. (2012) Endophytic bacteria from tomato and chilli, their diversity and antagonistic potential against *Ralstonia solanacearum*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 45(3): 344-355.
- Lebeda, A., Widrechner, M., Widrechner, M. P., Staub, J., Ezura, H., Zalapa, J., and Kristkova, E. (2007) Cucurbits (Cucurbitaceae; *Cucumis* spp., *Cucurbita* spp., *Citrullus* spp.). In: Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement. Iowa State University. 272-344.
- Lelliott, R. A., and Stead, D. E (1987) Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 216s.
- Luo, L., Zhao, C., Wang, E., Raza, A., and Yin, C., 2022. *Bacillus amyloliquefaciens* as an excellent agent for biofertilizer and biocontrol in agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiological Research*, 259.
- Mengulluoglu, M., and Soylu S. (2012). Antibacterial activities of essential oils from several medicinal plants against the seed-borne bacterial disease agent *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Research on Crops*, 13: 641-646.
- Mercado-Blanco, J., and Lugtenberg, J. J. B., 2014. Biotechnological applications of bacterial endophytes. *Current Biotechnology*, 3(1): 60-75.
- Mitchell, R. E., (1992) Metabolites from *pseudomonas* that inhibit the growth of *Erwinia amylovora*. In: VI International Workshop on Fire Blight 338: (pp. 219-222).
- Mortensen, C. N., and Fatmi, M. (2017) Detection of *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in Cucumber Seeds. In: Detection of Plant-Pathogenic Bacteria in Seed and Other Planting Material, Second Edition. *The American Phytopathological Society* 189-193.
- Neher, O. T., Johnston, M. R., Zidack, N. K., and Jacobsen, B. J., 2009. Evaluation of *Bacillus mycooides* isolate BmJ and *B. mojavensis* isolate 203-7 for the control of anthracnose of cucurbits caused by *Glomerella cingulata* var. *orbiculare*. *Biological Control*, 48(2): 140-146.
- Ni, L., and Punja, Z. K., 2021. Management of powdery mildew on greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants using biological and chemical approaches. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(1): 35-42.
- Olur, Ü., 2020. Tuzlu ortamda gelişen bitkilerden izole edilen endofit bakterilerin hıyar bitkisinde köşeli yaprak leke hastalığı (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*), tuz stresi ve bitki gelişimine etkileri, Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 88s.
- Ozaktan, H., and Bora, T. (1994) Investigations on the comparison of in-vitro and in-vivo reaction tests for the determination of susceptibility of some cucurbits to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*. *Journal of Turkish Phytopathology* 23(3): 105-111.

Adana'da Ticari Fideliklerde Sorun Olan Kabakgil Bakteriyel Hastalık Etmenlerinin İzolasyonu ve Hıyar Köşeli Yaprak Leke Hastalığının Biyolojik Mücadelesi

- Ozdemir, Z. (2021) Identification of Enterobacteriaceae members and fluorescent pseudomonads associated with bacterial rind necrosis and rot of melon in Turkey. *European Journal of Plant Pathology* 160(4): 797-812.
- Paris, H. S. (2001) History of the cultivar-groups of *Cucurbita pepo*. *Horticultural Reviews-Westport Then New York*, 25: 71-170.
- Pavlovic, M., Konrad, R., Iwobi, A. N., Sing, A., Busch, U., and Huber, I. (2012) A dual approach employing MALDI-TOF MS and real-time PCR for fast species identification within the *Enterobacter cloacae* complex. *FEMS Microbiology Letters* 328(1): 46-53.
- Samson, R., Legendre, J. B., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W., Gardan, L., 2005. Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiacato* the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary*. 55(4): 1415-1427.
- Schwyn, B., and Neilands, J. B. (1987) Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Analytical Biochemistry* 160(1): 47-56.
- Sezonov, G., Joseleau-Petit, D., and d'Ari, R. (2007) *Escherichia coli* physiology in Luria-Bertani broth. *Journal of Bacteriology* 189(23): 8746-8749.
- Soylu, E. M., Soyly, S., Kara, M., ve Kurt, Ş. (2020) Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 23(1): 7-18.
- Soylu, S., Evrendilek, G.A., and Soyly, E.M. (2009). Chemical compositions and antibacterial activities of bitter fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *vulgare*) and dill (*Anethum graveolens* L.) essential oils against the growth of food-borne and seed-borne plant pathogenic bacteria. *Italian Journal of Food Science*, 21: 347-355.
- Soylu, S., Kara, M., Gümüş, Y., and Soyly, E.M. (2024). Isolation and identification of *Xanthomonas citri* subsp. *malvacearum*, cotton bacterial blight disease agent and determination of the antibacterial activity of various plant essential oils. *Harran Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 28: 180-191
- Şahin, B., Aydın, R., Soyly, S., Türkmen, M., Kara, M., Akkaya, A., Çetin, H., and Ayyıldız, E. (2022). The effect of *Thymus syriacus* plant extract on the main physical and antibacterial activities of ZnO nanoparticles synthesized by SILAR Method. *Inorganic Chemistry Communications*, 135: 109088.
- Tümen, B., Aktepe, B. P., Aysan, Y. (2022). Tohumaya uygulanan bakteriyel antagonistlerin biberde bakteriyel leke hastalığına etkisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 37(2): 211-220.
- Türküsay, H. (1998) Batı Anadolu'nun bazı illerinde Hıyar Köşeli Leke Hastalığının (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* ((Smith and Bryan) Young, Dye And Wilkie) oranı ve hıyar çeşitlerinin hastalığa reaksiyonları üzerinde araştırmalar. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir, 101s.
- Vilanova C, Baixeras J, Latorre A, Porcar M., 2016. The generalist inside the specialist: gut bacterial communities of two insect species feeding on toxic plants are dominated by *Enterococcus* sp. *Front Microbiol*, 7: 1005.
- Xu, Z., Chang, L., Xu, Z., and Chang, L. (2017) Cucurbitaceae. In: *Identification and Control of Common Weeds: Volume 3*, Springer, Singapur, 417-432.
- Yildiz, H. N., Altinok, H. H., Dikilitas, M., Günacti, H., and Ay, T. (2023). Suppression of tomato bacterial speck disease (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Okabe) Young, Dye, & Wilkie) via induced systemic resistance by *Pseudomonas* and *Bacillus* strains. *Botany*, 101(9), 391-399.



Research Article

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

Bekir Gökçen MAZI^{1*}, Yelda YILMAZ²

ABSTRACT

This study aimed to improve wheat chips' nutritional value by incorporating hazelnut flour and hazelnut skin. Chips were produced with wheat flour (control) and with partial substitution of wheat flour by hazelnut flour (HF) or hazelnut flour plus hazelnut skin (HFS) at 20, 30, and 40% concentrations, then baked at 180, 200, and 220 °C for various durations. The effects of HF/HFS addition on raw dough's physicochemical properties, as well as chips' moisture content, weight loss, color, texture, and sensory attributes, were studied. Adding HF/HFS increased protein, fat, ash, and mineral contents. Baking conditions and substitution levels significantly affected chips quality. Inclusion of HF/HFS resulted in higher weight loss during baking, a darker, more reddish-brown appearance, and lower fracture force and deformation at fracture values corresponding to a softer and more brittle structure. Significant correlations among instrumental and sensory properties were identified via Pearson's correlation and principal component analysis.

Keywords: Chips, Pearson's correlation, principal component analysis, textural analysis, sensory evaluation

Fındık Unu ve Zarı Eklenmiş Cipslerin Besinsel, Tekstürel, Renk ve Duyusal Özellikleri: Pişirme Koşulları ve İkame Seviyelerinin Etkileri

ÖZ

Bu çalışma, buğday cipslerinin besin değerini, fındık unu ve fındık zarı ekleyerek artırmayı amaçlamıştır. Cipsler, buğday unuyla (kontrol), buğday ununun kısmen fındık unuyla (HF) veya fındık unu ve fındık zarı karışımıyla (HFS), %20, %30 ve %40 konsantrasyonlarında kısmen ikame edilmesinin ardından, 180, 200 ve 220 °C'de farklı sürelerde pişirilmesi ile üretilmiştir. HF/HFS ilavesinin, çığ hamurların bazı fizikokimyasal özellikleri ile cipslerin nem içeriği, ağırlık kaybı, renk özellikleri, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri çalışılmıştır. HF/HFS ilavesi, protein, yağ, kül ve mineral içeriklerinde artış sağlamıştır. Pişirme koşulları ve ikame seviyesi cips kalitesini önemli derecede etkilemiştir. HF/HFS ilavesi, pişirme sırasında daha yüksek ağırlık kaybına, daha koyu ve kırmızımsı-kahverengi bir görünüme, ayrıca daha yumuşak ve daha gevrek bir yapıya karşılık gelen daha düşük kırılma kuvveti ve kırılma deformasyonu değerlerine yol açmıştır. Pearson korelasyonu ve temel bileşen analizi ile enstrümantal ve duyuşal özellikler arasında anlamlı ilişkiler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cips, Pearson korelasyon, temel bileşen analizi, tekstürel analiz, duyuşal değerlendirme

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-3478-6243, 0000-0002-8510-8226

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 07.10.2024

Kabul Tarihi: 20.10.2024

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

²Giresun Üniversitesi, Dereli Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü

*E-posta: bgmazi@odu.edu.tr

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

Introduction

Hazelnuts (*Corylus avellana* L.) are among the most consumed nuts worldwide. Hazelnuts are rich in essential nutrients and bioactive compounds, making them a highly valued food with potential health benefits (Brown et al., 2022). They are an excellent source of unsaturated fatty acids, proteins, dietary fiber, vitamins (especially vitamin E), minerals, and antioxidants like phenolic compounds (Karaosmanoglu, 2022). Türkiye is the largest producer of hazelnuts in the world, with a total production of approximately 765,000 tonnes in 2022 (FAOSTAT, 2022). Hazelnuts are typically enjoyed raw or roasted as snacks though this accounts for only a small portion of total hazelnut consumption. Globally, the majority of hazelnuts are processed, which enhances their shelf life and broadens their usage in various food industries. Hazelnut flour is one of the most important hazelnut products. It is obtained by finely grinding natural or roasted hazelnuts. Its use as a substitute for traditional flours has gained interest due to its high nutrient density, gluten-free nature, and its potential to improve the functional and sensory qualities of food. Hazelnut flour has been successfully incorporated into, cakes, cookies, bread to increase fiber, protein, and healthy fat content, making the resulting products more nutritious and satisfying (Dogruer et al., 2023; Tuna et al., 2023; Pycia and Ivanišová, 2020; Yazar, 2024).

Hazelnut processing generates several types of waste, primarily during the shelling, oil extraction, and roasting processes. Hazelnut skin, the brown skin surrounding the kernel, constitutes about 2.5% of the kernel's weight and becomes a by-product after roasting (Ceylan et al., 2022). Hazelnut skin gained attention due to its nutritional and functional properties. Hazelnut skins are particularly rich in dietary fiber, phenolic compounds, known for their antioxidant properties, vitamin E, oleic and linoleic acids (Ceylan et al., 2023; Zhao et al., 2023). Studies have shown that hazelnut skins contain 168 to 378 times more total phenolic compounds and approximately 69.8% more total dietary fiber compared to hazelnut kernel (Zhao et al., 2023). Incorporating hazelnut skins into food products

can boost their fiber content and enhance their antioxidant activity, contributing to better health outcomes. Some researchers investigated the potential use of hazelnut skin in different foods including yoghurt, ice cream, chicken burger, pork burger, chocolate spread (Ceylan et al., 2023; Ollani et al., 2024). Several researchers have explored the use of hazelnut flour in bakery products including cake (Yazar, 2024), crackers (Kömürçü, 2023), shortbread cookie (Costantini et al., 2023). While previous studies have explored the use of hazelnut skin in different food systems, limited research has been conducted on its application in wheat-based snacks like cookies and chips. Costantini et al. (2023), investigated adding hazelnut skin (5, 10%) to shortbread cookies as a partial butter replacement, analyzing fatty acid composition and conducting sensory evaluations. Their findings revealed the potential of hazelnut skin to enhance the nutritional value of cookies by increasing unsaturated fats, while maintaining acceptable sensory characteristics at a 5% addition level. Durakli Velioglu et al. (2017), assessed the color, total phenolic content, and sensory properties of bread, cookie, and cake samples made with hazelnut skin. Cookies with an 8% addition of hazelnut skin received the highest scores for color, aroma, and taste. These studies focus on sensory and nutritional aspects and do not include instrumental textural measurements. The texture of bakery products is often one of the most affected properties when by-products rich in fiber or oil are added to formulation (Gagneten et al., 2023). Instrumental textural measurements provide objective, repeatable, and quantifiable data and help speed up the product development process by reducing the time required for extensive sensory testing.

The baking process is a complex interplay of physical and chemical reactions that fundamentally transforms raw ingredients into a desirable final product, with these reactions significantly influencing overall quality (Cappelli et al., 2021). Key processes, such as the Maillard reaction and starch gelatinization, contribute to the development of flavor, texture,

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

and appearance (Cappelli et al., 2021). However, the efficacy of these reactions is heavily dependent on baking conditions, including temperature and time. Optimal management of these factors is crucial; poorly controlled conditions can lead to over- or under-baked goods, which not only compromise the quality of the product but also results in waste. Furthermore, inefficient baking practices can escalate energy consumption, negatively impacting both costs and environmental sustainability. By focusing on different formulations and baking conditions, this research could provide valuable insights into how hazelnut-derived ingredients can be effectively utilized to create healthier, more nutritious snack products.

The aim of this study was to investigate the effects of replacing wheat flour with hazelnut flour (HF) and hazelnut flour plus skin (HFS) at substitution levels of 20%, 30%, and 40%, as well as the effects of different baking conditions, including temperatures (180, 200 and 220 °C) and baking times (4, 5 and 6 min), on the moisture content, weight loss, texture, and color of the chips. Additionally, the physicochemical properties of the raw doughs were examined, and sensory analysis was conducted to evaluate the overall acceptability of the chips.

Materials and methods

Materials

Commercial wheat flour used for bread making was kindly provided by Ünsan Flour Factory (Ünye, Ordu, Türkiye). Hazelnut skin was generously supplied by Gürsoy A.Ş. (Perşembe, Ordu, Türkiye), and roasted hazelnut flour was obtained from Fiskobirlik Efit A.Ş. (Giresun, Ordu, Türkiye). Salt and sunflower oil in the formulation were purchased from local markets. All other chemicals used were of analytical grade. The water used for preparing dough mixtures and all solutions was deionized water.

Preparation of dough and baking procedure

Chips dough contained 100% of flour, 5% of sunflower oil, 2% of salt, and 35% of water on flour weight basis. While preparing the chips formulations, the percentages of water, oil, and hazelnut flour+ hazelnut skin substituted with wheat flour, respectively.

salt were kept constant, and the total flour content was adjusted based on the addition of hazelnut flour and hazelnut skin, as shown in Table 1. The chips dough was prepared using a kitchen-type dough mixer (5K45SS, KitchenAid, Michigan, USA). After weighing all the ingredients except water into the mixing bowl, they were mixed at speed 2 for 30 seconds. The water in the dough formulation was added gradually in three stages, and the mixing process was repeated three times. After all the water was added, the mixture was kneaded first at speed 2 for 120 seconds, followed by speed 4 for 90 seconds to obtain the chips dough. The prepared chips dough was wrapped with plastic wrap and left to rest in the dark for 30 min at room temperature to ensure proper hydration. The rested dough was rolled out progressively using a pasta machine (Atlas 150, Marcato, Italy). The dough, rolled out to a suitable thickness (1 mm), was cut using a cylindrical mold with a 4.5 cm diameter. To prevent puffing during baking, 50 small holes were made on the surface of the raw chips. The shaped doughs were baked in a home-type conventional oven (MF44EI, Arçelik, Türkiye) with adjustable temperature and baking time settings. The baking time and temperature were determined based on preliminary trials, and the raw chips were baked at three different temperatures (180, 200 and 220 °C) and for three different durations (4, 5 and 6 min). Nine chips were baked at a time in the oven, which was preheated to the specified temperature, and then, cooled at room temperature for 3 minutes on a paper towel.

Table 1. Chips formulations

Ingredients (%)	C*	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40
Wheat flour	100	80	70	60	80	70	60
Hazelnut flour	-	20	30	40	16	24	32
Hazelnut skin	-	-	-	-	4	6	8
Water	35	35	35	35	35	35	35
Oil	5	5	5	5	5	5	5
Salt	2	2	2	2	2	2	2

*C (control) denotes chips made from only wheat flour; HF20, HF30 and HF40 denote chips made from 20%, 30% and 40% of hazelnut flour substituted with wheat flour, respectively; HFS20, HFS30 and HFS40 denote chips made from 20%, 30% and 40% of

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

Protein, fat, ash and mineral content of doughs

Ash, fat, and protein content of samples were determined according to AOAC official methods 942.05, 991.36 and 955.04, respectively (AOAC, 2000). The protein content ($N \times 6.25$) was determined utilizing the Kjeldahl method based on the total nitrogen (N) content. The fat analysis was conducted using a Soxhlet apparatus (SER 148, Velp Scientifica, Italy) with n-hexane as the solvent. The ash content of the samples was determined through incineration in an ash furnace (2h at 600 °C). Pre-dried samples (for moisture determination) were utilized for the ash analysis. The analysis of K, Ca, Mg, and Na elements was performed using Inductively Coupled Plasma - Mass spectrometry (ICP-MS) (820-MS; Bruker, Germany) (Tokalioglu, 2012).

Moisture content of chips

The moisture content of chips samples was determined using a moisture analyzer equipped with a halogen lamp (MAC 50/1, Radwag, Radom, Poland) at 110°C. For this analysis, 1 g of chips sample cut into small pieces was utilized. The results were reported as the arithmetic mean of the moisture content data obtained from five chips (Kanar and Mazi, 2019).

Weight loss of chips

The percentage of weight loss was determined by calculating the difference between the initial weight of the chips and their weight after baking. The mass of the baked chips was measured following a one-hour cooling period at ambient temperature (Akyüz, 2016).

Textural analysis

The textural properties of the chips samples were determined one hour after baking, using a texture analyzer (TA-XT plus, Stable Micro System, England) while maintaining their original shape. The chips sample was horizontally centered on a 2-inch cylindrical platform, and the analysis was performed using a 1-inch (P/1S) spherical aluminum probe. The test parameters were as follows: pre-test speed: 3 mm/s, test speed: 1 mm/s, post-test speed: 10 mm/s, compression distance: 15 mm, and trigger type: automatic 0.05 N. The maximum force (N) at break was expressed as the fracture force (FF) value. Deformation distance (mm) was expressed as deformation at

fracture (DF) (Taşkırdı, 2011). The results were reported as the arithmetic mean of the textural data obtained from five chips.

Color analysis

The color measurements of the chips samples were conducted using L^* (lightness-darkness), a^* (redness-greenness), and b^* (yellowness-blueness) values with a PCE CSM1 color measurement device (Wrolstad and Smith, 2010). Prior to the color measurements, a white calibration plate was used to standardize the device. Color measurements were taken at five different points on both the upper and lower surfaces of four randomly selected samples.

Sensory analysis

The sensory properties of the samples were evaluated by a semi-trained panel consisting of 10 individuals. Panelists were selected from male and female candidates who do not smoke and do not have allergies to hazelnuts or other components. The panelists were asked to evaluate the surface color, hardness (the force necessary to bite the chips), crispness (the sharp sound when the chips is bitten), fracturability (how easily chips break when it is bitten) (Segnini et al., 1999), odor, and overall liking of the samples using a 9-point hedonic scale (9: Like extremely, 8: Like very much, 7: Like, 6: Like moderately, 5: Neither like nor dislike, 4: Dislike slightly, 3: Dislike, 2: Dislike very much, 1: Dislike extremely). The average scores given by the panelists for each sample were calculated and analyzed (Onoğur Altuğ and Elmacı, 2015). Sensory results which were used in Pearson's correlation and principal component analysis, were not shown.

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). Pearson's correlation coefficients were calculated between all instrumental and sensory data. A principal component analysis (PCA) of the measured properties of the chips was conducted for identification of the number of principal components that have a significant impact on

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

differentiating between the various chips samples and also for a clear visualization of the relationships among the samples.

Results and Discussion

Physico-chemical properties of the doughs

Dough formulations containing HF or HFS showed 4.0–13.1% higher protein, 8.9–17.8% higher ash, and 2.5–4.5 times higher fat content compared to the control (Table 2). The higher protein and fat contents in doughs containing HF/HFS were as expected, as hazelnut flour typically provides more protein and fat than wheat flour, thereby boosting the overall protein and fat levels in the dough formulations. The major commercial Turkish hazelnut varieties are reported to contain protein levels ranging from 18.3% to 22.1% and fat content between 57.4% and 62.9% (Ozdemir and Akinci, 2004). On the other hand, the protein and fat contents of flours from different wheat cultivars range from 9.0% to 12.3% and 2.6–3.5%, respectively (Punia et al., 2019). Hazelnut skins typically have a lower protein and fat contents compared to the kernels. According to Ceylan et al. (2023), the protein content of hazelnut skins ranges from 7.5% to 9.4% (wt%, db.), while the fat content ranges from 10.98% to 21.20% (wt%, db.). Overall, there was no statistically significant difference between the moisture, protein, and ash contents between HF and HFS-containing doughs; however, the fat content differed significantly. As the substitution levels increase, more hazelnut oil is incorporated into the dough, explaining the gradual fat increase. At comparable substitution levels, HF-containing doughs had higher fat content than HFS-containing ones. This is because the skin of the hazelnut (present in HFS) has less fat than the kernel itself.

HF or HFS-containing doughs had significantly higher mineral (K, Ca, Mg, Na) content compared to the control (Table 2). The largest difference was observed in K content, with HF or HFS doughs showing 2.5–4.1 times higher K levels, 1.6–2.3 times higher Ca, 1.8–2.8 times higher Mg, and 1.3–1.7 times higher Na compared to the control.

Wheat flour contains approximately 1400–3000 mg/kg of K, 200–400 mg/kg of Ca, 15.8–30.4 mg/kg of Mg (Ekinici and Ünal, 2002). Hazelnut kernels are known to contain higher amounts of these minerals, with concentrations of K ranging from 5516 to 6637 mg/kg, Ca from 2228 to 2665 mg/kg, Mg from 1588 to 1867 mg/kg, and Na from 379.5 to 508.5 mg/kg (Ozdemir and Akinci, 2004). Hazelnut skin is also a rich source of essential minerals, though its mineral content is lower compared to that of the hazelnut kernel (K:159 mg/kg; Ca:858 mg/kg; Mg:1140 mg/kg; Na: 605 mg/kg) (Ceylan et al., 2023). This accounts for the significant increases observed in HF and HFS containing-doughs compared to control. The overall trends suggest that the substitution of wheat flour with hazelnut flour (with or without skin) increased the nutritional profile of the dough.

The addition of HF or HFS led to a notable reduction in L* values (lightness) and an increase in a* (redness) with greater HF or HFS levels further decreasing L* (Table 2). Roasted hazelnut flour was used in this study. Roasting process causes a reduction in L* value and an increase in a* and b* values of hazelnut kernels. These changes in color parameters depend on the roasting conditions (Turan et al., 2015). In this study, the L*, a*, b* values of the hazelnut flour were measured as 72.3±0.6, 7.2±0.4, and 25.2±0.6, while the L*, a*, b* values of the wheat flour were measured as 95.8±0.1, -3.7±0.7, and 10.8±0.3, respectively. Consequently, doughs containing HF had a darker, more red, and more yellow color. HFS-containing doughs had lower lightness and yellowness values than control and HF-containing doughs. This was due to the natural brown color of hazelnut skin. Hazelnut skin had L*, a*, b* values of 29.1±0.9, 18.8±0.5, and 22.7±0.9, respectively. Brown color of hazelnut skin caused darker color and can overshadow the natural yellowness from other ingredients in the dough formulation. This can result in a lower b* value (indicating less yellowness) in the hazelnut skin-containing formulations.

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

Table 2. Physico-chemical properties of the doughs on dry weigh basis

Property(%)	C	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40
Moisture	29.2±1.5a'	25.7±1.2b	25.2±0.5b	23.3±1.3b	24.9±0.6b	25.2±1.4b	23.8±1.3b
Protein	12.0±0.5c	12.8±0.1abc	13.2±0.2ab	13.6±0.0a	12.5±0.2bc	12.7±0.0abc	12.9±0.2abc
Fat	7.1±0.4g	19.9±0.1e	26.0±0.4c	32.1±0.7a	17.7±0.0f	22.8±0.3d	27.8±0.5b
Ash	2.8±0.0b	3.1±0.1ab	3.2±0.1a	3.3±0.1a	3.1±0.1ab	3.2±0.1a	3.3±0.1a
Mineral (mg/100g)							
K	84.6±6.3c	217.0±23.0b	283.2±31.3ab	349.4±39.7a	210.2±21.5b	273.1±29.2ab	335.9±36.8a
Ca	13.0±3.4b	21.5±5.2a	25.7±6.1a	30.0±7.1a	21.0±5.1a	25.0±6.0a	29.0±6.9a
Mg	25.6±2.1d	48.4±1.6c	59.8±3.4abc	71.2±5.2a	47.1±1.4c	57.8±3.1bc	68.6±4.8ab
Na	7.8±0.1b	10.4±0.5ab	11.8±0.8a	13.1±1.0a	10.3±0.5ab	11.5±0.8a	12.8±1.0a
Color							
L*	73.9±0.6a	63.0±0.4b	61.7±1.4b	59.6±0.9c	41.3±0.3d	37.2±0.6e	30.7±0.4f
a*	3.5±0.2e	6.5±0.1d	6.9±0.1c	7.8±0.2ab	8.0±0.2a	7.6±0.2b	6.8±0.0cd
b*	15.7±0.3b	20.0±0.8a	20.5±0.3a	20.8±0.6a	8.5±0.2c	7.2±0.2d	4.5±0.2e

Values represent mean±standard deviation. 'Different small case letters in the same row indicates significant difference between doughs ($p \leq 0.05$).

Weight loss and moisture content

The moisture contents of raw doughs ranged from 23.84 to 29.19% (Table 2). Control dough had 11.9–20.3% lower moisture compared to HF/HFS-containing doughs. During baking, a substantial amount of moisture is lost, primarily due to the evaporation of water from the dough. This evaporation is a major factor contributing to the weight loss of samples during baking. Additionally release of other volatile compounds associated with Maillard reaction may occur, further reducing the mass (Canali et al., 2020). In this study, baking resulted in weight losses ranging from 13.8 to 30.9% (Table 3). Weight loss increased almost linearly with baking time and temperature ($R^2 \geq 0.78$). Final moisture contents of chips ranged from 0.97 to 18.96% (Table 4). Baking temperature and time had a significant influence on both weight loss and moisture content of all samples (Table 3,4). As expected, higher baking temperatures and extended baking times led to greater weight loss and, consequently, reduced moisture content in the final product. The decrease in moisture content with increasing baking time was almost linear, with $R^2 \geq 0.91$ at 180°C, $R^2 \geq 0.84$ at 200°C, and $R^2 \geq 0.79$ at 220°C.

Inclusion of HF or HFS in formulation led to greater weight loss compared to the control, although this increase was not statistically significant under all baking conditions. For example, at baking conditions of 200 °C or 220 °C for 6 min, the weight loss of the control was statistically similar to the other samples; however,

at 200 °C for 4 or 5 min, the control showed significantly lower weight loss. Accordingly, the HF and HFS chips generally had less moisture content than the control under the specified baking condition. However, an exception occurred at 220 °C for 6 min, where all chips exhibited similar moisture levels, ranging from 0.97% to 1.40% (Table 4). The water retention of dough is significantly influenced by its protein, fiber, and fat content (Gomez et al., 2008). Fats in hazelnut flour may interfere with water retention by altering the dough structure and reducing the water-binding capacity of the matrix (Arepally et al., 2020). Agyare et al. (2005), reported that the addition of shortening to soft wheat flour dough caused a significant reduction in dough resistance to deformation, dough extensibility, and baking strength, indicating a less developed gluten network. Moreover, hazelnut flour contains high amount of non-gluten proteins. Gluten can form a network capable of trapping water and gases, which helps in moisture retention. The incorporation of non-gluten proteins weakens wheat dough, as observed by Roccia et al. (2009) and Ribotta et al. (2006). This weakening is attributed to the competition between non-gluten proteins and gluten for water molecules, which disrupts the gluten network formation. The higher fat content and absence of gluten and in hazelnut flour could lead to a weaker structure, leading to increased evaporation of water and higher weight loss during baking. On the other hand, at high temperatures and longer baking times, all samples, regardless of composition, lose most of their

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

moisture, making any additional effects from HF or HFS minimal.

Table 3. Weight loss (%) of chips

T(°C)	t(min)	C	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40
180	4	13.86±1.88c*	16.90±1.34bc	19.10±1.72ab	22.79±1.76a	17.91±0.74bc	20.41±0.87ab	23.73±0.26a
	5	19.37±1.98c	19.99±1.55bc	24.57±0.02ab	25.50±1.68a	25.04±0.61a	25.11±1.80a	25.66±0.66a
	6	23.34±1.55b	26.38±1.44ab	27.52±0.81a	28.15±0.50a	27.06±1.07a	27.95±1.09a	28.47±0.63a
200	4	14.73±0.68c	20.11±1.78b	23.72±0.80ab	25.99±0.92a	22.88±0.56ab	26.50±0.84a	24.58±1.28a
	5	22.64±1.53b	27.38±1.08a	28.19±1.01a	27.28±1.07a	27.35±0.82a	27.71±0.99a	27.11±0.48a
	6	28.85±0.14a	29.14±0.51a	30.09±0.64a	28.85±0.73a	29.93±0.45a	29.73±0.39a	28.94±0.88a
220	4	20.93±1.41b	26.79±1.83a	24.09±0.75ab	27.26±1.01a	25.54±1.48a	28.04±0.70a	24.93±0.67ab
	5	27.33±1.38b	28.31±0.35a	29.53±0.76ab	28.27±0.54ab	29.99±0.38ab	29.43±0.59ab	29.07±1.19ab
	6	29.85±1.04a	30.48±0.59a	30.80±0.70a	29.93±0.44a	30.20±0.13a	30.90±0.48a	30.68±0.98a
Source		<i>p</i> -value (R ² =0.96)	<i>p</i> -value (R ² =0.95)	<i>p</i> -value (R ² =0.96)	<i>p</i> -value (R ² =0.85)	<i>p</i> -value (R ² =0.97)	<i>p</i> -value (R ² =0.93)	<i>p</i> -value (R ² =0.92)
T		0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
t		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T x t		0.068	0.001	0.432	0.376	0.011	0.014	0.315

*Different small case letters in the same row indicates significant difference between chips ($p \leq 0.05$). ** $p \leq 0.05$ denotes significant effect of main factors. T: Temperature; t: time.

Table 4. Moisture contents (%) of chips

T(°C)	t(min)	C	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40
180	4	18.96±1.25a*	13.55±0.35b	10.41±0.31c	7.20±0.22d	13.73±0.37b	10.81±0.38c	7.01±0.39d
	5	12.56±0.19a	11.18±0.29b	7.04±0.17c	4.55±0.16e	5.70±0.28d	5.96±0.13d	4.29±0.13e
	6	8.70±0.26a	5.05±0.20b	3.76±0.09c	1.33±0.06g	3.35±0.06d	2.92±0.13e	1.72±0.17f
200	4	15.35±0.76a	11.32±0.32b	8.03±0.22d	3.56±0.11f	9.78±0.39c	5.49±0.14e	5.08±0.02e
	5	10.30±0.15a	4.57±0.04b	3.20±0.08c	1.70±0.00e	3.40±0.10c	2.64±0.20d	1.77±0.10e
	6	4.45±0.11a	2.77±0.13b	1.57±0.12c	1.00±0.10e	1.50±0.10c	1.17±0.09de	1.33±0.06cd
220	4	9.80±0.36a	4.64±0.26c	6.06±0.36b	1.59±0.20e	4.96±0.23c	3.36±0.06d	5.24±0.06c
	5	3.69±0.00a	2.87±0.13b	2.04±0.05c	1.13±0.06f	1.90±0.00cd	1.72±0.09d	1.32±0.05e
	6	1.15±0.17ab	1.40±0.10a	0.97±0.05b	1.00±0.28ab	1.03±0.11ab	1.00±0.08b	1.07±0.15ab
Source		<i>p</i> -value (R ² =0.99)	<i>p</i> -value (R ² =0.99)	<i>p</i> -value (R ² =0.99)	<i>p</i> -value (R ² =0.99)	<i>p</i> -value (R ² =0.99)	<i>p</i> -value (R ² =0.99)	<i>p</i> -value (R ² =0.99)
T		0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
t		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T x t		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*Different small case letters in the same row indicates significant difference between chips ($p \leq 0.05$). ** $p \leq 0.05$ denotes significant effect of main factors. T: Temperature; t: time.

Except for 220 °C/ 6 min baking condition, among the HF-containing chips, higher HF substitution levels corresponded to lower moisture content. This finding aligns with the results of Dogruer et al. (2023) who reported that higher amounts of raw hazelnut flour with skin caused lower moisture content in cookies. They attributed this to the high oil content of hazelnut flour. For the HFS-containing chips, while an overall decrease in moisture content was observed with increasing HFS levels at both 180 °C and 200 °C, the differences were not statistically significant in all cases. At equivalent substitution levels, differences between the moisture contents of HF

and HFS-containing chips varied depending on the baking conditions. Specifically, when baked at 180 °C for 4 min or 220 °C for 6 min, chips with equal amounts of HF and HFS exhibited similar moisture contents. Under all other baking conditions, the general trend was observed as HF20>HFS20, HF30>HFS30, and HF40≤HFS40. This difference was caused by the hazelnut skin present in HFS-containing doughs. Hazelnut skin contains approximately 54-70% dietary fiber, predominantly insoluble (Ceylan et al., 2023). It has been reported that the addition of fibers to wheat flour significantly impacts the rheological properties of dough (Wang et al., 2002).

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

Fracture Force (FF)

The fracture force (FF) values of the chips are presented in Table 5. FF is related to the material resistance to penetration. A higher FF value indicates higher resistance to fracture. Except for the HFS40 chips, baking time significantly influenced the FF values. The effect of time was particularly pronounced at 180 °C. Baking temperature was also found to be an important factor affecting FF of the chips. Overall, FF values tended to increase with increasing temperature and time due to moisture loss. The effect of temperature was less pronounced in chips baked for 6 min compared to those baked for 4 min. As the chips are baked at higher temperatures for longer periods, they lose more moisture, leading to a firmer texture. The less pronounced effect of temperature at longer baking times suggests that after a certain point, the chips may reach a texture limit where further heat does not significantly increase FF value.

Among all samples, the control chips baked at 180 °C for 4 min had the lowest FF value (0.99 N) while those baked at 220 °C for 6 min had the highest FF value (28.81 N). When extending baking time from 4 to 6 min or increasing the temperature from 180 °C to 220 °C, the most substantial increase in FF was observed in the control chips. That is why it was difficult to draw clear conclusions when comparing the FF of the control chips with those containing HF or HFS. For example, under baking conditions of 180°C for 4/5 min or 200 °C for 4/5 min, control chips had similar or lower FF values compared to HF or HFS-containing ones while under baking conditions of 200/ 220 °C for 6 min, control chips had significantly higher FF values compared to HF or HFS-containing ones. Hazelnut flour and hazelnut skin contain greater amounts of components including fat and fiber, and the presence of these components influence the texture. Many authors stated that higher amount of proteins and fibers cause higher hardness in cookies (Artz et al., 1990; Larrea et al., 2005; Zouari et al., 2016). On the other hand, fat coats the flour, inhibits gluten development, which leads to a more tender and crumbly texture (Arepally et al., 2020). While hazelnut flour/hazelnut skin contain substantial amounts of proteins/fibers that

absorb moisture and lead to chips hardening, their high fat content simultaneously contributes to softening, counterbalancing the hardness effect. With the exception of certain conditions (180 °C for 4/5 min and 200 °C for 4 min), the FF values decreased with increasing amount of HF or HFS. This shows that the chips with higher content of HF or HFS had a more fragile structure. This result is in accordance with the results of Dogruer et al. (2023) who found that increasing amount of raw hazelnut flour with skin in cookie formulation provided a lowering effect in hardness value. The general decrease in FF with higher proportions of HF or HFS could be due to the fat content of hazelnut flour/hazelnut skin, which tends to soften the structure of the chips (Arepally et al., 2020). Fat acts as a tenderizing agent, reducing the rigidity of the chips. This effect might be less noticeable in samples baked for shorter times or at lower temperatures but becomes more apparent under extended baking conditions. There were no statistically significant differences in FF for chips with similar amounts of HF and HFS, except for chips baked at 180 °C for 4 and 5 min. This suggests that the presence of the hazelnut skin did not drastically alter the hardness of the chips. The skin's impact on FF may be minor compared to the overall fat composition of the hazelnut flour, which primarily influences the texture.

Deformation at fracture (DF)

The deformation at fracture (DF) values of chips ranged from 0.75 mm to 8.54 mm (Table 6). DF indicates the sample deformation before rupture. A lower DF value corresponds to a more brittle or fragile structure. Both baking time and temperature significantly impacted the DF of the chips, with DF decreasing as baking time and temperature increased. This is as expected since as the chips bake longer or at higher temperatures, they become drier and more brittle, reducing their ability to deform before fracturing. The influence of baking time on DF was more noticeable at 180°C compared to other temperatures, except for the HFS40 sample. Specifically, DF decreased by 35.6–86.9% at 180 °C and by 18.0–46.2% at 220 °C when baking time was extended from 4 to 6 min. This suggests that at lower temperatures, the structure of the chips is more sensitive to extended baking times. Increasing the temperature from 180

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

°C to 220 °C had a less pronounced effect on DF when baking time was set at 6 min. Some chips exhibited notably higher DF values than others. These included the control samples baked at 180 °C for 4/5 min and at 200 °C for 4 min (8.10–8.54 mm), as well as the HF20 (8.46 mm), HF30 (8.15 mm), HFS20 (7.66 mm), and HFS30 (5.72 mm)

samples baked at 180 °C for 4 min, and the HF20 sample baked at 180 °C for 5 min (7.54 mm). This suggest that these chips retained more moisture under given baking conditions, allowing for greater flexibility before breaking. DF values for the other chips ranged from 0.75 mm to 3.33 mm.

Table 5. Fracture force (N) values of chips

T(°C)	t(min)	C	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40
180	4	0.99±0.18c*	5.85±0.71a	3.80±0.85b	4.40±0.74ab	5.78±0.85ab	5.81±1.35a	5.88±1.52a
	5	6.20±1.01d	5.97±0.67d	8.60±0.67c	6.13±0.47d	16.20±3.09a	12.72±0.41b	7.58±1.05cd
	6	16.85±1.72ab	18.51±2.47a	10.29±0.46cd	6.91±1.69d	18.73±1.93a	13.230±0.98bc	7.73±0.64d
200	4	3.26±1.00d	6.70±1.00c	10.83±2.57ab	6.78±1.32c	9.42±1.49bc	13.78±1.78a	9.18±0.90bc
	5	11.02±2.37bc	19.72±3.27a	11.73±1.96b	6.84±1.14c	19.05±2.77a	12.57±0.19b	8.88±0.75bc
	6	25.33±2.34a	18.78±0.70b	12.06±2.05cd	8.86±2.36d	19.25±3.89b	14.51±1.20bc	9.27±1.00d
220	4	14.90±1.76ab	18.53±3.80a	11.17±2.47bc	8.43±2.14c	16.61±2.09a	11.36±1.26bc	8.56±0.96c
	5	27.99±0.93a	20.77±2.16b	12.53±1.14cd	9.60±1.17d	19.77±2.52b	15.99±2.02c	9.40±0.39d
	6	28.81±2.69a	21.16±3.31b	12.99±2.63de	9.98±1.47ef	21.05±1.37bc	16.04±1.40cd	7.13±0.80f
Source		<i>p-value</i> (R ² =0.98)	<i>p-value</i> (R ² =0.93)	<i>p-value</i> (R ² =0.76)	<i>p-value</i> (R ² =0.63)	<i>p-value</i> (R ² =0.86)	<i>p-value</i> (R ² =0.91)	<i>p-value</i> (R ² =0.63)
T		0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
t		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.160
T x t		0.000	0.000	0.032	0.629	0.003	0.000	0.006

*Different small case letters in the same row indicates significant difference between chips ($p \leq 0.05$). ** $p \leq 0.05$ denotes significant effect of main factors. T: Temperature; t: time.

Table 6. The values of deformation at fracture (DF)

T(°C)	t(min)	C	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40
180	4	8.54±0.43a*	8.46±1.20a	8.15±1.16a	1.94±0.22b	7.66±3.33a	5.72±3.32a	1.63±0.14b
	5	8.10±0.38a	7.54±1.24a	1.37±0.10 b	1.56±0.28b	1.19±0.22b	1.33±0.18b	1.22±0.16b
	6	1.60±0.47a	1.41±0.22ab	1.27±0.18ab	0.93±0.21b	1.00±0.29b	1.01±0.19b	1.05±0.18b
200	4	8.51±0.72a	2.16±0.40b	1.40±0.21b	1.24±0.05b	3.33±2.86b	1.36±0.32b	1.29±0.04b
	5	1.99±0.73a	1.28±0.08b	1.03±0.28b	1.09±0.05b	0.96±0.05b	1.05±0.19b	1.02±0.07b
	6	1.22±0.16a	1.19±0.27ab	0.81±0.11c	0.90±0.03bc	0.95±0.09abc	0.82±0.12c	0.95±0.11abc
220	4	1.44±0.08a	1.32±0.20ab	1.48±0.23a	0.97±0.14c	1.20±0.08abc	1.08±0.13bc	1.33±0.06ab
	5	1.28±0.19a	1.21±0.14ab	0.91±0.15c	0.80±0.07c	0.90±0.17c	0.98±0.18bc	0.85±0.09c
	6	1.12±0.26a	1.08±0.33ab	0.80±0.09ab	0.75±0.09b	0.92±0.09ab	0.89±0.11ab	0.80±0.14ab
Source		<i>p-value</i> (R ² =0.98)	<i>p-value</i> (R ² =0.96)	<i>p-value</i> (R ² =0.97)	<i>p-value</i> (R ² =0.88)	<i>p-value</i> (R ² =0.72)	<i>p-value</i> (R ² =0.65)	<i>p-value</i> (R ² =0.85)
T		0.000**	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000
t		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
T x t		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.204

*Different small case letters in the same row indicates significant difference between chips ($p \leq 0.05$). ** $p \leq 0.05$ denotes significant effect of main factors. T: Temperature; t: time.

In general, the control samples had similar or higher DF values compared to the HF and HFS-containing chips. The presence of HF and HFS likely alters the structural matrix, prevent gluten formation, making the chips less elastic and more prone to fracture at lower deformations. A decreasing trend in DF was observed as substitution levels increased in HF-containing

chips, but this trend was not valid in the HFS-containing chips. The substitution level did not influence the DF of HFS-containing chips. The highest DF value was recorded in the control chips baked at 180 °C for 4 min (8.54 mm), while the lowest DF value was found in the HF40 chips baked at 220 °C for 6 min (0.75 mm)

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

Color

Surface color is an important quality feature in bakery products. The development of color in bakery products during baking is commonly referred to as browning, which occurs because of non-enzymatic chemical reactions (Maillard reaction and caramelization). Lightness (L^*) is frequently used to describe changes in color during the baking process (Purlis, 2010). As baking progresses, the L^* value typically decreases, indicating that the product is becoming darker. Control chips had L^* values ranging from 67.9 to 78.5 (Table 7). HF20 chips baked at 180 °C and 200 °C exhibited L^* values similar to the control. However, all other chips had significantly lower L^* values compared to the control at the given baking conditions. It is thought that this is primarily caused by the darker color of doughs containing hazelnut flour and hazelnut skin compared to control dough (Table 2). Additionally, the Maillard reactions that occur during the baking process also play an important role in color formation. The Maillard reaction is a chemical process that occurs when proteins (amino acids) react with reducing sugars under heat, leading to the browning of the food. This reaction is responsible for developing the characteristic brown color, flavor, and aroma in baked goods. High protein content of hazelnut flour may enhance the Maillard reaction, leading

to a deeper browning. As the substitution level increased, HF or HFS contributed more to the overall darkness of the chips. Under a specified baking condition, HFS-containing chips showed lower L^* values than HF-containing ones. This was more pronounced at 20% and 30% substitution levels. The darker color of HFS-containing chips was attributed to the presence of hazelnut skin in the formulation. With a few exceptions, it was observed that the L^* values decreased with increasing temperature and time. As stated before, Maillard reactions result in darker color in baked products. The degree of heat severity plays a critical role in controlling the extent of the browning reactions (Charissou et al., 2007). At higher baking times and temperatures, the Maillard reaction accelerates, leading to more intense browning.

Control chips showed generally lower a^* values (2.9-10.6) than those containing HF (4.5-15.3) or HFS (7.1-10.7) (Table 7). This may be attributed to the higher protein content in HF or HFS-containing doughs which may intensify the Maillard reactions resulting in browning and increase in redness. In general, increasing baking time and temperature raised the a^* values, with the highest values observed in chips baked at 200 °C and 220 °C for 6 min. It is widely known that higher temperature and time of heating allows

Table 7. The L^* , a^* , b^* color parameters of chips

T(°C)	t(m@n) C	HF20	HF30	HF40	HFS20	HFS30	HFS40	
<i>L* values</i>								
180	4	72.58±2.28a'	74.26±0.72a	65.46±3.10b	61.99±1.45b	47.33±2.61c	43.12±0.89cd	39.63±0.98d
	5	72.47±0.27a	73.95±1.39a	66.22±3.66b	63.97±1.10b	48.45±1.62c	42.01±0.54d	37.64±1.93e
	6	69.45±2.42a	70.34±1.25a	62.92±1.15b	35.90±0.48e	48.47±1.51c	41.26±1.05d	36.94±1.42e
200	4	70.68±0.27ab	71.60±0.65a	67.30±3.01b	62.82±0.88c	49.35±0.15d	41.39±1.41e	37.15±1.80f
	5	70.61±1.63a	70.55±0.99a	63.46±1.47b	51.93±2.38c	49.18±0.70c	41.39±0.55d	39.09±1.31d
	6	67.96±1.82a	69.18±1.54a	55.74±1.66b	35.44±1.04d	40.66±1.21c	35.20±2.29d	32.27±1.76d
220	4	78.50±1.95a	71.03±0.84b	68.39±1.59b	38.91±4.03d	49.11±0.87c	42.22±1.29d	39.09±1.78d
	5	76.64±1.86a	68.90±1.33b	62.37±3.72c	33.32±3.62f	46.56±1.16d	41.29±1.29e	32.94±0.44f
	6	67.87±0.67a	53.80±2.55b	44.35±2.18c	33.21±1.95de	38.79±2.45cd	27.57±1.22ef	27.16±1.84f
<i>a* values</i>								
180	4	3.29±0.10d	4.55±0.08c	5.64±0.10b	7.32±0.14a	7.26±0.09a	7.49±0.15a	7.34±0.14a
	5	3.75±0.09e	4.50±0.22d	5.76±0.12c	7.46±0.07a	7.08±0.24b	7.40±0.08ab	7.07±0.15b
	6	4.11±0.17c	5.29±0.25c	6.85±1.01b	13.38±0.93a	7.35±0.24b	7.36±0.37b	7.59±0.61b
200	4	3.98±0.16d	5.28±0.15c	5.56±0.28c	7.87±0.59a	7.21±0.33ab	7.09±0.19b	6.90±0.12b
	5	3.83±0.08d	5.55±0.15c	7.07±0.73b	13.89±0.33a	7.21±0.31b	7.67±0.57b	7.60±0.31b
	6	7.50±0.78de	6.52±0.55e	12.39±0.11b	14.43±0.79a	9.03±1.26cd	9.60±0.50c	9.19±0.21c
220	4	2.86±0.15d	5.60±0.19c	5.44±0.11c	13.11±1.27a	6.96±0.10b	7.35±0.29b	7.14±0.17b
	5	3.67±0.65d	6.67±1.03c	10.07±0.52b	14.27±0.85a	8.54±0.70b	8.07±0.64bc	8.53±0.57b

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

	6	10.59±0.64c	12.88±0.65b	15.27±0.21a	14.69±0.30a	10.67±0.69c	8.33±0.50d	7.95±0.06d
<i>b* values</i>								
180	4	12.38±0.27d	16.05±0.06c	18.08±0.42b	19.51±0.37a	10.06±0.40e	9.76±0.41ef	9.05±0.29f
	5	14.24±0.25d	16.50±0.35c	18.51±0.62b	20.49±0.40a	10.99±0.24e	10.27±0.23e	8.66±0.42f
	6	15.13±0.15b	17.98±0.58a	19.58±0.78a	19.57±1.28a	12.11±0.58c	10.81±0.25c	10.46±1.06c
200	4	14.41±0.41c	17.57±0.20b	18.21±0.36b	20.94±0.77a	10.84±0.46d	9.60±0.30e	8.58±0.57e
	5	13.92±0.69d	18.28±0.50c	20.75±1.09ba	22.88±0.73a	12.20±0.51e	11.51±0.97e	11.01±0.51e
	6	21.41±0.92b	20.41±0.82b	24.89±1.62a	21.73±1.05b	14.65±0.18c	14.17±0.95c	11.77±0.88d
220	4	13.41±0.50c	18.68±0.14b	17.98±0.12b	22.26±1.46a	11.24±0.19d	9.82±0.08e	8.93±0.41e
	5	14.88±0.29c	20.11±1.44b	24.31±0.36a	13.84±0.59cd	14.57±0.48cd	12.47±0.47de	11.55±0.64e
	6	26.78±1.75a	26.06±0.48a	25.14±0.70a	14.83±0.99b	16.67±0.80b	9.50±0.89c	8.65±0.07c

*Different small case letters in the same row indicates significant difference between chips ($p \leq 0.05$). T: Temperature; t: time.

higher rate of Maillard reactions. a^* values increased with HF content, but this trend did not apply to HFS-containing chips, where the a^* values remained unaffected by the amount of HFS. For HFS-containing chips, the lack of noticeable differences in redness could be due to the dominant color of hazelnut skin masking variations. Except for chips baked at 200 °C and 220 °C for 6 min, HF20 and HF30 chips had similar or lower a^* values than their HFS counterparts, but HF40 chips had higher a^* values than HFS40, with HF40 chips showing the highest a^* values overall. At a specified baking condition, control chips had lower b^* values (12.4-26.8) than HF-containing chips (13.8-26.1) except for the HF-containing chips baked at 220 °C for 6 min (Table 7). These chips had similar or lower b^* values than the control. Control chips had higher values than HFS-containing ones (8.6-16.7). As stated before, dark brown color of hazelnut skin can overshadow the yellowness parameter indicating less yellowness. At equivalent substitution levels, chips containing HF showed higher b^* values than chips containing HFS. Regarding the impact of substitution level, it was found that b^* values in HFS-containing chips declined as substitution level increased. In several samples, the reduction was not determined to be statistically significant. On the other hand, there was no discernible pattern in the HF-containing chips. An increase in baking time from 4 to 6 min generally raised the b^* values, except for HF40, HFS30, and HFS40 chips baked at 220 °C. Likewise, increasing the baking temperature from 180 °C to 220 °C increased b^* values, except for some HF40, HFS30, and HFS40 chips.

Overall, the results highlighted that baking conditions, substitution levels, and the presence of

the hazelnut skin are crucial in determining the final appearance of the chips. Inclusion of hazelnut skin in the formulation can significantly impact the color of the final product, with the skin leading to darker, less yellow chips compared to those containing only hazelnut flour. In the sensory analysis regarding surface color, the samples that received the highest preference from panelists were those among the HFS-containing chips. This means that the brownish color of hazelnut skin may be advantageous during their incorporation into certain foods like chips.

Correlation analysis and principal component analysis (PCA) of the sensory and instrumental attributes

Pearson correlation coefficients of the measured instrumental and sensory attributes were presented in Table 8. The moisture contents of chips were positively correlated with the L^* and DF values, while negatively correlated with a^* , b^* , and FF values. A significant positive correlation was found between the sensory texture parameters of hardness, crispness, and fracturability. Sensory texture parameters showed strong negative correlation with MC, L^* and DF values and positive correlation with a^* and FF values. It means that chips with high FF values and low DF values have higher textural preference. Similarly, there was a strong negative correlation between overall liking and DF of chips. The color preference had a negative correlation with the a^* parameter. However, no correlation was found between the overall liking and color properties (instrumental or sensory) of chips.

The results of principle component analysis (PCA) were presented in Table 9. The first two principal

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

components explained 64.5% of the variation. The first principal component (PC1) (with eigenvalue of 5.56) explained 46.3% of total variability, and the second principal component (PC2) (with eigenvalue of 2.18) explained 18.1%. PCA loadings, the correlation or contribution of each original variable to the PCs, above 0.3 was deemed important in this PCA analysis. Based on this, PC1 was strongly correlated with six of the original variables. PC1 increased with increasing hardness (0.389), crispness (0.389), fracturability (0.392), a* value (0.306) and decreased with moisture content (-0.397) and DF (-0.338). The PC2 correlates negatively with sensory parameters of color (-0.426), odor (-0.560), overall liking (-0.440) and instrumental L* parameter (-0.353). Among color parameters, the b* parameter on the PC1 and PC2 was the least prominent in explaining the variability. PC1 versus PC2 biplot of 49 of chips were given in Figure 1. Variables plotted close to the axes had lower contributions.

Overall liking and DF located opposite to each other on the biplot showing negative correlation.

Table 9. Results of PCA on the instrumental and sensory attributes of 49 chips showing the loadings and percentage variance accounted for by the first five components

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
MC	-0.397	-0.004	0.053	-0.125	-0.241
L*	-0.231	-0.353	0.486	0.126	-0.133
a*	0.306	0.269	0.130	-0.275	0.474
b*	0.106	-0.168	0.688	-0.161	0.370
FF	0.191	-0.206	0.193	0.730	-0.120
DF	-0.338	0.133	0.128	-0.257	-0.282
Color	-0.081	-0.426	-0.424	0.169	0.479
Hardness	0.389	0.093	-0.022	0.015	-0.259
Crispness	0.389	0.111	-0.033	0.027	-0.294
Fracturability	0.392	-0.071	0.107	-0.138	-0.205
Odor	0.067	-0.560	-0.136	-0.385	-0.137
Overall liking	0.255	-0.440	-0.073	-0.266	-0.157
Variance (%)	46.3	18.1	13.0	8.9	5.8

MC: Moisture content; FF: Fracture force; DF: Deformation at fracture

Table 8. Pearson correlation coefficients between characterizing parameters of chips.

	MC	L*	a*	b*	FF	DF	Color	Hardness	Crispness	FR	Odor
Instrumental Parameters											
L*	0.555**										
a*	-0.678**	-0.602**									
b*	-0.219	0.457**	0.377**								
FF	-0.461**	0.130	0.043	0.227							
DF	0.845**	0.394**	-0.440**	-0.125	-0.493**						
Sensory parameters											
Color	0.066	0.103	-0.353**	-0.231	0.067	-0.102					
Hardness	-0.810**	-0.546**	0.614**	0.124	0.378**	-0.626**	-0.277				
Crispness	-0.811**	-0.566**	0.610**	0.089	0.382**	-0.630**	-0.305	0.923**			
FR	-0.798**	-0.356**	0.621**	0.334**	0.381**	-0.646**	-0.247	0.852**	0.864**		
Odor	-0.102	0.190	-0.165	0.122	0.013	-0.208	0.418**	0.035	0.030	0.269*	
Overall liking	-0.476**	-0.085	0.209	0.232	0.276*	-0.495**	0.237	0.477**	0.445**	0.655**	0.697**

Significance level: *p≤0.05; **p≤0.01. MC: Moisture content; FF: Fracture force DF: Deformation at fracture; FR: Fracturability

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

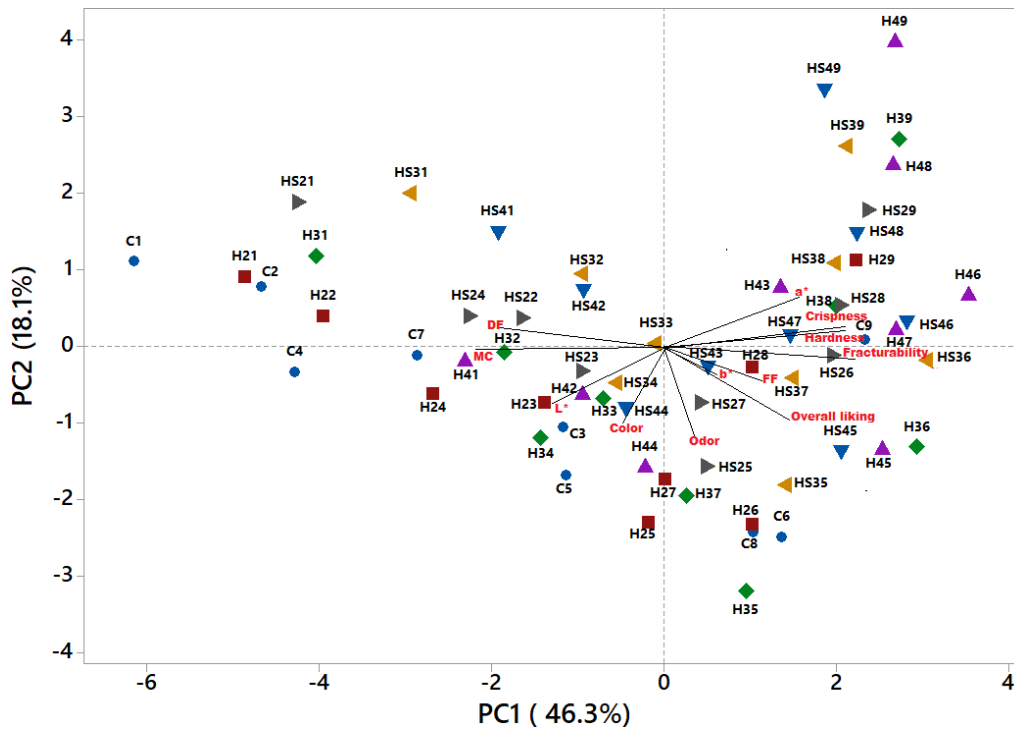


Figure 1. Biplot for first two components. In the notations, C, H, and HS stands for control samples, samples containing hazelnut flour and samples containing hazelnut flour and skin, respectively. The first number in the notations represents the ratio of H or HS in the formulation (2: 20%, 3: 30%, and 4: 40%), and the second number represents the baking conditions (1: 180°C/4 min, 2: 180°C/5 min, 3: 180°C/6 min, 4: 200°C/4 min, 5: 200°C/5 min, 6: 200°C/6 min, 7: 220°C/4 min, 8: 220°C/5 min, 9: 220°C/6 min).

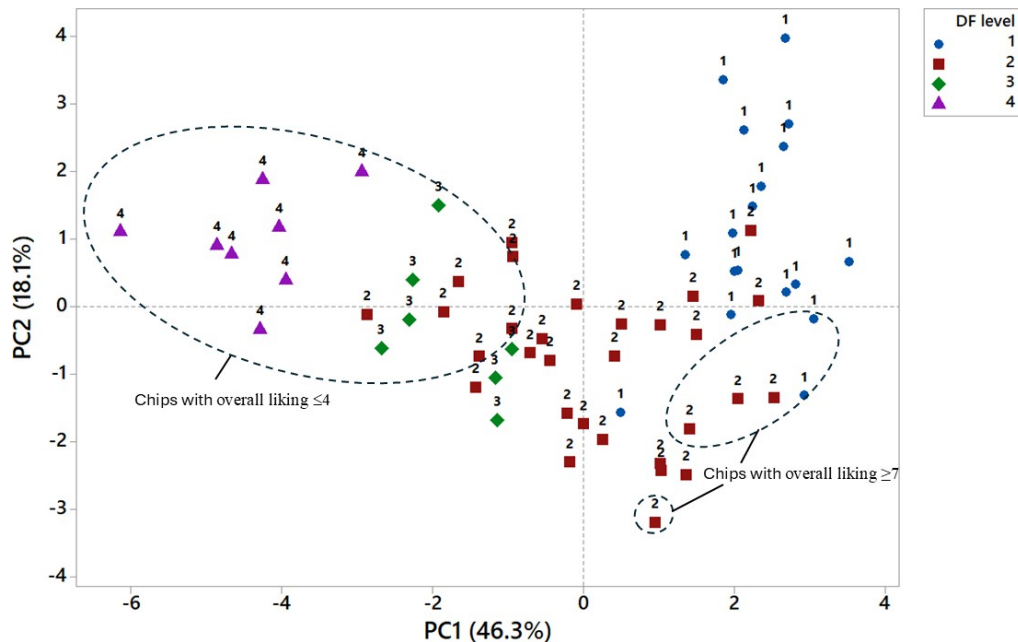


Figure 2. Scores plot from principal component analysis (PCA) of the 49 chips. Chips were divided into 4 clusters according to DF values. Cluster 1: $DF < 1$; Cluster 2: $1 \leq DF < 1.5$; Cluster 3: $1.5 \leq DF < 5$; Cluster 4: $5 \leq DF$; DF: Deformation at fracture

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

49 chips were divided into 4 clusters according to values of deformation at fracture (DF). The appearance of the grouped samples on the score plot was as shown in Figure 2. Chips with lower DF values received higher overall liking in sensory analysis. Chips with the highest overall liking (≥ 7) and the lowest overall liking (≤ 4.1) grouped on the opposite sides in score plot. Chips with the highest overall liking were the HF30/HFS30 chips baked at 200 °C for 5/6 min and the HF40/HFS40 chips baked at 200 °C for 5 mins. Chips that received the least preference in terms of overall liking were generally those baked at 180 °C for 4-5 min and at 220 °C for 6 min. Results of PCA and correlation matrix show that the instrumental DF parameter of chips can be used to predict the final textural quality. Lower DF values and may be an indicative of overall liking of chips.

Conclusion

Replacing wheat flour with hazelnut flour (HF) and hazelnut flour plus skin (HFS) significantly improved the nutritional value of the dough by increasing its protein, fat, and mineral content. The substitution of wheat flour with HF/HFS increased weight loss during baking and reduced moisture content in chips, particularly under higher baking temperatures and longer baking times. Higher substitution levels of HF and HFS generally resulted in lower moisture content, with HF-containing chips showing slightly greater moisture retention than HFS-containing ones. Inclusion of HF/HFS in formulation influenced the textural properties of chips, with both baking conditions and ingredient composition playing significant roles. As baking temperature and time increased, chips became firmer, but the inclusion of hazelnut components tended to soften the texture due to their higher fat content. Lower deformation at fracture (DF) values observed in HF/HFS-containing chips, indicating a more brittle structure. Both baking time and temperature reduced DF values, with chips becoming more fragile as substitution levels increased in HF-containing chips but not in HFS-containing chips. Chips containing HFS had lower lightness (L^*) and yellowness (b^*) values, particularly at higher substitution levels, resulting in a darker, more

reddish-brown appearance. While increased baking time and temperature enhanced the color changes in all samples, the presence of hazelnut skin was a key factor in producing a visually distinct product. Chips with high FF values and low DF values had higher textural preference. The highest overall liking observed in chips containing 30-40% HF or HFS, baked at 200 °C for 5 min and 30% HF or HFS, baked at 200 °C for 6 min. Significant correlations were found among the various measured properties, as demonstrated by Pearson's correlation and principal component analysis (PCA). Both the PCA results and the correlation matrix suggest that the instrumental DF parameter of the chips can serve as a predictor for final textural quality. Lower DF values may also indicate a greater overall liking of the chips.

Overall, the findings suggest that hazelnut flour and hazelnut skin can be used as a functional ingredient to develop nutrient-dense snack products. The findings provide valuable insights into optimizing hazelnut-based formulations for producing healthier snack alternatives.

Acknowledgments

This work was supported by a Grant from Ordu University (TF 1646).

References

- Agyare, K. K., Addo, K., Xiong, Y. L., Akoh, C. C. (2005) Effect of structured lipid on alveograph characteristics, baking and textural qualities of soft wheat flour. *J Cereal Sci* 42(3): 309-316.
- Akyüz, G., Mazı, B. G. (2020) Physicochemical and sensory characterization of bread produced from different dough formulations by *Kluyveromyces lactis*. *J Food Process Preserv* 44: e14498.
- AOAC (2000) Official methods of analysis, 17th edn., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., Datta, A. K. (2020) Biscuit baking: A review. *LWT* 131: 109726.
- Artz, W. E., Warren, C. C., Mohring, A. E., Villota, R. (1990) Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. *Cereal Chem* 67(3): 303-305.

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

- 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.
- Canali, G., Balestra, F., Glicerina, V., Pasini, F., Caboni, M. F., Romani, S. (2020) Influence of different baking powders on physico-chemical, sensory and volatile compounds in biscuits and their impact on textural modifications during soaking. *J Food Sci Technol* 57: 3864-3873.
- Cappelli, A., Lupori, L., Cini, E. (2021) Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products, including improvement strategies. *Trends Food Sci Technol* 115: 275-284.
- Ceylan, F. D., Adrar, N., Bolling, B. W., Capanoglu, E. (2023) Valorisation of hazelnut by-products: current applications and future potential. *Biotechnol Genet Eng Rev* 39(2): 586-621.
- Charissou, A., Ait-Ameur, L., Birlouez-Aragon, I. (2007) Kinetics of formation of three indicators of the Maillard reaction in model cookies: influence of baking temperature and type of sugar. *J Agric Food Chem* 55(11): 4532-4539.
- Costantini, L., Frangipane, M. T., Molinari, R., Garzoli, S., Massantini, R., Merendino, N. (2023) hazelnut skin waste as a functional ingredient to nutritionally improve a classic shortbread cookie recipe. *Foods* 12(14): 2774.
- Dogruer, I., Baser, F., Gulec, S., Tokatli, F., Ozen, B. (2023) Formulation of gluten-free cookies utilizing chickpea, carob, and hazelnut flours through mixture design. *Foods* 12(19): 3689.
- Durakli Velioglu, S., Guner, K. G., Velioglu, H. M., Celikyurt, G. (2017) The use of hazelnut testa in bakery products. *J Tekirdag Agric Fac* 14: 127-139.
- Ekinci, R., Ünal, S. (2002) Mineral contents of various flour types produced in different region of Türkiye. *PAJES* 8(1): 91-96
- FAOSTAT (2022) Food and Agricultural Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>, Accessed 04 September 2024
- Gagneten, M., Pieniazek, F., Archaina, D., Messina, V., Salvatori, D., Schebor, C. (2023) Texture study of gluten-free cookies added with fibre by instrumental, image and sensory analysis. *J Food Meas Charact* 17(4): 4034-4044.
- Gomez, M., Oliete, B., Caballero, P. A., Ronda, F., Blanco, C. A. (2008) Effect of nut paste enrichment on wheat dough rheology and bread volume. *Food Sci Technol Int* 14(1): 57-65.
- Kanar, Y., Mazi, B. G. (2019) HMF formation, diastase activity and proline content changes in bee pollen dried by different drying Methods. *LWT* 113:108273.
- Karaosmanoglu, H. (2022) Lipid characteristics, bioactive properties, and mineral content in hazelnut grown under different cultivation systems. *J Food Process Preserv* 46: e16717.
- Kömürcü, T. C. (2023) Effect of hazelnut skin addition on quality characteristics of functional crackers. *KSU J Agric Nat* 26(6): 1368-1376.
- Larrea, M. A., Chang, Y. K., Martinez-Bustos, F. (2005) Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. *LWT* 38(3): 213-220.
- Ollani, S., Peano, C., Sottile, F. (2024) Recent innovations on the reuse of almond and hazelnut by-products: A review. *Sustainability* 16(6): 2577.
- Onoğur Altuğ, T., Elmacı, Y. (2015) Gıdalarda Duyusal Değerlendirme Sırasında Medya, İzmür. Ozdemir, F., Akinci, I. (2004) Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *J Food Eng* 63(3): 341-347.
- Punia, S., Sandhu, K. S., Siroha, A. K. (2019) Difference in protein content of wheat (*Triticum aestivum* L.): Effect on functional, pasting, color and antioxidant properties. *J Saudi Soc Agric Sci* 18: 378-384.
- Purlis, E. (2010) Browning development in bakery products—A review. *J Food Eng* 99(3): 239-249.
- Pycia, K., Ivanišová, E. (2020) Physicochemical and antioxidant properties of wheat bread enriched with hazelnuts and walnuts. *Foods* 9(8): 1081.
- Ribotta, P. D., Arnulphi, S. A., Leon, A. E., Añón, M. C. (2005) Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. *J Sci Food Agric* 85(11): 1889-1896.

Nutritional, Textural, Color and Sensory Characteristics of Chips with Hazelnut Flour and Skin: Effects of Baking Conditions and Substitution Levels

- Roccia, P., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., León, A. E. (2009) Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. *LWT* 42(1): 358-362.
- Segnini, S., Dejmek, P., Öste, R. (1999) Relationship between instrumental and sensory analysis of texture and color of potato chips. *J Texture Stud* 30(6): 677-690.
- Taşkırdı, Y. (2011) Karabuğday ile zenginleştirilmiş buğday çöpslerinin tekstürel ve duyu özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi.
- Tokalioğlu, Ş. (2012) Determination of trace elements in commonly consumed medicinal herbs by ICP-MS and multivariate analysis. *Food Chem* 134(4): 2504-2508.
- Tuna, A., Cappa, C., Tokatli, F., Alamprese, C. (2023) White bean and hazelnuts flours: Application in gluten-free bread. *LWT* 184: 114995.
- Turan, D., Capanoglu, E., Altay, F. (2015) Investigating the effect of roasting on functional properties of defatted hazelnut flour by response surface methodology (RSM). *LWT* 63(1): 758-765.
- Wang, J., Rosell, C. M., de Barber, C. B. (2002) Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chem* 79(2): 221-226.
- Wrolstad, R. E., Smith, D. E. (2010) Colour analysis: *Food Analysis*. S.S. Nielson (Ed.), 550-551, Springer, London, England.
- Yazar, G. (2024) Utilization of hazelnut skin and hazelnut flour in gluten-free cakes: Correlation of batter rheology with cake quality. *Gıda* 49(3): 517-535.
- Zhao, J., Wang, X., Lin, H., Lin, Z. (2023) Hazelnut and its by-products: A comprehensive review of nutrition, phytochemical profile, extraction, bioactivities and applications. *Food Chem* 413: 135576.
- Zouari, R., Besbes, S., Ellouze-Chaabouni, S., Ghribi-Aydi, D. (2016) Cookies from composite wheat-sesame peels flours: Dough quality and effect of *Bacillus subtilis* SPB1 biosurfactant addition. *Food Chem* 194: 758-769.



Araştırma Makalesi

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Aysel Zübeyde ERDEVİL^{1*}, Yeşim AYSAN²

ÖZ

Bu çalışmada, *Acidovorax citrulli*'nin neden olduğu kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın biyolojik mücadelesinde rizosfer bakterilerinin kullanım olanakları *in vitro* ve *in vivo* koşullarda araştırılmıştır. Bu amaçla çeşitli bitkilerin rizosferinden alınan toprak örneklerinden 241 adet, laboratuvarımız koleksiyonundan 157 adet olmak üzere toplam 398 aday antagonist bakterinin *in vitro* antagonistik ve bitki gelişimini teşvik eden etki mekanizmaları (antibakteriyel etki, siderofor üretme yeteneği, fosforu çözüme yeteneği ve indol asetik asit üretme miktarları) incelenmiştir. Bu testler sonucunda, 8 bakteriyel izolatın biyokontrol potansiyelleri *in vivo* koşullarda tohum denemeleri ile belirlenmiştir. Birinci tohum denemesinde, 8 uygulama hastalık şiddetini %0.48-39.45 oranında baskılamıştır. En başarılı iki izolat ile kurulan ikinci tohum denemesinde ise Y90 izolatı hastalığı %46.37 oranında engellerken Y28 izolatı hastalığı %18.97 oranında baskılamıştır. Başarılı antagonist bakteriyel izolatlar *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* Y90 ve *Providencia rettgeri* Y28 olarak tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Acidovorax citrulli*, Kavun, Antagonist, Biyolojik Mücadele

Determination of the Potential Use of Rhizosphere Bacteria in *in vitro* and *in vivo* Conditions for the Biological Control of Bacterial Seedling Blight Disease in Melon

ABSTRACT

In this study, the potential use of rhizosphere bacterial isolates in the biological control of Bacterial Seedling Blight Disease in melon caused by *Acidovorax citrulli* was investigated under *in vitro* and *in vivo* conditions. A total of 398 candidate antagonist bacteria, including 241 soil samples from the rhizosphere of various plants and 157 isolates from our laboratory collection, were screened for their *in vitro* antagonistic and plant growth promoting mechanisms (antibacterial activity, siderophore production capability, phosphorus solubilization ability, and indole acetic acid production levels). As a result of these tests, 8 bacterial isolates were selected for use in biological seed trials. In the first seed trial, the 8 applications suppressed disease severity by 0.48-39.45%. In the second seed trial with the two most successful isolates, Y90 isolate prevented the disease by 46.37% while Y28 isolate prevented the disease by 18.97%. *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* Y90 and *Providencia rettgeri* Y28 were identified as successful antagonist bacterial isolates.

Keywords: *Acidovorax citrulli*, Melon, Antagonist, Biological Control

ORCID ID: (Yazar sırasına göre)

0000-0001-6013-9301, 0000-0003-2647-5111

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi:26.07.2024

Kabul Tarihi: 23.10.2024

¹ Cihanbeyli İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Cihanbeyli, Konya

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Seyhan, Adana

*E-posta: erdevilay@gmail.com

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Giriş

Türkiye coğrafi yapısı, ekolojik uygunluğu ve gen kaynaklarının çeşitliliği ile birçok sebze türünün yetiştirilmesine olanak sağlayan önemli bir ülkedir. Türkiye'de toplam sebze üretimi miktarı, 2023 yılı Türkiye sebze üretimi verilerine göre 31.690.50 ton olup bu üretimin yaklaşık %35'ini *Cucurbitaceae* familyasına ait sebze türleri oluşturmuştur (Anonim, 2023). Bu türlerden karpuz (*Citrullus lanatus*), kavun (*Cucumis melo* L.), hıyar (*Cucumis sativus* L.) ve kabak (*Cucurbita pepo* L.) ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen türler olup acur (*Cucumis melo* var. *flexuosus*), su kabağı (*Lagenaria siceraria*), lif kabağı (*Luffa cylindrica* L.) ve kudret narı (*Momordica charantia* L.) ise minör düzeyde üretilmiştir (Sari ve ark., 2007). *Cucurbitaceae* familyası içerisinde hem yüksek besin içeriği hem de ekonomik değeriyle ön plana çıkan sebzelerden olan kavunun yetiştiriciliğini sınırlayan birçok bakteriyel, fungal ve viral hastalık etmeni bulunmaktadır. Bu hastalık etmenleri arasında Bakteriyel Meyve Lekesi ve Fide Yanıklığı Hastalığı'na neden olan *Acidovorax citrulli*, kavun üretim alanlarında tahripkar etkileri nedeniyle ekonomik açıdan son derece önemli bir bakteriyel bitki patojenidir (Horuz, 2021). *Acidovorax citrulli*; aerobik, gram negatif, çubuk şeklinde, genellikle tek kamçılı (ender olarak 2 veya 3 kamçılı da olabilir) bakteriyel bir bitki patojenidir. İlk inokulum kaynağı bulaşık tohumlar olup yağmur, sulama suyu, böcekler, tarım alet ve ekipmanları ile bitkiden bitkiye kolay bir şekilde yayılmaktadır. Patojenin, uygun koşulların varlığında bulaşık tohumlarda 30 yıla kadar canlılığını koruyabildiği rapor edilmiştir (Block ve Shepherd, 2008). Diğer bir inokulum kaynağı da toprak, topraktaki hasta bitki kalıntıları, tarlada kendiliğinden gelişen fideler ve yabancı otlardır. Bitkilere yara veya doğal açıklıklardan giriş yapabilen patojen, hücreler arası boşluklara lokalize olmaktadır. Patojenin gelişmesi için optimum sıcaklık 32 °C'dir (Burdman ve Walcott, 2012).

Acidovorax citrulli'nin neden olduğu Bakteriyel Fide Yanıklığı ve Meyve Lekesi Hastalığı kendini öncelikle kotiledon yapraklarda oluşturduğu su emmiş görünümlü lekelerle belli eder. Bu lekeler yapraklarda farklı noktalarda oluşur. Daha sonra birleşerek kotiledon yaprakların orta damarı boyunca ilerleyebilir. Gerçek yapraklarda ise yine

başlangıçta su emmiş lekeler şeklinde görülse de ilerleyen dönemlerde bu lekeler kahverengiye dönebilir. Patojen, genellikle gerçek yapraklarda belirti oluşturmaz. Ayrıca patojen yapraklarda epifitik olarak yaşamını sürdürebilir ve enfeksiyonlar meyve döneminde ortaya çıkabilir. Kavun meyvelerinde patojenin neden olduğu hastalık belirtileri kavun çeşitlerinin özelliklerine göre farklılık gösterir. Boyuna çizgili kavun meyvesinde ilk başta belirgin olmayan çok küçük, düzensiz, yağ emmiş lekeler şeklindedir. İlerleyen enfeksiyonlarda meyve kabuğunda içe çökük, kahverengimsi lekeler oluşturur (Walcott, 2008). Kabuk yüzeyi ağ şeklinde çizgilerden oluşan kavunlarda ise meyve kabuğunda küçük ve belirsiz çukurlar oluşur. İlerleyen enfeksiyonlarda kabuktaki patojen meyve etine doğru ilerler. Meyvelerde çürümeler, ağır koku oluşumları meydana gelir (Frankle ve ark., 1993).

Bakteriyel Fide Yanıklığı ve Meyve Lekesi Hastalığı ile mücadelede temel yaklaşım hastalığın tedavi edilmesinden ziyade, hastalığın oluşması ve yayılmasını önlemek olmalıdır. Hastalıkla mücadelede en etkili yöntem dayanıklı çeşitlerin kullanılmasıdır. Ancak bu hastalığa dayanıklı, ticari olarak erişilebilecek herhangi bir kabakgil çeşidi bulunmamaktadır. Bu nedenle hastalıkla mücadele ilk adım, primer inokulum kaynağının patojenle bulaşık tohumlar olması nedeniyle tohum enfeksiyonlarını önlemeye veya azaltmaya yönelik çalışmalar olmalıdır. Kavun yetiştiriciliğinde kullanılacak ticari tohumlar, *Acidovorax citrulli* ile bulaşık olmamalıdır. Diğer kabakgil bitkilerinden kaynaklanabilecek kontaminasyonu engellemek amacıyla önlemler alınmalıdır. *Acidovorax citrulli*'nin epidemi oluşturabilmesi için 30.000 tohumdan sadece 1 tanesinin bile patojenle bulaşık olmasının yeterli olabildiği ve bu nedenle tohum sağlığı testlerinin oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (Walcott ve ark., 2003). Ancak 1990'lı yıllardan günümüze pek çok fiziksel, kimyasal ve biyolojik tohum uygulamasının etkinliği araştırmacılar tarafından incelense de henüz patojenin tohumdaki inokulumunu tamamen yok edecek etkin bir uygulama bulunamamıştır (Oliveira ve ark., 2006). Bu durum *Acidovorax citrulli*'nin mücadelesinde kullanılacak yeni mücadele yöntemlerinin geliştirilmesini her zaman için gerekli kılmıştır. Bu kapsamda özellikle biyokontrol yeteneği olan mikroorganizmaların

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

keşfedilmesi ve bunların biyolojik tohum uygulamalarıyla patojen üzerindeki etkinliklerinin araştırılmasına yönelik çalışmaların yürütülmesi son derece önem arz etmektedir.

Bitkisel üretimde sentetik kimyasal pestisitlerin kullanımı çevre, ekoloji ve insan sağlığı üzerinde son derece önemli hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir tarımı destekleyen, sentetik kimyasallara alternatif olabilecek biyopestisitlerin geliştirilmesi son dönemin en popüler konularındandır. Bu bağlamda rizosfer bakteriler, sürdürülebilir tarım için kaynak olması ve bitkilerde besin kullanılabilirliğini artırırken aynı zamanda bitki hastalıklarının oluşumu ve kontrolünde baskılayıcı bir potansiyele sahip olması yönüyle önemli mikroorganizmalardır (Khalid ve ark., 2009; Bozkurt ve Soylu, 2019; Duman ve Soylu, 2019).

Bu çalışmada bazı rizosfer bakterilerin ve farklı patojenlere antagonistik etkileri kanıtlanmış bakteriyel izolatların, *Acidovorax citrulli*'nin neden olduğu kavun Bakteriyel Meyve Lekesi ve Fide Yanıklığı Hastalığı'na karşı *in vitro* ve *in vivo* koşullardaki biyokontrol etkinlikleri ve etki mekanizmalarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada patojen bakteri izolatı olarak *Acidovorax citrulli* Taşçı izolatı kullanılmıştır (Selçuk, 2014)

Aday antagonist bakteri kültürleri, Adana ilinde karpuz, kavun, domates üretim alanlarından, Mersin ilinde okaliptüs (Karabucak Ormanı) ve Çam ağaçlarının (Gözne yaylası) bulunduğu bölgelerden, Konya ilinde kavun ve karpuz tarlasından alınan toprak örneklerinden izole edilmiştir. Bunların yanı sıra bakteriyoloji laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan 157 adet aday antagonist bakteri kültürü çalışmaya dahil edilmiştir.

Biyolojik tohum denemeleri Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünde bulunan iklim odasında kurulmuştur. Tohum denemelerinde Dörtbudak Tohumculuk firmasından temin edilen, tohum ilaçlaması yapılmamış Kırkağaç çeşidine ait kavun tohumları kullanılmıştır. Torf olarak ise Klasmann Torf Potgrond P ürünü kullanılmıştır.

Topraktan Rizosfer Bakterilerinin İzolasyonu

Topraktan rizosfer bakterilerinin izole edilmesi amacıyla karpuz, kavun, domates, okaliptüs ve çam rizosferinden alınan toprak örnekleri filtre kağıtları üzerine serilerek kurutulmuştur. Kurutulan bu toprak örnekleri 2 mm kalınlığa sahip eleklerden geçirilerek yabancı cisimlerden arındırılmıştır. Ardından elenmiş topraklardan 25 g tartılarak içerisinde 250 ml salin buffer (%0.85 NaCl) bulunan erlenlere koyulmuştur. Sonrasında bu erlenler oda sıcaklığında 150 rpm hızda 2 saat çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Çalkalama işleminin ardından süspansiyonlardan seyreltme serileri (10^{-1} - 10^{-6}) hazırlanmıştır. Her bir seyreltmeden 100 µl alınarak içerisinde TSA (Tryptic Soy Agar) besiyeri olan petri kaplarına yayma yöntemi ile ekilmiştir (Johnson ve Curl, 1972). Bu petriler daha sonra 25 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda farklı koloni morfolojisine sahip olduğu belirlenen bakteriler saflaştırılmıştır. Bu bakteriler daha sonra aday antagonist çalışmalarında kullanılmak üzere içerisinde YDCA (Yeast Dekstroz Kalsiyum Karbonat Agar) besiyeri bulunan eğik deney tüplerine alınarak +4 °C'de buzdolabında saklanmıştır.

Topraktaki Toplam Bakteri Popülasyonunun Hesaplanması

Topraktaki toplam bakteri popülasyonunun hesaplanması amacıyla içerisinde 250 ml salin buffer bulunan şişelere 25 g toprak örneği koyulmuştur. Bu şişeler 150 rpm hızda 2 saat çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Elde edilen bu solüsyondan 1 ml alınarak içerisinde 9 ml salin buffer bulunan şişelere aktarılmış ve 10^{-6} 'ya kadar seyreltme serileri hazırlanmıştır. Daha sonra her bir seyreltmeden alınan 100 µl solüsyon TSA besi yerine konulmuş ve bir baget yardımıyla besiyeri üzerine yayılmıştır. Bu petriler 25 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda her bir seyreltme için petri kabında gelişen koloniler sayılmıştır. Elde edilen veriler üzerinden [(Koloni sayısı x Seyreltme örneği x 10 = 1 g topraktaki bakteri sayısı (koloni/g toprak)] formülüne göre toprak örneklerindeki popülasyon yoğunluğu hesaplanmıştır (Klement ve ark., 1990).

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Rizosfer Bakterilerinin *In vitro*'da *Acidovorax citrulli*'ye Karşı Antagonistik Etkilerinin Belirlenmesi

Çalışmada aday antagonist bakterilerin antagonistik etkilerinin ve aktivitelerinin belirlenmesinde; antibiyosis, siderofor üretiminin belirlenmesi, indol asetik asit (IAA) üretme miktarları ve fosforu çözme yeteneklerinin belirlenmesi olmak üzere toplamda 4 farklı yöntem kullanılmıştır. Tüm bu yöntemlerin sonucunda *Acidovorax citrulli*'ye karşı etkili bulunan ve birden fazla etki mekanizmasına sahip olduğu belirlenen aday antagonistlerden tohum denemesinde kullanmak amacıyla seçimler yapılmıştır.

Antibakteriyel Etkinin Belirlenmesi: Aday antagonist bakterilerin antibakteriyel etkisinin belirlenmesinde ikili kültür testi kullanılmıştır (Mirik ve ark., 2008; Aktepe ve Aysan, 2023). Bu amaçla aday antagonistler TSA besiyerinde saf olarak geliştirilmiştir. Daha sonra bu kültürlerden alınan saf bakteriler, her bir petri kabında 3 farklı noktaya 120 derecelik açıyla inokule edilmiştir. Bu petri 25 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda 5.2×10^7 hücre/ml yoğunluğunda hazırlanmış olan patojen süspansiyonu 24 saat geliştirilen aday antagonistlerin bulunduğu petrilere eşit uzaklıktan püskürtülmüş ve petrinin tamamının patojenle kaplanması sağlanmıştır. Her bir aday antagonist için 3 tekrarlı olacak şekilde deneme kurulmuştur. Kontrol petrilere sadece patojen *Acidovorax citrulli* püskürtülmüştür. Püskürtme işlemi tamamlanan petri 25 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda petri kabında oluşan inhibisyon zonları (mm) ölçülerek değerlendirilmeler yapılmıştır.

Siderofor Üretiminin Belirlenmesi: *Acidovorax citrulli*'ye antibakteriyel etkisi olduğu kanıtlanan bakterilerin siderofor üretme potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla Chrome Azurol-S Agar (CAS) besiyeri kullanılmıştır (Schwyn ve Neilands, 1997). Bu amaçla öncelikle antagonist bakteriler saf olarak TSA besiyerinde geliştirilmiştir. Saf olarak gelişen bu bakteriler steril öze yardımıyla Chrome Azurol-S Agar (CAS) içeren besiyerine 3 nokta ekim tekniğiyle inokule edilmiştir. Bu petri 25 °C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda antagonist bakteri etrafında oluşan sarımsı renkte bir hat oluşması durumunda

siderofor üretiminin pozitif olduğu belirlenmiştir. Deneme her antagonist için 3 tekrarlı olarak kurulmuştur.

Indol Asetik Asit (IAA) Aktivitesinin Belirlenmesi: Bir büyüme hormonu olan IAA üreten antagonistler bitkinin sağlıklı büyümesini sağlar ve bitkinin hastalıklara karşı direncini artırır. *Acidovorax citrulli*'ye antibakteriyel etkisi olduğu belirlenen antagonist bakterilerin IAA üretme yeteneklerinin tespit edilmesi amacıyla Salkowski yöntemi kullanılmıştır (Patten ve Glick, 2002). Bu yöntemde öncelikle antagonist bakteriler sıvı ortamda 48 °C'de geliştirilmiştir. Bu bakteri süspansiyonundan 500 µl alınarak içerisinde L-tryptophan bulunan steril LB besiyerine eklenmiştir. Bakteri içeren LB besiyeri 30 °C'de 4 gün boyunca çalkalayıcıda inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda deney tüpleri 5000 rpm'de 30 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen tüplerin üst kısmında bulunan süpernatanttan 1 ml alınarak üzerine yaklaşık 40 µl fosforik asit eklenmiştir. Daha sonra 4 ml Salkowski çözeltisi (150 ml %98'lik H₂SO₄, 250 ml distile H₂O, 7.5 ml-0.5 M FeCl₃·6H₂O) içeren deney tüplerine hazırlanan bu karışım ilave edilmiştir. Bu tüpler oda sıcaklığında, karanlık ortamda 30 dk bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda bu çözeltiler spektrofotometrede 535 dalga boyunda okunarak absorbans değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler saf IAA çözeltilisinden elde edilen IAA konsantrasyon eğrisiyle karşılaştırılmış ve antagonist bakterilerin IAA üretim miktarları (µg/ml) tespit edilmiştir.

Fosforu Çözme Yeteneğinin Belirlenmesi: Fosforu çözerek bitkinin alımını kolaylaştıran dost bakteriler, bitki büyümesini teşvik eder ve bu sayede bitkilerin hastalıklara karşı dirençli olmasını sağlarlar.

Acidovorax citrulli'ye karşı antibakteriyel etkisi olduğu tespit edilen antagonist bakterilerin fosforu çözme potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla Pikovskaya Agar (PVK) besiyeri hazırlanmıştır. Aday antagonistlerin 24 saatlik taze kültüründen steril öze ile alınmış ve PVK besiyerine her bir antagonist ayrı ayrı inokule edilmiştir. Bu petri 25 °C'de 7 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda petri kontrol edilmiş ve antagonist bakterilerin inokule edildiği bölgenin etrafında şeffaf zon oluşması durumunda test sonucu pozitif kabul edilmiştir (Pikovskaya,

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

1948). Deneme her antagonist için 3 tekrarlı olarak kurulmuştur.

Rizosfer Bakterilerinin Tohum Uygulaması Yöntemiyle Kavunda Fide Yanıklığı Hastalığı'na Etkisinin Belirlenmesi

Laboratuvar denemelerinde aday antagonistlerin *Acidovorax citrulli*'ye karşı antagonistik etkisi 4 farklı yöntemle (Antibiyosis, Siderofor Üretimi, IAA Üretimi, Fosforu Çözme Potansiyeli) testlenmiştir. *In vitro* çalışmaları sonucunda birden fazla etki mekanizmasıyla patojeni baskıladığı belirlenen 8 antagonistin, *Acidovorax citrulli*'nin neden olduğu hastalık şiddeti üzerindeki baskılayıcı etkileri tohum uygulaması yöntemiyle araştırılmıştır. Tohum denemeleri sonucunda bu 8 antagonist içerisinde en başarılı bulunan 2 antagonistle ikinci bir biyolojik tohum uygulama denemesi kurulmuştur.

Kavun tohumlarına patojenin bulaştırılması amacıyla, saf olarak geliştirilen *Acidovorax citrulli* kültürlerinden 10^8 hücre/ml yoğunluğunda hazırlanan süspansiyonlar içerisine tohumlar konulmuş ve oda sıcaklığında 200 rpm'de 30 dakika süreyle çalkalayıcıda karıştırılmıştır. Daha sonra bu tohumlar ince tül süzgeçten geçirilerek steril kabin içerisinde kurutma kağıtlarına alınmış ve 1 saat kuruması sağlanmıştır. Tohumlara patojen bulaştırma aşamasından sonra antagonist bakterilerin saf kültürleri TSA besiyerinde geliştirilmiş ve bu kültürlerden 10^8 hücre/ml yoğunluğunda antagonist süspansiyonları hazırlanmıştır. Bu antagonist içeren süspansiyonlar içerisine tohumlar konulmuş ve 150 rpm hızda 30 dakika boyunca çalkalanmıştır. Bu sürenin sonunda tohumlar ince tül süzgeçten geçirilerek süzölmüş ve steril kabin içerisinde kurutma kağıtlarında 1 saat kurumaya bırakılmıştır. Negatif kontrol tohumlar steril saf su içerisinde çalkalanırken pozitif kontrol sadece patojen bulaştırılmış tohumlardan oluşmuştur.

Antagonist uygulaması yapılmış hastalıklı kavun tohumları, steril torf içeren plastik kaplara ekilmiş ve iklim odasında 28 °C'de %85 nem varlığında yetiştirilmiştir. Birinci denemede her bir antagonist bakteri için deneme 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Her tekrarda 35 adet tohum, her antagonist bakteri için toplamda 105 adet tohum kullanılmıştır. İkinci denemede aynı şekilde 3 tekrarlı kurulmuş olup her tekrarda 50 adet tohum, her antagonist için toplamda 150 adet tohum

kullanılmıştır. Kavun tohumları çimlendikten sonra günlük olarak hastalık çıkışı takip edilmiş ve bitkilerin temel bakım işlemleri rutin olarak yapılmıştır. Günlük yapılan gözlemler sonucunda pozitif kontrol bitkilerin büyük çoğunluğunda hastalık belirtileri görüldüğünde deneme sonuçlandırılmıştır.

Değerlendirme

Antagonist bakteriyel izolatların *Acidovorax citrulli*'nin neden olduğu hastalık şiddeti üzerine etkisinin tespit edilmesi amacıyla Çizelge 1'de verilen 0-7 skalasına göre kotiledon yapraklardaki lekelenme oranı dikkate alınarak her bir bitki için skala değeri belirlenmiştir (Horuz, 2021). Elde edilen bu skala değerleri üzerinden Tawsend-Heuberger formülüne göre hastalık şiddeti (%) hesaplanmıştır. Antagonist bakterilerin, hastalık şiddetini azaltma oranı ise %Abbott formülüne göre belirlenmiş ve elde edilen veriler kullanılarak LSD çoklu karşılaştırma testiyle uygulamaların birbirinden farklılığı saptanmıştır.

Çizelge 1. Hastalık Şiddetinin Belirlendiği 0-7 skalası (Horuz, 2021).

Skala	Hastalık Durumu
0	Hastalık belirtisi yok
1	Yaprağın % 1-10'unda lekelenme
2	Yaprağın % 11-20'sinde lekelenme
3	Yaprağın % 21-35'inde lekelenme
4	Yaprağın % 36-50'sinde lekelenme
5	Yaprağın % 51-70'inde lekelenme
6	Yaprağın % 71-85'inde lekelenme
7	Yaprağın % 86-100'ünde çökme ve ölüm

Başarılı Antagonist Bakterilerin Tanınması

Bitki bakteriyolojisinde klasik (farklı besiyerlerinde koloni morfolojisi, LOPAT testleri, potasyum hidroksit ile gram reaksiyon testi vd.), serolojik (ELISA, Aglütinasyon vd.) ve moleküler testlere (PCR, Real Time PCR vd.) dayanan birçok tanılama tekniği bulunmaktadır. Bu testler çeşitli biyokimyasal kriterler, farklı içeriğe sahip besiyerleri, maliyetli kimyasallar ve zaman alıcı prosedürler gerektirmektedir. Buna karşılık MALDI TOF MS daha basit metodolojik yaklaşım içeren, teşhiste kullanılan malzeme ve zamanı önemli ölçüde azaltan ve dakikalar içerisinde sonuç verebilen başarılı bir tanı yöntemidir (Wieser ve ark., 2012).

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Bakteriyel antagonistlerin kavunlarda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'na etkisinin araştırıldığı bu çalışma kapsamında, başarılı bulunan antagonist izolatların kesin tanısı Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'nde Prof. Dr. Soner Soylu danışmanlığında Matrix Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI TOF MS) analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır. MALDI TOF MS tanı yöntemi, temel olarak mikroorganizmalarda bulunan spesifik peptid ve proteinlerin kütle spektrometresi analizine dayanır. Analiz amacıyla saf olarak besiyerlerinde geliştirilen bakteri kolonileri matrix solüsyonu içeren target adını verdiğimiz metal tabakalara koyulur ve tabakalar cihaza yerleştirilir. Daha sonra plakalardaki bu bölgelerde lazer atışıyla protein moleküllerinin iyonizasyonu yani harekete geçirilmesi sağlanır. Hareketli, uçuşan protein molekülleri dedektör sayesinde toplanarak sinyaller kayıt altına alınır. Daha sonra bu veriler bilgisayar yazılımında bulunan kütüphane verileri ile karşılaştırılarak mikroorganizmaların kesin tür tanıları yapılır (Ahmad ve ark., 2012; Aktan ve Soylu 2020).

Bulgular ve Tartışma

Topraktan Rizosfer Bakterilerin İzolasyonu

Bakteriyel Fide Yanıklığı ve Meyve Lekesi Hastalığı etmeni *Acidovorax citrulli*'nin biyolojik mücadelesinde kullanılabilir, antagonistik potansiyeli olan bakteriyel izolatları keşfedebilmek amacıyla Konya ilinde kavun ve karpuz, Adana ilinde kavun, karpuz ve domates, Mersin ilinde okaliptüs ve çam ağacı rizosferinden toprak örnekleri alınmış ve bu örneklerden bakteriyolojik yöntemlere göre izolasyonlar yapılmıştır.

Adana, Mersin, Konya olmak üzere 3 ilin 7 farklı bölgesinden alınan toprak örneklerinden 228'i bakteri, 13'ü maya olmak üzere toplamda 241 izolat saflaştırılmıştır. Çizelge 2'de görüldüğü üzere bu izolatların 59'u karpuz, 63'ü kavun, 23'ü domates, 45'i okaliptüs ve 51 adedi çam rizosferinden izole edilmiştir.

Çizelge 2. Toprak Örneklerinden İzole Edilen Bakteri ve Maya Sayıları

İl	Rizosfer Bölgesi	Topraktan Elde Edilen İzolat Sayısı
Adana	Kavun	47 Bakteri, 6 Maya
	Karpuz	45 Bakteri, 1 Maya
	Domates	20 Bakteri, 3 Maya
Mersin	Okaliptüs	44 Bakteri, 1 Maya
	Çam	49 Bakteri, 2 Maya
Konya	Kavun	10 Bakteri, 0 Maya
	Karpuz	13 Bakteri, 0 Maya
Toplam		228 Bakteri + 13 Maya=241 izolat

Rizosfer örneklerinden yapılan izolasyonlar sonucunda petri kaplarında, farklı morfolojik özelliklere sahip çok sayıda bakteri ve maya gelişimi görülmüştür. Adana'da kavun ve karpuz yetiştirilen üretim alanlarından alınan toprak örneklerinde pembe, kırık beyaz ve beyaz renkte bakteriler daha yoğun olarak gelişmiştir. Bu bakterilerden kırık beyaz ve beyaz renkte olanların çoğunlukla mat ve simetrik olmayan yapıda olduğu belirlenirken pembemsi olanların parlak ve düzgün şekilli bir görünüme sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca maya gelişiminin kavun örneğinde daha yoğunken karpuz örneğinde daha sınırlı olduğu görülmüştür. Buna karşılık Adana'dan alınan örneklerin aksine Konya'dan alınan karpuz ve kavun örneklerinde biyoçeşitliliğin daha az olduğu belirlenmiş ve bu örneklerde çoğunlukla aynı tipte bakteri kolonilerinin geliştiği görülmüştür. Bu kolonilerin genellikle mat veya parlak kremi beyaz renkte olup ağırlıklı olarak düzgün şekillere sahip olduğu belirlenmiştir. Bunların yanı sıra Konya örneklerinde maya gelişiminin görülmediği tespit edilmiştir. Mersin ilinden alınan çam ve okaliptüs örneklerinde bakteri gelişimi mayalara göre daha fazla olmuştur. Okaliptüs örneğinde ağırlıklı olarak kremi, beyaz renkte, sünme eğiliminde olan parlak renkte bakteri kolonileri görülürken çam örneğinde sarı, turuncu, pembe, beyaz ve bunların tonları olmak üzere çok farklı renklerde; simetrik, ortası bombeli parlak, beyaz üzeri kabartmalı, dairesel opak görünümlü gibi çeşitli tip ve şekillerde bakteri gelişimleri görülmüştür.

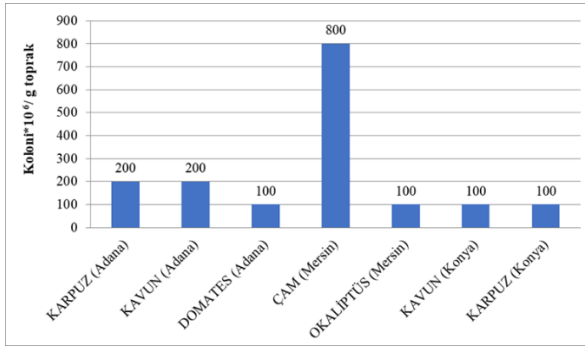
Topraktaki Toplam Bakteri Popülasyonu

Tarımsal uygulamaların (toprak işleme, pestisit ve kimyasal gübre kullanımı vd.) yaygın olarak

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

kullanıldığı kavun, karpuz ve domates üretim alanları ile tarımsal üretimin yapılmadığı bilinen, doğal bir dengeye sahip çam ve okaliptüs ormanlarının bulunduğu bölgelerden toprak örnekleri alınmış ve bu toprak örneklerindeki toplam bakteri popülasyonları tespit edilmiştir.

Rizosfer topraklarındaki toplam bakteri popülasyonlarının belirlenmesi amacıyla yapılan analizler sonucunda toprak örneklerindeki toplam bakteri popülasyonunun 100×10^6 ile 800×10^6 koloni/g toprak arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Toprak Örneklerindeki Toplam Bakteri Popülasyonu

Çam toprağı, 800×10^6 koloni/g toprak ile en fazla popülasyona sahip örnek olarak belirlenmiştir. Bunu 200×10^6 koloni/g toprak ile kavun (Adana) ve karpuz (Adana) örnekleri izlemiştir. Domates, okaliptüs, kavun (Konya) ve karpuz (Konya) örnekleri ise 100×10^6 koloni/g toprak ile en az popülasyona sahip toprak örnekleri olarak tespit edilmiştir.

Toprak biyoçeşitliliğinin zenginliği ve mikrobiyal toplulukların popülasyonu, toprak verimliliği ve bitki sağlığı üzerinde oldukça önemli etkilere sahiptir. Toprakta bulunan mikrobiyotaya, karbon ve azot döngüsü, organik bileşiklerin ayrışması, bitkilerde besin kullanılabilirliği ve bitki hastalıklarının baskılanması gibi birçok biyolojik süreçle bağlantılıdır. Özellikle modern konvansiyonel tarımın yaygınlaşmasıyla kimyasal gübreler ve pestisitlerin kullanımlarındaki artış, toprak mikrobiyotasının azalmasına ve toprakta bulunan organik maddenin kalitesinin bozulmasına neden olarak mikrobiyal popülasyonu negatif yönde etkilemektedir

(Thiele-Bruhn ve ark., 2012). Bu konu üzerine yürütülen bir çalışmada Pampulha ve Oliveira (2006), %60 bromoxynil+%3 prosulfuron içeren herbisit kombinasyonunun, dehidrogenaz aktivitesi üzerinde etkili olarak topraktaki mikrobiyal popülasyonun azalmasına neden olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde Adebayo ve ark. (2007), Thiodan ve Karate ticari isimli insektisitlerin topraktaki fungus, aktinomiset ve protozoa sayısında düşüşe neden olduğunu rapor etmiştir.

Bu çalışmaları destekleyici nitelikte sonuçlar elde ettiğimiz bu tez çalışmasında herhangi bir tarımsal işleme ve kimyasala maruz kalmadığı bilinen çam ağacı rizosferinden alınan topraktaki bakteri popülasyonunun, tarımsal üretim yapılan alanlardan alınan toprak örneklerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çam toprağının organik madde içeriğinin kaliteli olması, çam ağacının köklerinden çeşitli sekonder metabolitlerin salgılanması ve toprak yapısının bozulmasına yol açacak herhangi bir tarımsal uygulamanın yapılmaması bu popülasyonunun artmasını teşvik eden bazı unsurlar arasında sayılabilir.

Rizosfer Bakterilerinin *In vitro*'da *Acidovorax citrulli*'ye Karşı Antagonistik Etkileri

Kavun, karpuz, domates, okaliptüs ve çam ağacının rizosfer bölgesinden elde edilen 241 adet aday antagonist bakteriyel izolat ile daha önceki çalışmalarda bazı patojenlere karşı antagonistik etkisi kanıtlanmış 157 adet antagonist bakterinin *in vitro* koşullarda *Acidovorax citrulli*'ye karşı antagonistik ve bitki gelişimini teşvik eden etki mekanizmaları 4 farklı yöntemle (antibiyosis, siderofor üretme potansiyeli, IAA üretimi, fosfatı çözme yeteneği) araştırılmıştır.

Antibakteriyel Etki: Antibakteriyel etkisi araştırılan 398 aday antagonistten sadece 38 tanesinin *Acidovorax citrulli*'ye karşı antibakteriyel etki gösterdiği belirlenmiştir. Bu izolatlar petri kaplarında 0.3-7.7 mm aralığında inhibisyon zonu oluşturmuştur. Toplamda 398 aday antagonist bakteri ile yürütülen ikili kültür testinde 7.7 mm inhibisyon zonu ile OG 1-2, en iyi etkiyi gösteren izolat olarak tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 7.0, 5.3 ve 4.3 mm inhibisyon zonu ile OG 1-2, Y17 ve Y28 isimli izolatlar izlemiştir. Öte

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

yandan Y90, Y8, Y65, Y13 ve OG 7-7 kodlu izolatlar patojenin gelişmesine fırsat vermeyerek petri kabını hızlı bir şekilde kaplamıştır.

Siderofor Üretme Yeteneği: Demir, çeşitli toprak türlerinde bol miktarda bulunan temel bir mikro besin elementi olmasına rağmen genellikle toprakta çoğu bitki ve diğer organizmalar tarafından kullanıma elverişli olmayan kompleks bir yapıda (Fe^{+3}) bulunur. Rizosfer bakterileri tarafından üretilen sideroforlar, kompleks yapılu bu moleküllerin çözünmesini sağlayarak demiri bitkiler için alınabilir forma (Fe^{+2}) dönüştürmektedir. Böylece sideroforlar, bitkilerde demir ihtiyacının giderilmesine yardımcı olmaktadır (Arora ve ark., 2013; Boiteau ve ark., 2016). Bununla birlikte demirin kısıtlı bulunduğu ortamlarda siderofor üreten antagonist mikroorganizmalar ve fitopatojenler arasında demir için rekabet oluşmaktadır. Ferrik demire bağlanma eğiliminde olan mikrobiyal sideroforlar, fitopatojenlerin demire erişimini sınırlayarak patojen popülasyonunun azalmasına neden olur ve böylece bitkilerde hastalık oluşumu ve gelişimini dolaylı olarak azaltabilmektedir (Beneduzi ve ark., 2012; Saha ve ark., 2016).

CAS besiyeri kullanılarak yapılan *in vitro* testler sonucunda 38 bakteriyel izolatın sadece 15 tanesinin siderofor üretme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu 15 antagonist bakteri etrafında ortalama 0.67-2.67 mm aralığında sarımsı bir hat oluşmuştur. Y57, Y28 ve Y32 isimli bakteriler 2.67 mm sarı hat ile siderofor üretme potansiyeli en yüksek bakteriyel izolatlar olarak belirlenmiş ve bunları 2.33 mm ile Y90 izlemiştir. Y49 ise 0.67 mm ile siderofor üretme potansiyeli en düşük izolat olarak belirlenmiştir.

Bitki büyümesini destekleyen bakteriler (PGPB) olarak bilinen, tohum ve kök gibi bitki organlarına uygulandığında bitkilerde gelişmeyi teşvik eden, bitki hastalıklarının baskılanmasında önemli rolleri olan birçok *Pseudomonas* türü vardır. Birçok araştırmacı *Pseudomonas* cinsi bakterilerin bitki hastalıklarının baskılanmasında yaygın olarak kullandıkları mekanizmalardan birinin pyoverdin ve pyochelin gibi sideroforların üretimi olduğunu bildirmiştir (Kloepper ve ark., 1980). Lim ve ark. (2002) tarafından yürütülen bir çalışmada *Pseudomonas fluorescens* GL20 isimli rizobakterinin fasulyelerde *Fusarium solani*'nin

neden olduğu Kök Çürüklüğü Hastalığı'nı kayda değer düzeyde baskıladığını ve aynı zamanda bitki büyümesini teşvik ettiğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise Wensing ve ark. (2010), *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*'nin neden olduğu Soya Fasulyesinde Bakteriyel Yanıklık Hastalığı'nın biyokontrolünde, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* 22d/93'ün etkili olduğunu bildirmiş ve bu antagonist bakterinin önemli düzeyde siderofor ürettiğini rapor etmiştir. *Pseudomonas* cinsinin yanı sıra *Rhizobium*, *Azotobacter* ve *Azospirillum* gibi birçok bakteri cinsine ait çeşitli bakterilerin de biyokontrol etki mekanizmaları sideroforlardır. Örneğin bir çalışmada, hidroksamat tipi siderofor üreten *Azotobacter chroococcum* RRLJ 203'ün *Fusarium oxysporum*, *F. solani* ve *F. moniliforme* gibi birçok fungal patojen üzerinde biyokontrol etkisi olduğu bildirilmiştir (Saikia ve Bezbaruah, 1995).

Indol Asetik Asit (IAA) Üretme Miktarı:

Fitohormonlar, bitkilerde hücre genişlemesi ve bölünmesi, tohum çimlenmesi, çiçeklenme, kök oluşumu, dormansi ve yaprak dökülmesi gibi birçok hücresel ve fizyolojik süreci düzenlemektedir (Lwin ve ark., 2012). Bu hormonların en önemlileri arasında yer alan oksinler; indol, naftalen, fenoksi ve benzol olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır. Indol grubuna dahil olan ve bitkilerde doğal bir şekilde üretilebilen Indol Asetik Asit (IAA), özellikle tepe tomurcukları ve kök uçları gibi meristematik dokularda sentezlenerek bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi teşvik etmektedir (Seçer, 1989). Bu sayede IAA, bitkilerde dayanıklılığı artırarak dolaylı yoldan hastalık oluşumunun ve gelişiminin azaltılmasını sağlayabilmektedir.

İkili kültür testleri sonucunda *Acidovorax citrulli*'ye karşı antibakteriyel etkisi olduğu saptanan 38 bakteriyel izolatın IAA üretme aktivitesi, Salkowski yöntemi uygulanarak hazırlanmış bakteri içeren çözeltilerin spektrofotometrede okunmasıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda bakteriyel izolatların IAA üretme miktarları ($\mu\text{g/ml}$) tespit edilmiştir. Indol Asetik Asit (IAA) üretim miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan analizler sonucunda 27 izolatın düşük miktarda (3.6-26.2 $\mu\text{g/ml}$) IAA ürettiği tespit edilirken 11 izolatın yüksek miktarda (156.8-170.5 $\mu\text{g/ml}$) IAA ürettiği belirlenmiştir. En yüksek IAA üretim miktarı 170.5 $\mu\text{g/ml}$ ile Y90, Y65, Y63, Y61, Y13, OG 7-7, OG 1-2, OG

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

1-10, AZ 10(6)2 ve B isimli izolatlarda görülmüştür. Bunları 156.8 µg/ml üretim miktarı ile Y28 izlemiştir. Y62 ve Y14 ise sırasıyla 5.5 ve 3.6 µg/ml konsantrasyonla en az IAA üreten izolatlar olarak belirlenmiştir.

Çeşitli ülkelerden farklı araştırmacılar tarafından yürütülen birçok çalışmada, bazı rizosfer bakterilerinin IAA üretme yoluyla farklı bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi teşvik ettiği bildirilmiştir (Aktan ve Soylu, 2020). Reetha ve ark. (2014), soğan rizosferinden izole ettikleri ve IAA üretme yeteneğine sahip olduğunu belirledikleri *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens*'in, soğan yumrularına uygulanmasının bitkilerde kök gelişimini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Velusamy ve ark. (2013), rizosferden elde ettikleri PDY7 isimli izolatın *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*'nin neden olduğunu Çeltik Bakteriyel Yanıklığı Hastalığı'nı %51.88 oranında baskıladığını belirlemiş ve bununla birlikte *P. fluorescens* olarak tanımlanan PDY7'nin IAA üretme yoluyla çeltik bitkilerinde büyümeyi desteklediğini rapor etmişlerdir.

Fosforu Çözme Yeteneği: Fosfor, bitkiler için azottan sonra ikinci en önemli bitki besin elementidir. Bitkilerde çeşitli fizyolojik ve biyolojik süreçlerde (hücre bölünmesi, sinyal iletimi, fotosentez vd.) önemli rolleri olan fosforun %95-99'u genellikle toprakta çözünemeyen formda bulunur ve bu nedenle bitkiler fosforu verimli bir şekilde kullanamaz (Vassilava ve ark., 1998). Organik fosfor, birçok toprakta toplam fosforun büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Ancak bitkiler fosforu, genellikle inorganik formda kullanabilirler. Organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu genellikle fosfataz enzimleri aracılığıyla gerçekleşmektedir. Topraktaki fosfataz aktivitesinin ana kaynağının mikrobiyal kökenli olduğu düşünülmektedir. Bitkiler için fosforun kullanılabilirliğini arttırmak amacıyla *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Enterobacter* ve *Bacillus* gibi birçok bakteri cinsi, organik asit üretme yoluyla fosforu bitkiler için alınabilir forma (HPO_4^{2-} ve $H_2PO_4^-$) dönüştürür ve böylece bitkilerde büyüme ve gelişmeyi teşvik eder. Bu fonksiyona sahip bakteriler 'Fosfat Çözücü Bakteriler (PBS)' adlandırılmaktadır (Singal ve ark., 1994). Bitki büyümesini teşvik eden PSB'ler; rekabetçi kök kolonizasyonu, litik enzimler ve allelokimyasalların sentezi ve virülenslik

faktörlerinin detoksifikasyonu gibi çeşitli mekanizmalarla fitopatojenlerin neden olduğu bitki hastalıklarını baskı altına alırlar ve ayrıca bitkilerde hastalıklara karşı direnci uyarabilmektedir (Sülü ve ark., 2016; Paul ve Sinha, 2017; Soylu ve ark., 2021; Kara ve Soylu, 2022; Soylu ve ark., 2022). Mohammed ve ark. (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada fosforu çözdüğü bilinen *Pseudomonas fluorescens*'in lipaz, proteaz ve α -amilaz üreterek *Ralstonia solanacearum*'un metabolik aktivitesine zarar verdiği bildirilmiş ve bu antagonistin uygulandığı domates bitkilerinde *R. solanacearum*'un neden olduğu solgunluk belirtilerinin azaldığı rapor edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, *Acidovorax citrulli*'ye karşı antibakteriyel etkisi ispatlanmış 38 bakteriyel izolatın fosforu çözme yeteneği Pikovskaya Agar besiyeri kullanılarak testlenmiştir. *In vitro*'da yürütülen denemede, 38 izolattan hiçbirinin fosforu çözme yeteneğine sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Rizosfer Bakterilerinin Tohum Uygulaması Yöntemiyle Kavunda Fide Yanıklığı Hastalığı'na Etkisi

Çalışmanın son kısmında ise *in vitro* denemeleri sonucunda üç farklı etki mekanizmasına (Antibiyosis, Siderofor üretme ve IAA üretme) sahip olduğu belirlenen Y28, Y61, Y90, Y13, Y65, OG 1-2 ve OG 7-7 isimli izolatlar ile rizosferden izole edilen bakteriler içerisinde en yüksek antibakteriyel etkiye sahip izolat olan Kavun 10'un kavunlarda Fide Yanıklığı Hastalığı'nı baskılama potansiyeli tohum uygulaması yöntemiyle araştırılmıştır.

Birinci tohum denemesinde, *Acidovorax citrulli* ile bulaşık kavun tohumlarına 8 farklı antagonist bakteriyel izolat uygulanmıştır. Bu bakteriyel izolatlar, hastalık şiddetini %0.48 ile %39.45 aralığında değişen oranlarda azaltmıştır. İstatiksel olarak değerlendirildiğinde, en başarılı istatistiksel grupta yer alan Y28 ve Y90 hastalığı sırasıyla %39.45 ve %34.61 oranında baskılamıştır. İkinci istatistiksel grubu %11.38 etki oranıyla Y61 oluştururken diğer etkili grupta yer alan OG 7-7'de bu oran %9.94 olarak tespit edilmiştir. Diğer 4 izolat (Kavun 10, Y13, OG 1-2 ve Y65) ise hastalığı her ne kadar belirli düzeylerde engellese de kontrole göre

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

uygulamalar arasında istatistiki olarak fark saptanamamıştır (Çizelge 3; Şekil 2).

Çizelge 3. Antagonist Bakterilerin Kavunda Fide Yanıklığı Hastalığı'na Etkisi (Birinci Deneme)

Uygulamalar	Hastalık Şiddeti	% Etki
Y28	33.4 a*	39.45
Y90	36.7 a	34.61
Y61	52.6 b	11.38
OG 7-7	53.6 bc	9.94
Kavun 10	54.8 bcd	8.15
Y13	55.4 bcd	7.37
OG 1-2	58.0 bcd	3.46
Y-65	60.1 cd	0.48
Pozitif Kontrol	60.4 d	

LSD (0.05): 3.89; CV:4.9

*Farklı harfi içeren ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır.



Şekil 2. Y90, Y28, Pozitif ve Negatif Kontrol Uygulamalarının Hastalık Şiddetine Etkisi (Birinci Deneme)

Birinci tohum denemesinde en başarılı uygulamalar olarak tespit edilen Y90 ve Y28 ile kurulan ikinci tohum denemesinde, bu antagonist bakteriyel izolatların Kavunda Fide Yanıklığı Hastalığı'nı engelleme potansiyeli bir kez daha doğrulanmıştır. İstatistiki olarak incelendiğinde, her iki uygulamanın da kontrole göre farklı etkiler göstererek hastalığı kayda değer düzeyde

baskıladığı tespit edilmiştir. Y90 hastalık şiddetini %46.37 oranında azaltarak en başarılı uygulama olarak belirlenirken Y28'de bu oran %18.97 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Antagonist Bakterilerin Kavunda Fide Yanıklığı Hastalığı'na Etkisi (İkinci Deneme)

Uygulamalar	Hastalık Şiddeti	% Etki
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> subsp. <i>plantarum</i> Y-90	22.9 a*	46.37
<i>Providencia rettgeri</i> Y-28	34.6 b	18.97
Pozitif Kontrol	42.7 c	

LSD (0.05): 6.83; CV:11.2

*Farklı harfi içeren ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır

Gerek fillozfer gerekse rizosfer bakterilerinin *Acidovorax citrulli*'nin neden olduğu Bakteriyel Meyve Lekesi ve Fide Yanıklığı Hastalığı'nın biyokontrolünde potansiyel vaat ettiği birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Özellikle *Bacillus* cinsine ait *Bacillus cereus* (Oliveira ve ark., 2006), *Bacillus megaterium* pv. *cerealis* (Santos ve ark., 2006), *Bacillus amyloliquefaciens* (Jiang ve ark., 2015), *Bacillus subtilis* (Fan ve ark., 2017; Sülü, 2020) ve *Bacillus methylotrophicus* (Horuz ve Aysan, 2018b) gibi birçok tür bu hastalığın biyokontrolünde etkin antagonistlerdir.

Bacillus amyloliquefaciens'in karpuz bitkilerinde Bakteriyel Meyve Lekesi ve Fide Yanıklığı'nın biyokontrolünde kullanılabileceğine dair ilk rapor Jiang ve ark. (2015) tarafından verilmiştir. Bu çalışma kapsamında ise *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* ve *Providencia rettgeri* isimli bakteriyel izolatların kavun bitkilerinde biyokontrol bakterisi olarak kullanılabileceği ilk kez ortaya konmuştur.

Başarılı Antagonistlerin Tanısı

Acidovorax citrulli'ye karşı başarısı ispatlanmış Y90 ve Y28 isimli bakteriyel antagonistlerin tanısı MALDI TOF MS yöntemiyle yapılmıştır. Tanı sonucuna göre Y28 izolatı 2.146 benzerlik indeksiyle *Providencia rettgeri* olarak tanımlanmıştır. Y90'nun benzerlik indeksi değeri

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

1.884 olarak belirlenerek *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* ile tam eşleşme sağladığı belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

1980'li yıllardan günümüze kadar Bakteriyel Meyve Lekesi ve Fide Yanıklığı Hastalığı'nın mücadelesi amacıyla peroksiasetik asit (Hopkins ve ark., 2003), kitosan uygulaması (Li ve ark., 2013), laktik asit ve sıcak su uygulaması (Selçuk, 2014), rizobakterilerinin (Adhikari ve ark., 2017; Sülü, 2020) ve fillosfer bakterilerinin kullanımı (Horuz ve Aysan, 2018a) gibi birçok yöntem araştırılmıştır. Ancak patojenin tohum kaynaklı inokulumunu tamamen yok edecek etkili bir yöntem bulunamamış ve hastalık hala dünya çapında özellikle kavun ve karpuz üretim alanlarında tehdit unsuru olmaya devam etmektedir. Bu nedenle bu tez çalışması kapsamında, rizosfer bakterileri ile farklı patojenlere antagonistik etkileri kanıtlanmış bakterilerin, *Acidovorax citrulli*'ye karşı antagonistik etkileri ile etki mekanizmaları incelenmiş ve sonrasında *in vitro*'da etkinliği ispatlanmış antagonistlerin biyolojik tohum uygulamalarıyla hastalık şiddetine etkisi araştırılmıştır.

Biyokontrol etkilerin yanı sıra rizosfer toprak örneklerindeki toplam bakteri popülasyonları tespit edilmiştir. Çam toprağında, tarımsal üretimin yapıldığı toprak örneklerine (kavun, karpuz ve domates) kıyasla daha fazla bakteri popülasyonu bulunmuş ve biyoçeşitliliğin daha fazla olduğu görülmüştür. Çam ağacının köklerinden salgılanan metabolitlerin toprak mikrobiyotasını etkilemesi, bu toprağın tarımsal işlem ve kimyasallara maruz kalmaması dost mikroorganizmaların çeşitliliğini ve popülasyonunu teşvik eden faktörlerdendir.

Kavun, karpuz, domates, çam, okaliptüs rizosferinden alınan toprak örneklerinden izole edilen 241 izolat ve çeşitli patojenlere karşı antagonistik özellikler gösteren 157 bakteriyel izolat olmak üzere toplamda 398 aday antagonist izolat ile kurulan ikili kültür testinde sadece 38 izolatın *Acidovorax citrulli*'ye karşı antibakteriyel etki gösterdiği saptanmıştır. Bu 38 izolatın *in vitro* koşullarda siderofor üretme, IAA üretme miktarı ve fosforu çözme yeteneklerinin araştırıldığı denemeler sonucunda, 38 izolattan 15'inin

siderofor ürettiği belirlenirken hiçbirinin fosforunu çözemediği saptanmıştır. Bununla birlikte 10 izolatın ise yüksek miktarda IAA ürettiği tespit edilmiştir.

In vitro denemeleri sonucunda başarılı bulunan 8 antagonistle kurulan birinci tohum denemesinde, bakteriyel izolatlar hastalık şiddetini %0.48-39.45 aralığında baskılamış ve en iyi etki Y28 ve Y90 uygulamalarında görülmüştür. Birinci tohum denemesinde %40'a yakın oranda hastalık şiddetini azaltan Y90 ve Y28 ile kurulan ikinci tohum denemesinde ise %46.37 etki oranıyla Y90 en başarılı uygulama olarak tespit edilmiştir. MALDI TOF MS yöntemiyle yürütülen tanı çalışmalarında, Y28 kodlu izolat *Providencia rettgeri* ve Y90 kodlu izolat ise *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* olarak tanılanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, *Providencia rettgeri* ve *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, kotiledon yapraklardaki enfeksiyonların kontrol altına alınmasında kayda değer düzeyde başarılı bulunmuştur. Ancak bu çalışmayı, etkili bulunan antagonistlerin gerçek yaprak ve meyve enfeksiyonlarına olan etkisinin araştırılmasına yönelik çalışmalar izlemelidir. Ayrıca etkili bulunan biyolojik etmenlerin daha kapsamlı olarak araştırılarak farklı etkiye sahip antagonistlerle karışımlarının Bakteriyel Meyve Lekesi ve Fide Yanıklığı Hastalığı'nı baskılama potansiyelleri detaylı olarak incelenmelidir. Bunların yanı sıra *Acidovorax citrulli* ile mücadelede etkili olabilecek yeni yerel antagonistlerin keşfedilmesine yönelik çalışmaların yürütülmesi fayda sağlayacaktır. Bu bağlamda bu çalışma, gelecekte yapılacak akademik çalışmalara yol gösterici nitelikte olması yönüyle oldukça önemlidir.

Teşekkür

Başarısı kanıtlanan antagonist bakteriyel izolatların tanılanmasında değerli katkılar sunan Prof. Dr. Soner Soylu'ya (Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü) teşekkür ederiz.

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Kaynaklar

- Adebayo, T. A., Oio, O. A., Olaniran, O. A. (2007) Effect of two insecticides Karate and Thiodan on population dynamics of four different soil microorganisms. *Research Journal of Biological Sciences*, 2(5): 557-560.
- Adhikari, M., Yadav, D. R., Kim, S.W., Um, Y. H., Kim, H. S., Lee, S.C., Song, J.Y., Kim, H. G., and Lee, Y. S. (2017) Biological control of bacterial fruit blotch of watermelon pathogen (*Acidovorax citrulli*) with rhizosphere associated bacteria. *The Plant Pathology Journal*, 33(2): 170–183.
- Ahmad, F., Babalola, O. O., and Tak, H. I. (2012) Potential of MALDI-TOF mass spectrometry as a rapid detection technique in plant pathology: identification of plant-associated microorganisms. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 404: 1247-1255.
- Aktan, Z.C., ve Soylu, S. (2020) Diyarbakır ilinde yetişen badem ağaçlarından endofit ve epifit bakteri türlerinin izolasyonu ve bitki gelişimini teşvik eden mekanizmalarının karakterizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(3): 641-654.
- Aktepe, B. P., and Aysan, Y. (2023) Biological control of fire blight disease caused by *Erwinia amylovora* on apple. *Erwerbs-Obstbau*, 65(4): 645-654
- Anonim (2023) TUIK. <https://data.tuik.gov.tr> [Erişim Tarihi:16.12.2023].
- Arora, N. K., Tewari, S., Singh, R. (2013) Multifaceted plant-associated microbes and their mechanisms diminish the concept of direct and indirect PGPRs. *Plant Microbe Symbiosis: Fundamentals and Advances*. New Delhi: Springer India, 411-449.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., Passaglia, L.M. (2012) Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology*, 35: 1044–1051.
- Block, C. C., and Shepherd, L. M. (2008) Long-term survival and seed transmission of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in melon and watermelon seed. *Plant Health Progress*, 9(1): 36.
- Boiteau, R. M., Mende, D. R., Hawco, N. J., Mellvin, M. R., Fitzsimmons, J. N., Saito, M. A., Sedwick, P. N., Delong, E. F., and Repeta, D. J. (2016) Siderophore-based microbial adaptations to iron scarcity across the eastern Pacific Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(50): 14237-14242.
- Bozkurt, İ. A. ve Soylu S. (2019) Elma kök uru hastalığı etmeni *Rhizobium radiobacter*'e karşı epifit ve endofit bakteri izolatlarının antagonistik belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16: 348-361
- Burdman, S., and Walcott R. (2012) *Acidovorax citrulli*: generating basic and applied, knowledge to tackle a global threat to the cucurbit industry. *Molecular Plant Pathology*, 13(8): 805–815.
- Duman, K. and Soylu, S. (2019) Characterization of plant growth-promoting traits and antagonistic potentials of endophytic bacteria from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Bitki Koruma Bülteni*, 59: 59-69.
- Fan, H., Zhang, Z., Li, Y., Zhang, X., Duan, Y., Wang, Q. (2017) Biocontrol of bacterial fruit blotch by *Bacillus subtilis* 9407 via surfactin-mediated antibacterial activity and colonization. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1973.
- Frankle, W. G., Hopkins, D. L. and Stall, R. E. (1993) Ingress of the watermelon fruit blotch bacterium into fruit. *Plant Disease*, 77: 1090-1092.
- Hopkins, D. L., Thompson, C. M., Hilgren, J., and Lovic, B. (2003) Wet seed treatment with peroxyacetic acid for the control of bacterial fruit blotch and other seedborne diseases of watermelon. *Plant Disease*, 87(12): 1495-1499.
- Horuz S., and Aysan Y. (2018a) Biological control of watermelon seedling blight caused by *Acidovorax citrulli* using antagonistic bacteria from the genera *Curtobacterium*, *Microbacterium* and *Pseudomonas*. *Plant Protection Science*, 54(3): 138–146.
- Horuz, S., and Aysan, Y. (2018b) Biocontrol of watermelon fruit blotch [*Acidovorax citrulli* (Schaad et al.) Schaad et

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

- al.] under greenhouse and field conditions. Bitki Koruma Bülteni, 58(3): 171-182.
- Horuz, S. (2021) *Pseudomonas oryzae*: a potential bacterial antagonist for the management of bacterial fruit blotch (*Acidovorax citrulli*) of cucurbits. Journal of Plant Pathology, 103(3): 751-758
- Jiang, C. H., Wu, F., Yu, Z. Y., Xie, P., Ke, H. J., Li, H. W., ve Guo, J. H. (2015) Study on screening and antagonistic mechanisms of *Bacillus amyloliquefaciens* 54 against bacterial fruit blotch (BFB) caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. Microbiological research, 170: 95-104.
- Johnson, L. F., ve E. A. Curl. (1972) Method for research on ecology of soil borne pathogens. Burgess Publishing Co., Minnesota, 247 s.
- Kara, M., and Soylu, S. (2022) Isolation of endophytic bacterial isolates from healthy banana trees and determination of their *in vitro* antagonistic activities against crown rot disease agent *Fusarium verticillioides*. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(1): 36-46.
- Khalid, A., Arshad, M., Shaharoon, B., Mahmood T. (2009) Plant growth promoting rhizobacteria and sustainable agriculture. Springer Berlin, Heidelberg, 358 s.
- Klement Z., Rudolph K. ve Sands D. C. (1990). Methods in Phytobacteriology, Akademia Kiado, Budapest, 568 s.
- Kloepper, J. W., Leong, J., Teintze, M., and Schroth, M. N. (1980) *Pseudomonas* siderophores: a mechanism explaining disease-suppressive soils. Current microbiology, 4: 317-320.
- Li, B., Shi, Y., Shan, C., Zhou, Q., Ibrahim, M., Wang, Y., Wu, G., Li, H., Xie, G., ve Sun, G. (2013) Effect of chitosan solution on the inhibition of *Acidovorax citrulli* causing bacterial fruit blotch of watermelon. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(5): 1010-1015.
- Lim, H. S., Jung, M. L., ve Sang, D. K. (2002) A plant growth-promoting *Pseudomonas fluorescens* GL20: mechanism for disease suppression, outer membrane receptors for ferric siderophore, and genetic improvement for increased biocontrol efficacy. Journal of Microbiology and Biotechnology, 12(2): 249-257.
- Lwin, K. M., Myint, M. M., Tar, T., and Aung, W. Z. M. (2012) Isolation of plant hormone (indole-3-acetic acid-IAA) producing rhizobacteria and study on their effects on maize seedling. Engineering Journal, 16(5): 137-144.
- Mirik, M., Aysan, Y., Cinar, O. (2008) Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* strains. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32(5): 381-390.
- Mohammed, A. F., Oloyede, A. R., and Odeseye, A. O. (2020) Biological control of bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum* using *Pseudomonas* species isolated from the rhizosphere of tomato plants. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 53(1-2): 1-16.
- Oliveira A., Santos M. H. M., Silveira E. B., Gomes A. M. A., Mariano R. L. R. (2006) Biological control of bacterial blotch of melon by seed treatment with epiphytic and endophytic bacteria. Horticultura Brasileira, 24: 373-377.
- Pampulha, M. E., and Oliveira, A. (2006) Impact of an herbicide combination of bromoxynil and prosulfuron on soil microorganisms. Current Microbiology, 53: 238-243
- Patten, C. L. and Glick, B. R. (2002) Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology, 68: 3795-3801.
- Paul, D., and Sinha S. N. (2017) Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacterium *Pseudomonas aeruginosa* KUPSB12 with antibacterial potential from river Ganga, India. Annals of Agrarian Science, 15(1): 130-136
- Pikovskaya, R. I. (1948) Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbes species. Microbiology. 17: 362-370.
- Reetha, S., Bhuvaneshwari, G., Thamizhiniyan, P., and Mycin, T. R. (2014) Isolation of indole acetic acid (IAA) producing rhizobacteria of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* and

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

- enhance growth of onion (*Allium cepa* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 3(2): 568-574.
- Saha, M., Sarkar, S., Sarkar, B., Sharma, B. K., Bhattacharjee, S., and Tribedi, P. (2016) Microbial siderophores and their potential applications: a review. Environmental Science and Pollution Research, 23: 984-3999.
- Saikia, N., and Bezbruah, B. (1995) Iron dependent plant pathogen inhibition through *Azotobacter* RRL J203 isolated from iron rich acid soil. Indian Journal of Experimental Biology, 33(8), 571-575.
- Santos, E.R., Gouveia, E.R., Mariano, R.L.R. and Souto-Maior, A.M. (2006) Bicontrol of bacterial fruit blotch of melon by bioactive compounds produced by *Bacillus* spp. Summa Phytopathologica, 32(4): 376-378.
- Sari, N., Solmaz, I., and Yetisir, H. (2007) Watermelon genetic resources in Turkey and characteristics. Acta Horticulturae, 731(731): 433-438.
- Schwyn B., and Neilands JB. (1987) Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. Analytical Biochemistry, 160(1): 47-56.
- Seçer, M. (1989) Doğal büyüme düzenleyicilerin (bitkisel hormonların) bitkilerdeki fizyolojik etkileri ve bu alanda yapılan araştırmalar, Derim, 6(3): 109-124.
- Selçuk, H., 2014. *Acidovorax citrulli*'nin Karpuzun Tohum, Fide, Meyvesinden İzolasyonu ve Farklı Tohum Uygulamalarının Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığının Çıkışı Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 126 sayfa.
- Singal, R., Gupta, R., ve Saxena, R.K. (1994) Rock phosphate solubilization under alkaline conditions by *Aspergillus japonicus* and *A. foetidus*. Folia Microbiologica, 39: 33-36.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş. and Soyly, E. M. (2021) Determination of antagonistic potential of endophytic bacteria isolated from lettuce against lettuce white mould disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. Zemdirbyste-Agriculture, 108: 303-312.
- Soylu, S., Kara, M., Soyly, E. M., Uysal, A., ve Kurt, Ş. (2022). *Geotrichum citri-aurantii*'nin sebep olduğu turuncgil ekşi çürüklük hastalığının biyolojik mücadelesinde endofit bakterilerin biyokontrol potansiyellerinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 19: 177-191.
- Sülü, S. M., Bozkurt, İ. A., ve Soyly, S. (2016) Bitki Büyüme Düzenleyici ve Biyolojik Mücadele Etmeni Olarak Bakteriyel Endofitler. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 21: 103-111.
- Sülü, S. M (2020) Karpuz bakteriyel fide yanıklığı hastalığının (*Acidovorax citrulli*) biyolojik mücadelesinde endofit ve epifit bakterilerin etkinliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, 121 sayfa.
- Thiele-Bruhn, S., Bloem, J., de Vries, F. T., Kalbitz, K., and Wagg, C. (2012) Linking soil biodiversity and agricultural soil management. Current Opinion in Environmental Sustainability, 4(5):523-528.
- Uysal, A., Kurt, Ş., Soyly, S., Soyly, E. M., ve Kara, M. (2019) Yaprığı yenen sebzelerdeki mikroorganizma türlerinin MALDI-TOF MS (Matris Destekli Lazer Desorpsiyon/İyonizasyon Uçuş Süresi Kütle Spektrometresi) tekniği kullanılarak tanınması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29: 595-603.
- Vassileva, M., Vassilev, N., Azcon, R. (1998) Rock phosphate solubilization by *Aspergillus niger* on olive cake-based medium and its further application in soil-plant system. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 14: 281-284.
- Velusamy, P., Immanuel, J.E., Gnanamanickam, S.S. (2013) Rhizosphere bacteria for biocontrol of bacterial blight and growth promotion of rice. Rice Science, 20(5): 356-362
- Walcott, R.R., Gitaitis, R.D. and Castro, A.C. (2003) Role of blossoms in watermelon seed infestation by *Acidovorax avenae*

Kavunda Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığı'nın Biyolojik Mücadelesinde Rizosfer Bakterilerinin *in vitro* ve *in vivo* Koşullarda Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

- subsp. *citrulli*. Phytopathology, 93: 528-534.
- Walcott, R. R. (2008) Integrated pest management of bacterial fruit blotch of cucurbits. In: Integrated Management of diseases caused by fungi, phytoplasma and bacteria. Springer Dordrecht, Netherlands, 419 s.
- Wensing, A., Braun, S. D., Büttner, P., Expert, D., Völksch, B., Ullrich, M. S., ve Weingart, H. (2010) Impact of siderophore production by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* 22d/93 on epiphytic fitness and biocontrol activity against *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* 1a/96. Applied and environmental microbiology, 76(9): 2704-2711.
- Wieser, A., Schneider, L., Jung, J., and Schubert, S. (2012) MALDI-TOF MS in microbiological diagnostics identification of microorganisms and beyond (mini review). Applied microbiology and biotechnology, 93: 965-974



Research Article

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

Gülsevim TİRİNG^{*1}, Medine ADA², Murat ADA², Rocheylın DONA², Çağlar KALKAN², Serdar SATAR^{1,2}

ABSTRACT

The olive moth, *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) is a significant pest of olive trees in Turkey. This study aimed to investigate the monitoring of the population fluctuation of *P. oleae* at different time intervals. The study was conducted in 3 different olive orchards located in the Mersin province between 2020 and 2022 years. Traps were inspected weekly, and the numbers of captured *P. oleae* individuals were recorded separately. The results of the study revealed that the first adults of *P. oleae* in 2022 were caught in the first week of April. In the second year of the study, in all three orchards, the population was lower due to the effects of insecticide applications and increased precipitation compared to other years. In the study found that the highest population peak occurred in the third week of September. Recording the population peaks and understanding of the timing of *P. oleae* population fluctuations can provide valuable information for implementing Integrated Pest Management (IPM) strategies in olive orchards. By considering these population dynamics, informed decisions can be made to effectively manage and control *P. oleae* populations, ultimately aiding in the protection of olive crops.

Keywords: Mersin, trap, Olive moth, population change

***Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae)'nın Üç Farklı Zeytin Bahçesindeki Popülasyon Dalgalanması**

ÖZ

Zeytin güvesi, *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae), Türkiye'deki zeytin ağaçlarının önemli bir zararlısıdır. Bu çalışma, *P. oleae*'nin popülasyon dalgalanmasının farklı zaman aralıklarında takip etmeyi amaçlamıştır. Denemeler 2020-2022 yılları arasında Mersin ilinde bulunan 3 farklı zeytin bahçesinde yürütülmüştür. Tuzaklar haftalık olarak kontrol edilmiş ve yakalanan *P. oleae* bireylerinin sayısı ayrı ayrı kaydedilmiştir. Çalışmada, *P. oleae*'nin ilk erginleri 2022'de nisan ayının ilk haftasında yakalanmıştır. Çalışmanın ikinci yılında ise her üç bahçede de insektisit uygulamalarının etkisi ve yağışların fazla olması nedeniyle diğer yıllara göre popülasyon daha düşük olmuştur. Genel olarak, çalışmada en yüksek popülasyon eylül ayının üçüncü haftasında gözlemlenmiştir. Popülasyon piklerini belirlemek ve *P. oleae* popülasyon dalgalanmalarının tespit etmek, zeytin bahçelerinde Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) stratejilerinin uygulanması için değerli bilgiler sağlayabilir. Bu popülasyon dinamikleri dikkate alınarak, *P. oleae* popülasyonlarının etkili bir şekilde yönetilmesi ve zararlı ile etkin bir şekilde mücadele edilmesi için bilinçli kararlar alınabilir ve sonuç olarak zeytin bitkilerinin korunmasına yardımcı olunabilir.

Anahtar kelimeler: Mersin, popülasyon değişimi, tuzak, Zeytin güvesi.

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 17.08.2024

Kabul Tarihi: 23.10.2024

¹ BIOTEK Scientific Services, Agricultural R&D and Consultancy Company, Çukurova Technocity, Adana

² Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Çukurova University, Adana

*E-posta: glsvm.trng@gmail.com

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

Introduction

The olive moth *Prays oleae* (Bern) (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) is a widespread pest that affects olive trees (*Olea europaea* L.) in various regions, including the Mediterranean, Black Sea, Middle East, and Canary Islands (Tzanakakis, 2003; Kumral et al., 2005). The infestation caused by this moth can result in substantial losses in olive oil production, with potential reductions ranging from 50 to 60% (Arambourg and Pralavorio, 1986, Tzanakakis 2003; Ortiz et al., 2021). *Prays oleae* is a monophagous species, meaning it feeds exclusively on a single host plant, which in this case is the olive tree. *P. oleae* has a life cycle that typically consists of three generations per year (Kovancı and Kumral, 2004; Kaçar and Ulusoy, 2007; Kaplan and Alaserhat, 2020, Ortiz et al., 2021). Each generation represents a distinct period of development and reproduction within the population. The first generation appears from females of the overwintered generation, which lay their eggs in flower buds during April. The newly hatched larvae subsequently feed on the buds and flowers losses (Kovancı and Kumral, 2004; Kumral and Kovancı, 2004; Kumral et al., 2005; Kaçar and Ulusoy, 2007). The second generation emerges in early June, with females depositing their eggs near the stem of small fruits. The larvae then tunnel into the stone of the olive fruit, causing notable damage (Çakıllar, 1959; Çetin and Alaoğlu, 2005; Kumral and Kovancı, 2004; Kumral et al. 2005). By September, when the larvae complete their development and leave the fruit, they trigger substantial fruit drop, leading to significant crop losses (Kovancı and Kumral, 2004; Kumral and Kovancı, 2004; Kumral et al. 2005).

To manage *P. oleae* populations, olive growers often implement integrated pest management strategies. These strategies may include biological control (using natural enemies of the pest) (Alves et al., 2021; Martínez-Núñez et al., 2021), and targeted pesticide applications when necessary (Wiesman, 2009). Regular monitoring of population levels and pest damage can help determine the appropriate timing and intensity of control measures (Kumral et al., 2005; Tiring and Satar, 2017; 2021).

Several studies have been conducted in Türkiye to investigate the population dynamics of *P. oleae*. Çakıllar (1959), inspected the biology of *P. oleae* in the Marmara Region, while Bozan et al. (1994) focused on the population changes and damage rates in the Black Sea Region. Güçlü et al. (1995), studied the infestation rates in the Artvin, while Yayla et al. (1995), inspected the first egg-laying period, infestation rates, and natural enemies of *P. oleae* in Antalya. Çetin and Alaoğlu (2005), provided information on damage and population density in the Mut district. Turanlı et al. (2011), investigated the population dynamics and damage ratio of *P. oleae* in olive-growing regions of İzmir and Manisa provinces while Kaplan and Alaserhat (2020), conducted a study on the population of *P. oleae* in the region of Mardin.

It is worth noting that specific population data for *P. oleae* may vary depending on the region and available research studies. In this particular study, the population density rate of *P. oleae* was monitored in various olive orchards located in the Toroslar district of Mersin, Türkiye.

Material and Method

Field area

The study was conducted in the neighborhoods of Işıktepe, Doruklu, and Musalı situated in Mersin, a coastal city in southern Türkiye along the Mediterranean coast. The experimental fields consisted of olive orchards planted with the Gemlik cultivar, and the trees in these orchards were approximately 10-15 years old.

Trapping

Between 2020 and 2022, the flight activity of male *P. oleae* was monitored using three Delta traps (Trece Inc., Salinas, CA, USA) equipped with sticky inserts. These inserts were baited with synthetic sex pheromone [(Z)-7-14:Ald]. The pheromone traps were hung on the trees in orchards in the third week of May in 2020 and 2021 whereas in 2022 were installed the last week of March. Traps were hung at a height of 1.5-2.0 m from the soil and to the south of the trees. In traps, pheromone capsules were changed every five weeks. The traps were checked once a week, and the numbers of *P. oleae* caught were recorded separately. Following each count, the traps were thoroughly

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

cleaned and replaced to prevent any mixing with previously captured specimens from different counting periods.

Climate data

Daily climate data, including relative humidity, precipitation, mean temperature, minimum temperature, and maximum temperature, were acquired from the Türkiye State Meteorological Service for the duration of the study.

Results And Discussion

Figure 1 shows the population density of *P. oleae* in various olive orchards located in neighborhoods of Işıktepe, Doruklu, and Musalı, the Toroslar district of Mersin between 2020 and 2022. In 2020, the first adults (4 adults/trap) were detected in the olive orchard in Işıktepe in the first week of June. The highest number of adults was 14 adults/trap in the third week of September 2020 during the study in this orchard. Also, the last adults of 2020 were detected in November. The first adults in Doruklu were observed in the second week of June. The number of moths detected in this orchard is generally low. However, in the third week of September, the number of moths caught in traps increased to 12 adults/trap. In this orchard, the last adults were caught in the last week of September. The first adults in Musalı were observed in the second week of June. The highest population (8 adults/trap) was detected in the third week of September. The last moths were caught in the third week of October.

In 2021, the first adults were detected in the olive orchard in Işıktepe in the first week of June. The last moths were caught in second week of August. There is no moths in Doruklu were caught during the second year of study. The first adults (4 adults/trap) in Musalı were observed in the first week of June. The last moths were caught in the third week of August. The lower population observed in the second year of the study compared to other years can be attributed to the application of insecticides. Specifically, insecticides were applied twice in Işıktepe and Musalı, and three times in Doruklu during that year. The repeated application of insecticides likely played a role in suppressing the population of the target insect pest, resulting in reduced numbers observed during the second year of the

study. Furthermore, the higher precipitation experienced in the second year compared to the other years resulted in a decrease in the population of *P. oleae* (Figure 2). The increased precipitation had a significant impact on the population dynamics of the pest.

During the third year of the study, the first adults of the *P. oleae* were captured in the first week of April in three orchards. The early hanging of the traps in the third year enabled the earlier capture of the moths. However, in Doruklu, where repeated insecticide applications were carried out, no moths were caught in the traps after the first adults. In Işıktepe (6 adults/trap) and Musalı (15 adults/trap), the highest population in the leaf generation of *P. oleae* was observed during the first week of May. On the other hand, the highest population of the fruit generation of *P. oleae* was observed in the third week of September (Işıktepe 11 adults/trap; Musalı: 12 adults/trap). This suggests that during this time, the *P. oleae* population was predominantly in the stage of infesting and causing damage to the fruit.

To ensure effective control and successful management of the *P. oleae*, it is crucial to select the timing of pesticide applications. During the course of this research, traps were utilized to assess the population dynamics of *P. oleae*. In a separate study conducted in Northern Greece, Andreadis et al. (2011), employed pheromone traps to determine the optimal timing for spraying against *P. oleae*. These findings emphasize the significance of accurately timing pesticide applications to target critical periods in the life cycle of *P. oleae*. By aligning pesticide use with the appropriate stages of the population of pests, more effective control measures can be implemented, contributing to successful pest management in olive orchards. Furthermore, the use of pheromone traps and other monitoring tools can provide valuable data on the population dynamics of *P. oleae*, allowing for a more targeted and strategic approach to pest management. By understanding the specific timing of peak activity or reproduction periods for *P. oleae*, farmers and pest management professionals can more effectively plan and execute pesticide applications to maximize their

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

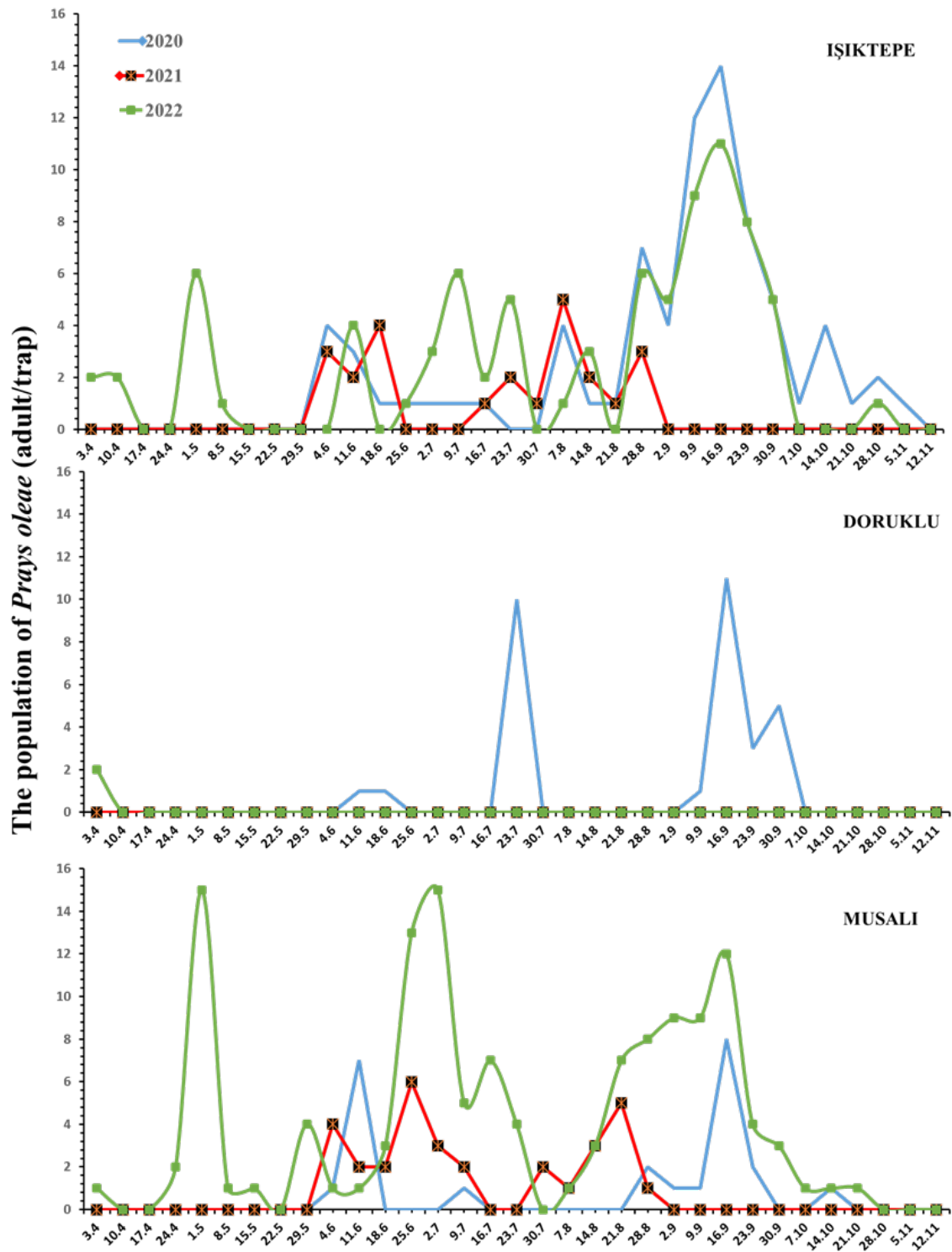


Figure 1. The population development of *Prays oleae* in Mersin province between 2020 and 2022.

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

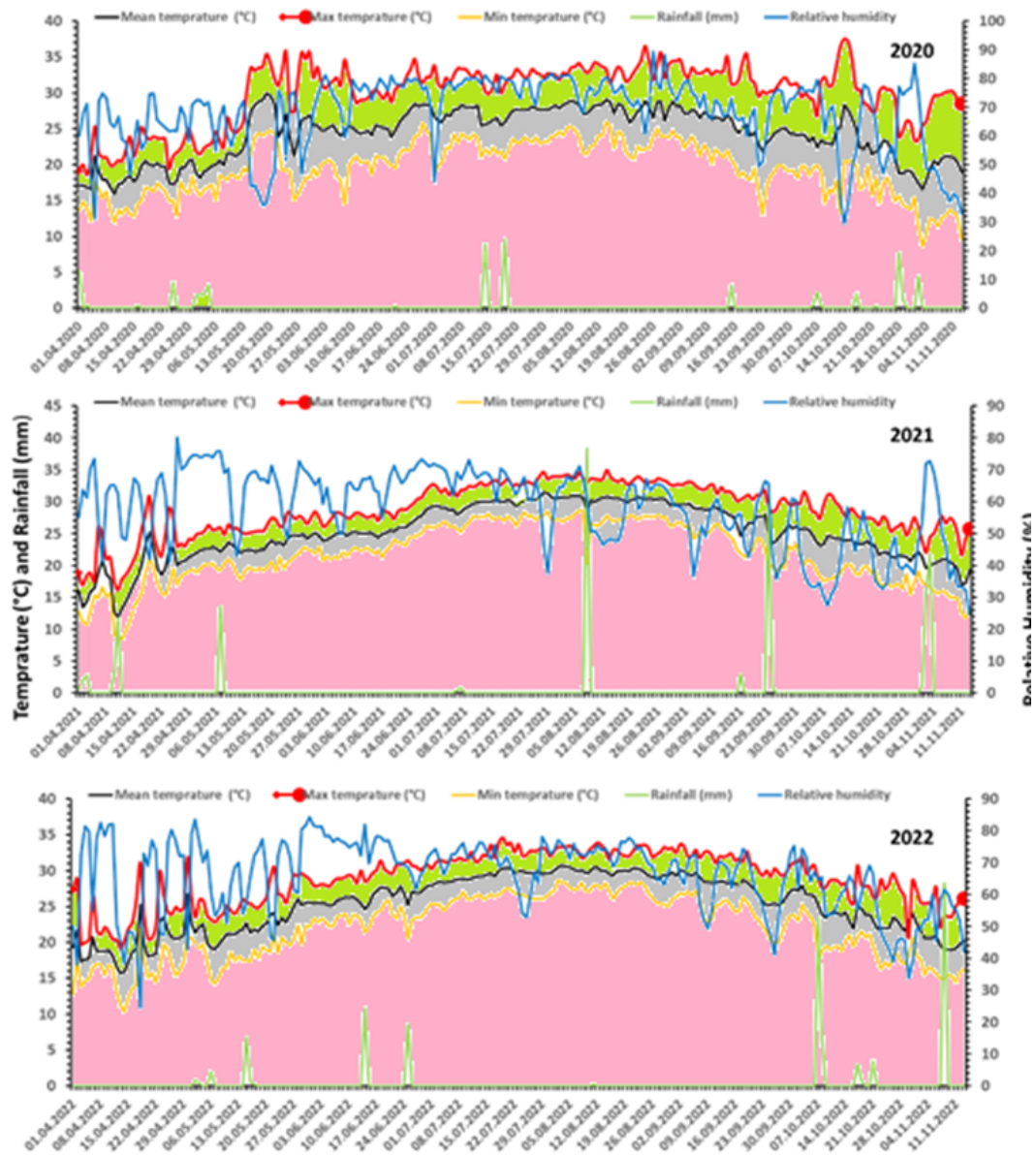


Figure 2. The climate data in Mersin province between 2020 and 2022.

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

impact on reducing pest populations. This integrated approach not only ensures more efficient use of pesticides but also minimizes environmental impact and promotes sustainable agricultural practices in olive orchards. Since our study includes population data, it provides valuable information for the pest control.

Kaçar and Ulusoy (2007), conducted research in Adana and detected that *P. oleae* produced three generations. The leaf-generation adults emerged from the first half of April to the end of May, the flower-generation adults emerged in the last ten days of May until early July, and the fruit-generation adults emerged from late September to mid-December. In our research conducted in Işıktepe, we observed that the leaf-generation adults appeared from the beginning of April to the end of May, the flower-generation adults emerged from the first week of June until the last week of July, and the fruit-generation adults emerged from the first week of August to November in 2022. During our study in Musalı in 2022, we noted that leaf-generation adults were present from early April to the second week of May, flower-generation adults emerged from the third week of May to the end of July, and fruit-generation adults appeared from early August to November. The data obtained were consistent with the study conducted by Kaçar and Ulusoy (2007), due to the similarity in climate conditions where the studies were carried out. Additionally, our research revealed that the abundance and distribution of leaf, flower, and fruit-generation adults were influenced by temperature and precipitation patterns. This suggests that climate conditions play a significant role in shaping the life cycle of these insects in Mersin. Further studies are needed to explore the specific environmental factors driving the observed patterns and to assess potential implications for agricultural practices in the region. Helvacı and Özden (2020) conducted a research in Kıbrıs and found that the highest population of *P. oleae* occurred between August and November. Our study similarly determined a high population in September. Our findings are consistent with the

research conducted by Helvacı and Özden (2020), indicating that September is a critical period for *P. oleae* population. Özpınar et al. (2011), observed wintering progeny adults of *P. oleae* in Çanakkale, noting population peaks on May 5, May 13, and May 4. Kaplan et al. (2015), observed that adult moth activity of *P. oleae* was initiated in early April, and the presence of adults from the first and second generations overlapped until mid-June. The differences observed in other study may be attributed to regional variations and different pest management practices. These factors can influence the population dynamics of *P. oleae*, highlighting the importance of considering local conditions and management strategies while studying and monitoring pest populations. It is crucial for researchers and pest management professionals to take into account the specific environmental and agricultural conditions of each region in order to develop effective strategies for controlling *P. oleae* populations. By understanding the unique life cycle and population dynamics of this pest in different areas, targeted and sustainable management practices can be implemented to minimize its impact on olive crops. Additionally, continued monitoring and research are essential for staying ahead of potential shifts in *P. oleae* populations and behavior, especially in light of changing climate patterns and evolving agricultural practices.

Conclusion

P. oleae is a significant pest that poses a direct threat to olive trees, particularly through damage to flowers and fruits, which are crucial for income generation in our country. It is important to note that uncontrolled spraying practices against *P. oleae* can result in potential residue risks on the fruit, which can further impact marketability.

Implementing alternative control methods, such as biological and biotechnical approaches, can help decrease the density of the adult population of *P. oleae*. These methods offer effective pest control while reducing the risk of yield loss. It is crucial to monitor orchards regularly and take

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

timely precautions to prevent the population of the pest from increasing. By implementing necessary measures and interventions based on proper monitoring, the risk of yield loss and economic impact can be minimized. Moreover, educating and training farmers on integrated pest management practices can also play a vital role in controlling *P. oleae* infestations. By promoting sustainable and environmentally friendly approaches, we can ensure the long-term health and productivity of olive orchards. Collaboration between scientists, agricultural experts, and farmers is essential to develop comprehensive strategies that address the challenge of *P. oleae* infestations while minimizing the use of chemical pesticides. Through collective efforts and proactive measures, we can safeguard our olive trees and preserve the economic stability of our olive industry for future generations.

Acknowledgements

This study was presented as an oral presentation at the '3rd International Conference on Agriculture, Food Security & Safety'.

References

- Andreadis, S.S., Raptis, D.G., Konstantinou, G.A., Soultani M.S. (2011) Monitoring and control of the Olive moth *Prays oleae* in the prefecture of Evros. Научни трудове на русенския университет - 50, 1.1.
- Alves, J.F., Mendes, S., Alves da Silva, A., Sousa, J.P., Paredes D. (2021) Land-use effect on olive groves pest *Prays oleae* and on its potential biocontrol agent *Chrysoperla carnea*. *Insects* 12(1), 46. ; <https://doi.org/10.3390/insects12010046>
- Arambourg, Y., Pralavorio, R. (1986) "Hyponomeutidae. pp. 47– 70" In: *Traité d'Entomologie Oléicole*, (Ed: Y. Arambourg) Conseil Oléicole International, 360, Madrid, Spain.
- Bozan, İ., Yıldırım, A. F., Kılıç, M. (1994) Karadeniz Bölgesi zeytin ağaçlarında zarar yapan zeytin güvesi (*Prays oleae* Bern.)'nin popülasyon değişimi ve zarar oranı üzerinde ön çalışmalar. *Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı*, (24-25), 1989-1990.
- Çakıllar, M., (1959). Investigations on the biology of olive groves in Marmara region. Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Food and Control. Istanbul Printing House, Istanbul, 100p.
- Çetin, H., Alaoglu Ö. (2005) Research on population change and damage of olive moth (*Prays oleae* Bern.) (Lepidoptera: Hyponomeutidae) in Mut (Mersin) district. *Turk J Entomol*, 29(2):125–134.
- Güçlü, S., Hayat, R., Özbek H. (1995) Phytophagous and predator insect species found in olive (*Olea europaea* L.) in Artvin and its locality. *Turk J Entomol*, 19 (3): 231–240.
- Helvacı, M., Özden, Ö. (2020) Population fluctuation of olive moth, *Prays oleae* (Bern.) (Lepidoptera: Hyponomeutidae) in Turkish Republic of Northern Cyprus. *IJAFLS*, 4(1), 147-154.
- Kaçar, G., Ulusoy, R. (2007) Zeytin güvesi, *Prays oleae* Bern. (Lepidoptera: Hyponomeutidae) 'nin bazı zeytin çeşitlerinde popülasyon gelişmesinin saptanması. *Ç.Ü. Zir. Fak. Derg.*, 22(1): 73-80.
- Kaplan M., Alaserhat İ., 2020. Determination of distribution, population change, infestation and damage situation of Olive Moth, *Prays oleae* (Bernard) (Lepidoptera: Praydidae) causing damage in olive orchards. *Erwerbs-Obstbau*, 62(3), 301-307. <https://doi.org/10.1007/s10341-020-00493-y>
- Kaplan, C., Büyük, M., Eren, S. (2016) Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde zeytin ağaçlarında zarar yapan Zeytin güvesi, *Prays oleae* (Bern.) (Lepidoptera: Hyponomeutidae)'nin yayılışı, popülasyon değişimi ve bulaşma oranı üzerine çalışmalar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 23-29. <https://doi.org/10.19159/tutad.89499>
- Kovancı, B., Kumral, N.A. (2004) Insect pests in olive groves of Bursa (Turkey). In: 5th Int. Symp. Olive Growing, 27 Sep to 2 Oct, 68 p Izmir, Turkey.
- Kumral N.A., Kovancı B., 2004. The effective natural enemies on pests in olive groves of

The Population Fluctuation of *Prays oleae* Bern (Lepidoptera: Praydidae, Yponomeutidae) in Three Different Olive Orchards

- Bursa (Turkey) and the population fluctuations of important species. In: 5th Int. Symp. Olive Growing, 59, Izmir, Turkey, 27 Sep to 2 Oct.
- Kumral, N.A., Kovancı, B., Akbudak, B. (2005). Pheromone trap catches of the olive moth, *Prays oleae* (Bern.)(Lep., Plutellidae) in relation to olive phenology and degree-day models. *J. Appl. Entomol.*, 129(7), 375-381. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.00985.x>
- Martínez-Núñez, C., Rey, P.J., Salido, T., Manzaneda, A.J., Camacho, F.M., Isla, J., (2021) Ant community potential for pest control in olive groves: Management and landscape effects. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 305, 107185. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107185>
- Ortiz, A., Porras, A., Marti, J., Tudela, A., Rodríguez-González, Á., Sambado, P. (2021) Mating disruption of the olive moth *Prays oleae* (Bernard) in olive groves using aerosol dispensers. *Insects*, 12(12), 1113. <https://doi.org/10.3390/insects12121113>
- Özpınar, A., Polat, B., Şahin, A.K. (2011) Determination of population development of *Prays oleae*, Bernard 1788 (Lepidoptera: Praydidae) in olive areas in Çanakkale province. In: Proceedings of Turkey 4rd Plant Protection Congress, 28–30 June, 8, Kahramanmaraş, Turkey.
- Tiring, G., Satar, S. (2017). *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera: Tephritidae)'nın bazı meyve bahçelerinde popülasyon dalgalanması. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 7(3), 239-247. <http://dx.doi.org/10.16969/entoteb.381234>
- Tiring, G., Satar, S. (2021). Annual population fluctuations of Mediterranean fruit fly in the Eastern Mediterranean Region of Turkey; Problem of non-marketing fruit. *Phytoparasitica*, 49(5), 807-817. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00932-w>
- Turanlı, T., Kaplan, C., Hepdurgun, B., (2011) Determination of the population change and the harmful ratio of the olive moth [*Prays oleae* (Bern.)] (Lepidoptera: Yponomeutidae) which harms in the olive areas in Izmir and Manisa provinces. In: Proceedings of Turkey 4rd Plant Protection Congress, 28–30 June, 303, Kahramanmaraş-Turkey.
- Tzanakakis, M.E. (2003) Seasonal development and dormancy of insects and mites feeding on olive: a review. *Netherlands Journal of Zoology*. 52 (2/4), 87– 224.
- Wiesman, Z. (2009) Biotechnologies for intensive production of olives in desert conditions. *Desert olive oil cultivation: Advanced Biotechnologies*. Academic Press, London.
- Yayla, A., Kelten, M., Davarcı, T., Salman, A., (1995). Investigation of possibilities of biological struggle against the olive pests Antalya province. *Plant Protect. Bull.*, 35 (1): 63–91.



Research Article

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

Üzeyir DURNA¹, Ekrem ATAKAN*² Serkan PEHLİVAN²

ABSTRACT

The chili thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), was detected for the first time on blueberry fruits in 2020 in Adana Province, Türkiye. In 2024, it was found to damage citrus plants in Adana, specifically affecting fresh shoots in July, leading to stunted growth, leaf curling, and discoloration, all of which negatively impacted tree development. The surveys conducted on different citrus varieties (orange, mandarin, lemon, grapefruit) revealed that almost all shoots were infested, with all developmental stages of the pest, except the pupal stage, being observed. The thrips fed on young fruits, causing silvery ring-like scar tissue around the calyx of fruit and on fruit surface. It was noted that the population density of the pest was closely related to the growth and density of young shoots on trees. In this regard, these thrips caused considerable damage, particularly in the W. Murcott mandarin and Meyer lemon groves. The thrips were not found on leaves of older shoots. Several control measures were proposed, and the results were discussed.

Keywords: Chili thrips, citrus, new pest, Adana, Türkiye.

Adana İlinde Turunçgillerde Yeni Bir Zararlı Thrips Türü: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

ÖZ

Acı biber thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), ilk olarak 2020 yılında Adana ilinde yaban mersini meyvelerinde tespit edilmiştir. Adana İlinde 2024 yılında turunçgillerde temmuz ayında oluşan taze sürgünlerdeki yapraklarda gelişme geriliği, yaprakların kıvrılması ve renk açılması gibi ağaç gelişmesini olumsuz bir şekilde etkileyen zarara neden olmuştur. Sürvey yapılan farklı turunçgil çeşitlerinde sürgünlerin neredeyse tamamının bulaşık olduğu belirlenmiş olup, zararlı thripsin pupa dönemi hariç diğer dönemleri saptanmıştır. Thrips beslenerek, genç meyvelerde gerek meyve yüzeyinde ve gerekse kaliks etrafında hale şeklinde gümüşümsü yara dokusu oluşturmuştur. Zararının popülasyon yoğunluğunun ağaçlarda genç sürgün gelişmesi ve yoğunluğuyla yakından ilgili olduğu, bu bağlamda, özellikle W. Murcott mandarin ve Meyer limon bahçelerinde bu thripsin önemli düzeyde zararı gözlenmiştir. Bu thrips yaşlı sürgünlerdeki yapraklarda bulunamamıştır. Zararının mücadelesinde bazı öneriler sunulmuş olup, sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Acı biber thrips, turunçgil, yeni zararlı, Adana, Türkiye.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0009-0004-6795-0358, 0000-0001-7352-4815, 0000-0002-9444-7457

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 10.10.2024

Kabul Tarihi: 25.10.2024

¹Adana Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, Türkiye

²Çukurova University, Agricultural Faculty, Plant Protection Department, Adana, Türkiye.

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

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

Introduction

Citrus fruits, which include economically valuable varieties such as oranges, mandarins, lemons, and grapefruits, are primarily grown in the Mediterranean region due to their sensitivity to cold climates (Aygören, 2023). Citrus production was carried out on 8.7 million hectares worldwide. A significant portion of global citrus production, 45%, comprises oranges (FAO, 2023). In 2024, 82% of Türkiye's total orange production, 87% of mandarin production, 91% of lemon production, and 96% of grapefruit production took place in the Mediterranean region (TÜİK, 2024). In 2023, citrus production was conducted on 744,986 hectares in Adana Province, Türkiye, yielding 3.115.733 tons of produce (TÜİK, 2024). That same year, Türkiye's total citrus production amounted to 7.977.982 tons, covering approximately 40% of the nation's output for 2022 (TÜİK, 2024).

In Türkiye, citrus production is negatively affected by numerous diseases, pests, and weeds, which lead to economic losses (Uygun, 2001). Among these factors, thrips species from the order Thysanoptera have gained increasing importance in recent years. Globally, certain thrips species from the genera *Frankliniella*, *Thrips*, and *Scirtothrips* have been reported to be causing damage to citrus varieties (Blank and Gill 1997; Childers and Nakahara 2006). Pest thrips species feed on leaves, flowers, and fruits, causing typical silvery superficial scars, thereby reducing fruit quality and market values (Morse and Hoddle 2006). Until 2015, thrips species identified in citrus groves in Türkiye were not considered economically significant (Nas et al., 2007; Tekşam and Tunç, 2006; Ölçülü and Atakan, 2013; Atakan et al., 2016). However, in 2015, the Hawaiian flower thrips *Thrips hawaiiensis* Morgan (Thysanoptera: Thripidae) was detected for the first time in the everbearing lemon varieties in the Erdemli district of Mersin Province, Türkiye, bringing a significant attention to the thrips damage. In the first year of its infestation, over 80% of the fruits showed typical damage (Atakan et al., 2015). There are three thrips species from genera *Scirtothrips*

known damaging citrus, and they are included in Türkiye's quarantine list: *Scirtothrips auranti* Faurei, *Scirtothrips citri* Moulton, and *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). Among these species, *S. dorsalis* was detected for the first time in 2020 in Adana Province on the blueberry plants (Atakan and Pehlivan, 2021a). Shortly after, it was reported damaging the fresh shoots of Washington orange trees in the Finike district of Antalya Province, Türkiye (Atakan and Pehlivan, 2021b).

In 2024, during the summer (starting in July), numerous complaints were received from citrus growers in Adana Province regarding significant damage observed on the young shoots and fruits of various citrus varieties. Based on both morphological analysis and microscopic slides, the pest was identified as *S. dorsalis*, and the damage was directly related to this thrips species. Short-term surveys were conducted in October to assess the problem acrossing different citrus varieties. The plant samples were collected to analyze the distribution of various developmental stages within the thrips population, and also to check for its possible predators or parasitoids. Besides, the damage patterns and severity on the fresh leaves of shoots and fruits in the sampled groves were observed. The preliminary information on its some control tactics were also provided, along with some recommendations.

Materials and Methods

Field survey

Short-term surveys were conducted in Seyhan and Yüreğir districts of Adana Province, Türkiye, where most complaints regarding this thrips species were reported in 2024. Intensive samplings for thrips were performed on October 2 and 8, visiting 14 citrus groves across seven central villages in the region (Table 1). Samples were taken from groves cultivating Enterdonat and Meyer lemons, Miho-Wase, Nova, Okitsu, and W. Murcott mandarines, Washington and Kara Kara (local variety) oranges, and Star Ruby grapefruits. At least ten newly developed shoots from 20 trees were randomly collected in each orchard, and these

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

were placed in tubes (50 ml) containing 60% ethanol. Thrips damage on shoots and fruits was inspected on the sampled trees.

Identification of thrips

The fresh shoots preserved in plastic tubes (50 ml) with ethanol (70%) were transferred into glass Petri dishes. The leaves from the fresh shoots were dissected and washed with 70% ethanol. Thrips individuals (larvae and adults) were counted and transferred into the Eppendorf tubes (2 ml) containing 70% ethanol. Representative samples comprised 10% of the adult individuals collected were prepared for the microscopic slides. For this purpose, the samples

were placed in a 5% sodium hydroxide solution and kept under laboratory conditions at $25\pm 1^\circ\text{C}$ and $50\pm 10\%$ relative humidity until slight color changes were obtained. The samples were then transferred into Petri dishes containing 70% ethanol, and emptied. The individuals were washed in ethanol and then mounted on microscopic slides in HOYER's medium. Since the detailed description of the species has been provided in Atakan and Pehlivan (2021a), this study presents only some practical information for identifying the species by photographing the natural appearances of the adults and larvae under a microscope.

Results and Discussion

Thrips Description

The systematic characteristics for identifying *S. dorsalis* have been thoroughly detailed in Atakan and Pehlivan (2021a). In this study, some morphological features that can roughly distinguish between the pre-adult and adult stages are presented in Figure 1. These species are smaller and more delicate thrip species found on citrus so far than other morphologically described thrips species found on citrus. Adult females and males are yellowish in color (Figure 1).

The most distinctive feature for identifying adult females is the presence of dark bands on the thoracic segments (tergites) and a dark spot in the middle of the segment (Figure 1).

Males are smaller than females. Several systematic features are used to distinguish species from genera *Scirtothrips*. Multiple species from the same genus can coexist in the same habitat (Mound and Palmer, 1981), making accurate identification of samples crucial for planning laboratory and field studies.

Demographic Status

Microscopic examination confirmed that the species was *S. dorsalis*, with no previously recorded thrips species found in the samples. Many abiotic and biotic factors influence the population densities of insects. In this study, *S. dorsalis* mainly established its population between July and October, occurrence of new shoots. Since there were no flowers on the trees, including lemon trees, after July, no evaluation could be made during this period. Pest densities were higher in W. Murcott mandarin and Meyer lemon varieties due to their abundant fresh shoots. At the same time, fewer individuals were found in varieties with less fresh shoot growth, like Nova and Satsuma/Okitsu (Table 1). No thrips individuals were found on the randomly sampled young fruits that exhibited typical thrips damage, possibly due to the adult thrips on the fruit surfaces being more affected by pesticide applications.

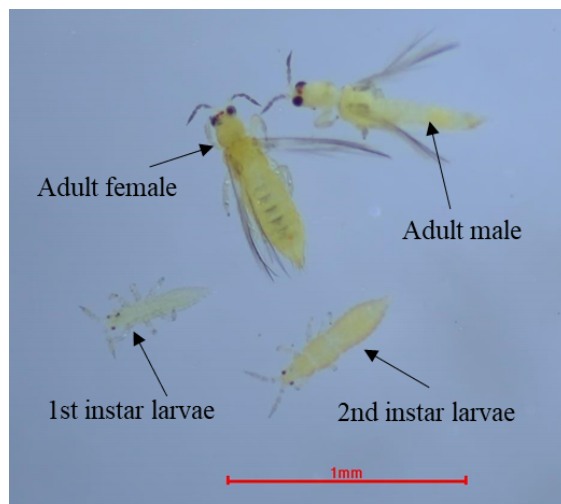


Figure 1. Views of different biological stages of *Scirtothrips dorsalis* collected from citrus fruits in Adana Province in 2024

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

Table 1. Numbers of various biological stages of *Scirtothrips dorsalis* according to citrus varieties

Citrus group	Location	Citrus species	Female	Male	First instar larvae	Second instar larvae	Total
Lemon	Alihocalı	Enterdonat	16	4	64	45	129
	Zeytinli	Meyer	16	2	82	65	165
	Karakuyu	Meyer	11	4	76	26	117
Mandarin	Yakapınar	Nova	2	7	0	0	9
	Büyükçıldırım	Nova	6	4	3	0	13
	Gökçeler	Okitsu	5	0	15	0	20
	Gökçeler	Miho-Wase	3	4	23	10	40
	Zeytinli	W. Murcott	29	2	28	12	71
	Karaköy	W. Murcott	12	3	26	14	55
	Yakapınar	W. Murcott	8	4	42	20	74
Orange	Alihocalı	W. Murcott	33	6	25	22	86
	Zeytinli	Washington	13	5	10	3	31
Greyfruit	Gökçeler	Kara Kara	11	4	76	26	117
	Yakapınar	Star Ruby	12	12	62	9	95
Total			177	61	532	252	1022

The demographic structure of *S. dorsalis* in different citrus varieties is shown in Table 1. The generally higher larval density compared to adult density suggests that *S. dorsalis* does not consider citrus trees as a temporary habitat or food source, and on the contrary, it reproduces intensively.

In the pre-adult stage, the first instar larvae were more abundant than the second instar larvae (Table 1). No pupae were found in the shoot samples. It has been reported that the pest pupates in leaf curls, fallen plant debris on the ground, and the calyx of flowers and fruits (Kumar et al., 2013). Additionally, the numbers of female individuals on citrus varieties sampled were higher than the males (Table 1).

Previous studies identified the following thrips species in citrus flowers, listed in order of importance: *T. hawaiiensis*, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), *Thrips major* Uzel, *Thrips tabaci* Lindeman, and *Pezothrips kellyanus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae) (Nas et al., 2007; Tekşam and Tunç, 2006; Ölçülü and Atakan, 2013; Atakan et al., 2015; Atakan et al., 2016). Given that a new thrips species has entered the citrus ecosystem in Adana and caused significant damage to fresh shoots and fruits within approximately four years of its first detection in Türkiye, it is

anticipated that the species composition and densities of thrips in citrus groves may be change. Minaei and Bagherian (2016) reported that this species emerged intensively on citrus trees during spring and summer in Fars, Iran. Therefore, to determine the importance of this species, it is necessary to reassess thrips species on different citrus groups, varieties, and their presence in spring and June flowers and fruits.

Damage

It was determined that almost all fresh shoots formed by July exhibited typical thrips damage in the sampled orchards (Figure 2). As shown in the Figure, leaves of the young shoots displayed noticeable symptoms such as slight curling, deformities, tissue hardening, and the formation of silvery spots (Figures 2a and b). Damaged leaves often fall off completely, leaving the fresh shoots leafless (Figure 2b). These young shoots play a crucial role in the developments of the fruits, so ensuring their healthy growth is essential. Due to the dense damage associated with new shoot formation, typical thrips damage was also observed on the fruits (Figures 2c and d). Light silvery spots appear on the fruit surface, which darkens into typical wound tissue. These damage symptoms have also been documented in previous studies performed in citrus groves (Minaei and Bagherian, 2016; Atakan and Pehlivan, 2021b). The silvery, broad, or

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

scattered wound tissues on the fruits are primarily superficial, and while they do not

significantly affect fruit quality, they reduce market and commercial values.



Figure 2. Damage caused by *Scirtothrips dorsalis* on young shoots (a) and fruits of W. Murcott mandarin (c), young shoots of Meyer lemon (b), and fruits of Nova mandarin (d) in Adana Province, Türkiye in 2024

In Adana, citrus growers have been intensively applying insecticides against pest thrips for many years, starting from the flowering period. Studies conducted in Adana and Mersin Provinces reported that pesticide applications against thrips (primarily *T. hawaiiensis*) were significant only for certain lemon varieties that bloom year-round, such as the ‘yediveren group’ (such as Lamas and Kütdiken) (Atakan et al., 2021). The chemical control of thrips is

challenging due to their cryptic behavior, which includes laying eggs inside plant tissues, having pupae in the soil or hidden places, and their feedings in areas like leaf curls and behind of calyxes of flowers or fruits where agricultural chemicals cannot easily reach (Immaraju et al., 1992). It remains unknown whether *S. dorsalis*, recorded as a harmful species on citrus, is present in spring and June flowers, as well as the effects of climatic factors (temperature,

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

humidity, and rainfall) on their development, the presence of natural enemies, and their other cultivated or wild host plants. Primary research is needed in these issues. Based on observations, the reproduction and development of this pest thrips are closely related to the presence of summer fresh shoots. Therefore, practices encouraging excessive shoot development on trees should be avoided whenever possible. Damaged, infected shoots should be pruned away from the orchards. Identifying alternative and, most importantly, reproductive hosts around citrus orchards is important for preventing infestations on citrus trees. Notably, its intense damage were observed in the fields of peppers neighboring the surveyed orchards. Beneficial insects actively feed on these thrips, particularly the predatory bug *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae), were not observed. However, the larvae of predatory insects *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), and adult and larval forms of *Oenopia globata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) were recorded in small numbers alongside the pest on the fresh young shoots.

Conclusions

Chemical control is the primary method for managing pest thrips in citrus groves. The cryptic behavior of thrips complicates its

chemical control. Following the significant damage caused by *S. dorsalis*, citrus growers in Adana frequently apply various insecticides, either individually or in mixtures, against this pest. Such an approach can promote the pest's rapid development of resistance to the pesticides used and negatively impact human and environmental health. Some active ingredients of the insecticides, such as azadirachtin, cyantraniliprole, spirotetramat, and spinosad, are temporarily licensed for use against thrips in citrus groves. Although these temporary licenses will expire in August 2024, they are also licensed for some pests in citrus in Türkiye. The presence of leaf deformities and curlings on the young shoots creates a more suitable feeding environment for the pest, making it difficult for insecticides to reach the thrips. Therefore, sampling should coincide with fresh shoot development and pesticide applications should be strategically planned for an effective control. Additionally, studies are needed on the economic injury threshold of this pest in citrus. Since this thrips species causes severe damage at high population densities during the summer-fall of 2024, integrated pest management solutions should be sought, prioritizing methods that protect the natural ecosystem. This study suggests that it is crucial to plan fundamental studies to guide pest management efforts.

References

- Atakan, E., & Pehlivan, S. (2021a). First report of the chili thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 45(2), 156-160.
- Atakan, E., & Pehlivan, S. (2021b). A new harmful thrips species in orange in Antalya Province: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(3), 273-277.
- Atakan, E., Pehlivan, S., & Achiri, T. D. (2021). Pest status of the Hawaiian flower thrips, *Thrips hawaiiensis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) in lemons in the Mediterranean region of Turkey. *Phytoparasitica*, 49, 513-525.
- Atakan, E., Ölçülü, M., Pehlivan, S., & Özgür, O. (2016). An analysis of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in lemons: Its abundance, distribution, and damage status. *Journal of Entomological and Zoological Studies*, 4(2), 109-114.
- Atakan, E., Ölçülü, M., Pehlivan, S., & Satar, S. (2015). Türkiye'de yeni zararlı bir thrips türü: *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5, 77-84. (In Turkish with English abstract)
- Aygören, E. (2023). Ürün Raporu Turunçgiller 2023. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, yayın no: 382, 53 s. (In Turkish)
- Blank, R. H., & Gill, G. S. C. (1997). Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on flowers and fruits of citrus in New Zealand. *New*

A New Pest Thrips Species in Citrus in Adana Province, Türkiye: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)

- Zealand Journal of Crop and Horticulture Science, 25, 312-319.
- Childers, C. C., & Nakahara, S. (2006). Thysanoptera (thrips) within citrus orchards in Florida: Species distribution, relative and seasonal abundance within trees, and species on vines and ground cover plants. *Journal of Insect Science*, 45(6), 1–19.
- FAO, (2023). Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division, (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>). Access date: 20 September 2024.
- Immaraju, J. A., Paine, T. D., Bethke, J. A., Robb, K. L., & Newman, J. P. (1992). Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses. *Journal of Economic Entomology*, 85, 9–14.
- Kumar, V., Kakkar, G., McKenzie, C. L., Seal, D. R., & Osborne, L. S. (2013). An overview of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) biology, distribution, and management. In S. Soloneski & M. Larramendy (Eds.), *Weed and Pest Control- Conventional and New Challenges* (pp. 53–77).
- Minaei, K., Bagherian, S. A. A., & Aleosfoor, M. (2015). *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) as a pest of citrus in Fars province, Iran. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 46, 219-225.
- Morse, J. G., & Hoddle, M. S. (2006). Invasion biology of thrips. *Annual Review of Entomology*, 51, 67–89.
- Mound, L. A., & Palmer, J. M. (1981). Identification, distribution, and host plants of the pest species of *Scirtothrips* (Thysanoptera: Thripidae). *Bulletin of Entomological Research*, 71(3), 467–479.
- Nas, S., Atakan, E., & Elekçioğlu, N. (2007). Doğu Akdeniz Bölgesi turunçgil alanlarında bulunan Thysanoptera türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 31, 307–316. (In Turkish with English abstract)
- Ölçülü, M., & Atakan, E. (2013). Thysanoptera species infesting the flowers of citrus in the eastern Mediterranean region of Turkey. *IOBC-WPRS Bulletin*, 95, 63-69.
- Tekşam, İ., & Tunç, İ. (2009). An analysis of Thysanoptera associated with citrus flowers in Antalya, Turkey: Composition, distribution, abundance, and pest status of species. *Applied Entomology and Zoology*, 44, 455-469.
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel üretim İstatistikleri. (<http://www.tuik.gov.tr>), Erişim tarihi: 20 Eylül 2024.
- Uygun, N. (2001). Türkiye turunçgil bahçelerinde entegre mücadele (Zararlılar, Nematodlar, Hastalıklar, Yabancı Otlar). TÜBİTAK TARP Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Adana, 157 s. (In Turkish)



Research Article

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

İlknur ACARBULUT DURAN¹, Aydın ATAKAN^{2*}, Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA¹

ABSTRACT

Kumluca is an important district where many kinds of vegetables are produced and exported to other countries in Turkey. The main purpose of the current investigation was to diagnose the *Fusarium* species in several crop plants such as tomato, pepper, eggplant, cucumber and melon in Kumluca district, Antalya. A total of 272 samples were collected from diseased plants in greenhouses. In this study, eight *Fusarium* species were identified based on morphological characteristics. Considering the pathogenicity test under growth chamber conditions, the disease severity of these species ranged from 48 to 92%. Among the identified species, *Fusarium verticillioides* (92%) exhibited the highest virulence in pepper plants.

Keywords: Soil-borne fungi, greenhouse, morphological characteristic, pathogenicity

Kumluca İlçesi Sebze Seralarındaki *Fusarium* Türlerinin Tanımlanması

ÖZ

Kumluca, Türkiye'de birçok sebze türünün üretildiği ve diğer ülkelere ihraç edildiği önemli bir ilçedir. Bu araştırmanın temel amacı, Antalya'nın Kumluca ilçesinde domates, biber, patlıcan, salatalık ve kavun gibi farklı kültür bitkilerinde *Fusarium* türlerini teşhis etmektir. Seralardaki hastalıklı bitkilerden toplam 272 örnek toplanmıştır. Morfolojik özelliklere dayanarak sekiz *Fusarium* türü tanımlanmıştır. İklim odası koşullarında yapılan patojenite testine göre, bu türlerin hastalık şiddeti %48 ile %92 arasında değişmiştir. Bu türler arasında *F. verticillioides* (%92) biber bitkilerinde en virulent tür olmuştur.

Anahtar kelimeler: Toprak kökenli fungus, sera, morfolojik karakter, patojenisite

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-0287-5359, 0000-0001-9794-4427, 0000-0003-3802-3876

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 29.09.2024

Kabul Tarihi: 28.10.2024

¹ Isparta University of Applied Sciences, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural, Isparta

² Gaziantep University, Department of Plant and Animal Production, Gaziantep

*E-posta: aydinatakan@gantep.edu.tr

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

Introduction

Vegetables contain many crucial components including vitamins and antioxidants which have beneficial effects on human health. Owing to its rich vitamin and mineral content, it is indispensable for a healthy life all over the world. During the sedentary production period, most vegetables are often exposed to phytopathogenic fungi, bacteria and viruses, thereby causing plant diseases, leading to crop and yield losses (Rizvi et al., 2017).

Plant diseases caused by fungal pathogens pose an important problem in vegetable production as in other crops. However, it's possible to increase the productivity of agricultural crops by protecting plant health. Disease agents, especially soil-borne fungi cause root rot, drying, wilting, yellowing and white rot. The *Fusarium* genus is widely distributed in soils in many regions of the world, and causes vigorous plant diseases in different host plants (Summerell, 2019).

Fusarium species are considered to be one of the most devastating fungal disease agents in vegetable greenhouses worldwide. It causes significant crop losses not only in Turkey but also in other countries (Jarwis, 1992; Akhtar and Iftikhar, 2017). *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, the causal agent of cucumber root and stem rot is a devastating disease in greenhouse and it has been distributed around the world (Pavlou et al., 2002; Netzer et al., 1977). Watermelon *Fusarium* wilt caused by *F. oxysporum* f. sp. *niveum* constrains watermelon production (Egel and Martyn, 2013). The tomato *Fusarium* wilt (*Lycopersicon esculentum* Mill.), caused by *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* is one of the most prevalent diseases in this crop (Reis et al., 2005; Sudhamoy et al., 2009). This genus is also an economically important wilting pathogen in various crops in Iran (Saremi et al., 2008). The control of *Fusarium* diseases is very difficult and expensive. The use of a resistant cultivar is very

important and the most effective disease control measure for *Fusarium* wilt (Beckman, 1987).

The objectives of this study were to (I) diagnose the *Fusarium* spp. that cause economic losses in vegetable greenhouses in the Kumluca district, and (II) determine the pathogenicity of each identified *Fusarium* spp. in their hosts. Thus, the present study is the first detailed research on *Fusarium* spp. in plants cultivated in greenhouses in the Kumluca district of Antalya province.

Materials and Methods

Sampling of symptomatic plants and pathogen isolation

Random samples of symptomatic plants were collected from vegetable greenhouses during the cultivation period from September 2013 to June 2014. A total of 272 samples showing disease symptoms, including yellowing, wilting and vascular browning were collected from tomato, pepper, eggplant, cucumber and melon greenhouses in the Kumluca district, Turkey. The collected samples were stored in plastic bags and taken to the laboratory, and then subjected to isolation procedures. For the isolation process, the roots of the plants were washed thoroughly with tap water and excess moisture was removed on filter paper. Infected tissues were cut into small pieces (approximately 4-5 mm in length) from the plant parts including diseased and healthy tissues. All pieces were surface-sterilized in 2% sodium hypochlorite (NaOCl) solution for 3 minutes and washed twice in sterile distilled water and excess moisture was removed on sterile filter paper. After drying, sterilized tissues were plated on potato dextrose agar (PDA; Difco Laboratories, USA) medium. After incubation of the Petri dishes for 7 days at 25°C in the dark, fungi started to grow from the tissue and were transferred to another Petri dish. In addition to PDA, two different mediums, namely carnation leaf agar (Fisher et al., 1982) and synthetic nutrition agar (Nirenberg, 1976) were used to identify *Fusarium* spp.

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

Identification of *Fusarium* species

For the diagnosis of *Fusarium* species, all isolates were grown in different media such as PDA, Synthetic Nutrient Agar and Carnation Leaf Agar (CLA). The lam culture technique was used for identification and incubated for 5-15 days at 25°C in dark conditions (Booth, 1971). After ten days of incubation, the diagnosis was performed using morphological characteristics, according to The *Fusarium* Laboratory Manual (Leslie and Summerell, 2006). The morphological characteristics such as hyphae and reproductive structures were observed under a light microscope (Nicon/Eclipse E 100) and photographed using the Progress Mac Pro Capture program. To determine the colony growth rate of each isolate, radial mycelial growth was measured on 4th day after the incubation.

Pathogenicity tests

Pathogenicity tests were conducted using pot trials under controlled conditions. In pathogenicity tests, *Capsicum annuum* L. cv. D-36, *Lycopersicon esculentum* L. cv. Bestona, *Cucumis sativus* L. cv. Aspendos, *Solanum melongena* cv. Sicilia, *Cucumis melo* L. cv. Balkan were used as plant materials. The growth medium was sterilized twice by autoclaving at 121° C, and 1.1kPa for 60 minutes. Seedlings of the above-mentioned cultivars were transferred to 10 cm diameters pots including autoclaved soil: sand: peat (v:v:v;1:1:1). All the plants were placed in a growth chamber at 25±2°C, 16:8 photoperiod and 65% humidity. The identified isolates were cultured on autoclaved wheat grains in 9 cm diameters Petri dishes. After 10 days of incubation at 25°C in the dark, the plants were inoculated with 4 grams of wheat culture pieces by placing them around the roots. The control plants were inoculated similarly without pathogens in the experiments. Three replicates were made for each isolate. Re-isolation of *Fusarium* species was performed by direct isolation and the species was morphologically identified.

The disease severity was determined after 20 days of inoculation. The wilting symptoms were

scored according to the 0-5 scale (Prados-Ligero et al., 2007). The disease severity was calculated by applying the Townsend-Heuberger formula to the obtained scale values (Townsend and Heuberger, 1943).

Statistical analysis

The data were analyzed by using Analysis of Variance (ANOVA). Significant differences among the averages were determined by Tukey's multiple comparison tests ($p<0.05$) using MINITAB statistical software version 16.

Results and discussion

Identified *Fusarium* species

A total of 272 plant samples were collected from all the vegetable greenhouses in the Kumluca district. In this study, according to their morphological and cultural characteristics, the eight *Fusarium* species were identified from vegetable greenhouses as *F. oxysporum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. sambucinum*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides* and *F. verticillioides* (Figure 1). Among them, *F. sporotrichioides* and *F. verticillioides* were isolated from cucumber, while *F. proliferatum* was isolated for the first time in pepper from Turkey. The morphological and cultural characteristics of all species mentioned above were parallel with the species descriptions in the *Fusarium* Laboratory Manual (Leslie and Summerell, 2006) and Introduction to Food-Borne Fungi (Samson et al., 1995). These distinguishing characteristics were shown in Table 1.

The soil-borne fungi spread and devastate a significant proportion of agroecosystems and these fungi are the most destructive class of plant pathogens (Summerell et al., 2003). The morphological and cultural characteristics of *Fusarium* species have been utilized from past to present as the preferred methods for species identification (Fisher et al., 2012). Among the identified *Fusarium* species, *F. oxysporum* is one of the well-known plant pathogenic soil-borne fungi causing diseases on a wide range of host plants including tomato, pepper, cucumber, eggplant, melon etc. and completely distributed all over the world.

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

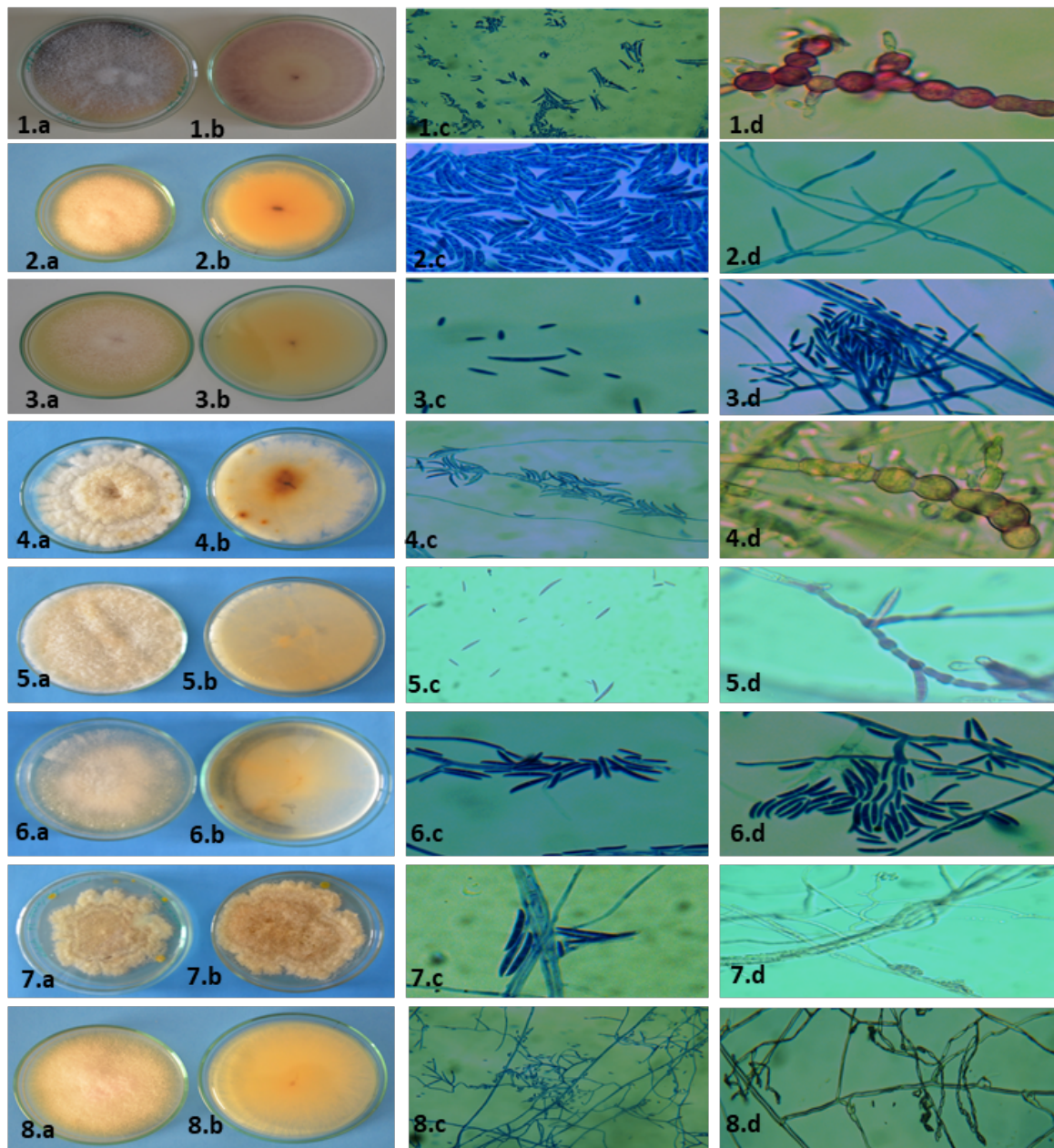


Figure 1. Macroscopic and microscopic characteristics of *Fusarium* species. *Fusarium oxysporum*: The colony's upper surface (1.a); The colony's lower surface (1.b); Macroconidia (1.c); Chlamydospore (1.d); *Fusarium poae*: The colony's upper surface (2.a); The colony's lower surface (2.b); Macroconidia (2.c); Monophialide (2.d); *Fusarium proliferatum*: The colony's upper surface (3.a); The colony's lower surface (3.b); Macro and microconidia (3.c); Polyphialide (3.d); *Fusarium sambucinum*: The colony's upper surface (4.a); The colony's lower surface (4.b); Macroconidia (4.c); Chlamydospore (4.d); *Fusarium semitectum*: The colony's upper surface (5.a); The colony's lower surface (5.b); Macro and microconidia (5.c); Chlamydospore (5.d); *Fusarium solani*: The colony's upper surface (6.a); The colony's lower surface (6.b); Macro and microconidia (6.c); Microconidia (6.d); *Fusarium sporotrichioides*: The colony's upper surface (7.a); The colony's lower surface (7.b); Macro and microconidia (7.c); Phialide (7.d); *Fusarium verticillioides*: The colony's upper surface (8.a); The colony's lower surface (8.b); Microconidia and phialide (8.c); Microconidia chain (8.d); (40X magnification)

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

Table 1. Morphological and cultural characteristics of *Fusarium* species

	The DGR on PDA(cm)	Pigmentation on PDA	Chlamyospor formation	Microconidia		Number of septa in macroconidia	Types of conidiogenous cells		Apical cell shape	Basal cell shape	Macroconidia sizes (µm)
				Shape	Number of septae		Monophialide	Polyphialide			
<i>F. oxysporum</i>	1.3	White-Violet	+	Oval Ellipsoid Cylindrical	0-2	3-5	+	-	Curved	Foot	20-50x3-6
<i>F. poae</i>	1.5	Yellow-Red	-	Napiform Pyriform	0-1	2-3	+	-	Curved Tapered	Foot	18-38x3.8-7
<i>F. proliferatum</i>	1.1	Cream-Violet	-	Clavate Pyriform	0-1	3-5	+	+	Curved	Foot	30-58x3.3-4.4
<i>F. sambucinum</i>	1.1	Cream Brown Red	+	-	-	3-5	-	+	Needle tipped	Foot	22-50x4-5.6
<i>F. semitectum</i>	1.1	White Orange Brown	+	Clavate	0-2	3-5	+	+	Curved	Curved Foot	22-40x3-4.5
<i>F. solani</i>	0.9	Brown, Orange	+	Clavate Ellipsoid	0-2	3-5	+	+	Elongated Curved	Foot Notched	27-65x4.4-6.8
<i>F. sporotrichiodes</i>	1.6	White Pink Violet-Brown	+	Oval Pyriform Napiform	0-1	3-5	+	+	Curved	Foot	21-36x3.6-4.0
<i>F. verticilloides</i>	1.2	Greyish cream Violet	-	Oval Clavate	0-2	3-7	+	-	Tapered Curved Needle tipped	Foot Notched	30-58x2.7-3.6

*(+) Present, (-) Absent, DGR: Daily Growth Rate

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

F. oxysporum and *F. solani* have been reported to cause wilting and plant death of *Cucumis* in different countries of the world (Palti and Joffe, 1971; Palodhi and Sen, 1979; Zitter et al., 1996; Bruton and Miller, 1997; Pivonia et al., 1997; Akbar et al., 2018). In another study conducted in Turkey, it was reported that *F. solani* and *F. oxysporum* caused wilting and plant death in cucumber plants (Özkan et al., 2002; Ozan and Aşkın, 2006).

Pathogenicity tests

In the pathogenicity tests, *Fusarium* species produced typical yellowing and wilting symptoms on their hosts. These observed symptoms were similar to yellowing and wilting symptoms at the greenhouses. The disease severity of *Fusarium* species varied from 48% to 92% rates (Table 2).

Table 2. Disease severity of *Fusarium* species used in pathogenicity tests

Species	Host plant	DS(%)
<i>F. oxysporum</i>	Tomato (cv. Bestona)	72 ^{ab*}
	Cucumber (cv. Aspendos)	84 ^a
	Melon (cv. Balkan)	72 ^{ab}
	Eggplant (cv. Sicilia)	80 ^a
	Pepper (cv. D-36)	76 ^{ab}
<i>F. solani</i>	Tomato (cv. Bestona)	48 ^c
	Eggplant (cv. Sicilia)	80 ^a
<i>F. sambucinum</i>	Tomato (cv. Bestona)	60 ^b
<i>F. sporotrichooides</i>	Cucumber (cv. Aspendos)	84 ^a
<i>F. proliferatum</i>	Pepper (cv. D-36)	84 ^a
<i>F. semitectum</i>	Tomato (cv. Bestona)	80 ^a
	Pepper (cv. D-36)	76 ^b
<i>F. poae</i>	Pepper (cv. D-36)	76 ^b
<i>F. verticillioides</i>	Pepper (cv. D-36)	92 ^a

*Means that the different letters are significantly different from each other ($p < 0.05$ based on Tukey's test). DS: Disease Severity.

Results showed that the most virulent species was determined in pepper plants (cv. D-36) as *F. verticillioides*. In addition to this, *F. solani* had the lowest disease severity with 48% in tomato plants (cv. Bestona).

In the current research, the disease severity of *F. solani* in eggplant (cv. Sicilia) was higher than in tomato (cv. Bestona). This may be explained by the fact that the pathogen is forma specialis (Edel-Hermann and Lecomte, 2019). In a study conducted in Malaysia, it was reported that *F. solani*, *F. oxysporum* and *F. proliferatum* were pathogenic in Solanacea crops such as tomato and pepper. Moreover, the disease severity of these species ranged from 60-90% on their host (Saseetharan and Zakaria, 2014).

Consequently, in the current investigation, a total of eight *Fusarium* species were identified in vegetable greenhouses in different host plants. The findings of this study indicate that the *Fusarium* species are a potential problem for vegetable crops.

Conclusion

Kumluca is an important district where many kinds of vegetables are produced and exported to other countries in Turkey. In the present study, species belonging to the genus *Fusarium* were morphologically identified. Pathogenicity tests were conducted on their host plants under controlled conditions. These tests identified virulence differences among the species identified as being the causal agents of the wilting disease on their hosts in the Kumluca district. Since no study has been conducted in this region, the findings of this investigation will contribute to disease survey studies both in Turkey and globally.

References

- Akbar, A., Hussain, S., Ullah, K., Fahim, M., Ali, G.S. (2018) Detection, virulence and genetic diversity of *Fusarium* species infecting tomato in Northern Pakistan. *Plos One* 13(9):1-21.
- Akhtar, T., Iftikhar, Y. (2017) Evaluation of fungicides and biopesticides for the

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

- control of *Fusarium* wilt of tomato. *Pak J Bot* 49(2):769-774.
- Beckman, C.H. (1987) The Nature of Wilt Diseases of Plants. APS Press, USA.
- Booth, C. (1971) The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Press, England.
- Bruton, B.D., Miller, M.E. (1997) Occurrence of vine decline diseases of muskmelons in Guatemala. *Plant Dis* 81(6):694.
- Edel-Hermann, V., Lecomte, C. (2019) Current status of *Fusarium oxysporum* formae speciales and races. *Phytopathology* 109(4),512-530.
- Egel, D.S., Martyn, R.D. (2013) *Fusarium* wilt of watermelon and other cucurbit crops. APS Press, USA.
- Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw S.L., Gurr, S.J. (2012) Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* 484:186-194.
- Fisher, N.L., Burgess, L.W. Toussoun, T.A., Nelson, P.E. (1982) Carnation leaves as a substrate and for preserving *Fusarium* species. *Phytopathology* 72: 151-153.
- Jarwis, W.R. (1992) Managing Diseases in Greenhouse Crops. *Plant Dis* 73(3): 190-194.
- Leslie, J.F. and B.A. Summerell. 2006. *The Fusarium Laboratory manual*. Blackwell Publishing, USA.
- Netzer, D., Niego S., Galun, E. (1977) A dominant gene conferring resistance to *Fusarium* wilt in cucumber. *Phytopathology* 67:525-527.
- Nirenberg, H.L. (1976) *Untersuchungen über die morphologische und biologische differenzierung in der Fusarium section Liseola*. Mitteilungen aus der biologischen bundesanstalt für land-und forstwirtschaft, Berlin-Dahlem.169: 1–117.
- Ozan, S., Aşkın, A. (2006) Orta Anadolu Bölgesi örtü altı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar üzerine çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni* 46 (1):65-75.
- Özkan, B., Akçagöz, H.V., Karaman, S., Taşçıoğlu, Y. (2002) Antalya İlinde serada sebze üretiminde pestisit kullanımının ekonomik açıdan değerlendirilmesi. *Bahçe* 31(2):9-16.
- Palodhi, P.R. Sen, B. (1979) Role of tylose development in a muskmelon disease caused by *Fusarium solani*. *Plant Dis Rep* 63(7):584-586.
- Palti, J, Joffe, A.Z. (1971) Causes of the *Fusarium* wilts of cucurbits in Israel and conditions favoring their development. *J Phytopathol* 70:31-42.
- Pavlou, G.C., Vakalounakis, D.J. Ligoxigakis, E.K. (2002) Control of root and stem rot of cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, by grafting onto resistant rootstocks. *Plant Dis* 86(4): 379-382.
- Pivonia, S., Cohen, R. Kafkafi, U., Ben Zeev I.S. Katan, J. (1997) Sudden wilt of melons in Southern Israel. Fungal Agents and Relationship with Plant Development. *Plant Dis* 81:1264-1266.
- Prados-Ligero, A.M., Basallote-Ureba, M.J., Lopez-Herrera, C.J. Melero-Vara. J.M. (2007) Evaluation of susceptibility of carnation cultivars to *Fusarium* wilt and determination of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* races in Southwest Spain. *Hortic Sci* 42(3):596-599.
- Reis, A., Costa, H., Boiteux, L.S., Lopes, C.A. (2005) First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Brazil. *Fitopatolog Brasil* 30:426-428.
- Rizvi, A., Zaidi, A., Khan, M.S., Saif, S., Ahmed, B., Shahid, M. (2017) Growth improvement and management of vegetable diseases by plant growth-promoting rhizobacteria. Microbial Strategies for Vegetable Production. Zaidi, A. and Khan M.S.(Ed.) 99–123, Springer International Publishing, Switzerland.
- Samson, R.A., Hoekstra, E.S., Frisvad, J.C., Filtenborg, O. (1995) Introduction to Food-Borne Fungi. Centra Albureau voOR Schimmel Cultures, Netherlands.
- Saremi, H., Saremi, H., Okhovvat, S.M. (2008) Major *Fusarium* diseases on crops and their control management with soil

Identification of *Fusarium* Species in Vegetable Greenhouses in Kumluca District

- solarisation in northwest Iran. *Commun Agric Appl Biol Sci* 73(2):189-99.
- Saseetharan, N.H.M., Zakaria, L. (2014) Occurrence of *Fusarium* spp. on vegetable crops and assessment of their pathogenicity. *Pertanika J Trop Agric Sci* 37:445-455.
- Sudhamoy, M., Nitupama M., Adinpunya, M. (2009) Salicylic acid induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. *Plant Physiol Bioc* 47:642–649.
- Summerell, B.A. (2019) Resolving *Fusarium*: Current status of the genus. *Annu Rev Phytopathol* 57, 323–339.
- Summerell, B.A., Salleh, B., Leslie, J.F. (2003) A utilitarian approach to *Fusarium* identification. *Plant Dis* 87: 117–128.
- Townsend, G.K., Heuberger, J.W. (1943) Methods for Estimating Losses Caused by Diseases in Fungicide Experiments. *Plant Dis Rep* 27:340-343.
- Zitter, T.A., Hopkins, D.L., Thomas, C.E. (1996) *Compendium of Cucurbit Diseases*. APS Press, USA.



Research Article

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

Selin GEDİK KELEŞ*¹, Leyla Sezen TANSI²

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effects of sowing times (March 15, April 1, and April 15) on the flower and seed yields of different varieties (Pot Marigold and Orange King) of *Calendula officinalis* during 2020-2021 growing seasons under Çukurova conditions. The experiment was set up randomized complete block design with a split-plot arrangement and 3 replications. According to the results of the study, the highest dry flower yield (360.63 kg/ha) was obtained from the Pot Marigold variety sown on 15th March 2021, the highest fresh flower yield (1308.67 kg/da) and flower essential oil (0.05 %) were obtained from Orange King variety, sown at 15th March 2020 and 15 March 2021, respectively. The highest seed yield of 35.6 kg/da and the highest seed fixed oil 15.39 % were obtained from balloon smooth-shaped seeds. The main component in flower essential oil was α -cadinol and in seed oil, it was identified as calendic acid ($\alpha+\beta$). Both varieties exhibit similar trends in terms of essential oils for use in commercial medicinal and food industries. In contrast, the Pot Marigold variety stands out in terms of dry flower yield, seed yield, and seed oil.

Keywords: *Calendula*, sowing time, cultivar, flower, seed

Çukurova Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Aynısafa (*Calendula officinalis* L.) Çeşitlerinde Çiçek ve Tohum Verimi ile Kalitesine Etkisi

ÖZ

Bu çalışma, Çukurova koşullarında 2020-2021 büyüme sezonlarında Pot Marigold ve Orange King olmak üzere farklı çeşitlerin ve ekim zamanlarının (15 Mart, 1 Nisan ve 15 Nisan) Aynısafa (*Calendula officinalis*) bitkisinin çiçek ve tohum verimi ile kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme, 3 tekrarlamalı tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, en yüksek kuru çiçek verimi (360.63 kg/ha, 15 Mart 2021) Pot Marigold çeşidinden elde edilmiş, en yüksek taze çiçek verimi (1308.67 kg/da, 15 Mart 2020), çiçek esansiyel yağı (%0.05, 15 Mart 2021) Orange King çeşidinden elde edilmiştir. Düzgün balon şekilli olanlardan en yüksek tohum verimi (35.6 kg/da) ve en yüksek tohum sabit yağı (%15.39) elde edilmiştir. Çiçek esansiyel yağdaki ana bileşen α -cadinol iken tohum yağında calendic asit ($\alpha+\beta$) olarak belirlenmiştir. Hem Pot Marigold hem de Orange King çeşitleri Çukurova koşullarında başarılı bir şekilde yetiştirilebilir. Her iki çeşit de ticari tıbbi ve gıda endüstrisinde kullanım için esansiyel yağlar açısından benzer eğilimler gösterirken, Pot Marigold çeşidi kuru çiçek verimi, tohum verimi ve tohum yağı açısından öne çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aynısafa, ekim zamanları, çeşit, çiçek, tohum

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 30.01.2024

Kabul Tarihi: 29.10.2024

¹ Ankara University Kalecik Vocational High School, Ankara

² Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Adana

*E-posta: sgedik@ankara.edu.tr

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

Introduction

Calendula officinalis L., commonly known as Marigold, belongs to the Asteraceae family and has been used as a medicinal plant from ancient times to the present day (Çolak, 2018). Its origin is Central and Southern Europe, Western Asia, and the USA (Ashwlayan et al., 2018). It has been used for medicinal purposes since the 12th century.

According to the World Health Organization (WHO), there are more than 20,000 plant species used for medicinal purposes worldwide (Kendir ve Güvenç, 2010). The flowers have been used in Mediterranean and Middle Eastern cuisines, in soups and stews in Germany, and the golden ray petals have been used to add color to butter and cheese (Reider et al., 2001). *Calendula* contains two types of pigments that can be used as yellow and orange natural dyes in the food industry, making it increasingly important as an acceptable natural colorant by food producers (Ul-Islam and Kumar, 2014). In Arab, Indian, and Ancient Greek cultures, it has been used as a medicinal herb in cosmetics, food, and fabric dyeing (Bown, 2002; Lubbe & Verpoorte, 2011). In modern times, the desire of people to consume nutritious foods has led to a new trend towards healthier diets. Consumers demand foods that are high in nutritional value, have a long shelf life, are free from chemical additives, and are environmentally friendly. *Calendula officinalis*, which holds potential in terms of edible flower coatings, is being used as both a herbal tea and a food dye, highlighting its compatibility with the environment (Lekshmi et al., 2023; Tomou et al., 2023). Among the fixed oils traditionally used for medicinal purposes worldwide, St. John's Wort, black seed, pomegranate, and Marigold oils are prominent. Marigold exhibits various biological effects such as antibacterial, antifungal, antiviral, anthelmintic, cytotoxic, antioxidant, analgesic, anti-inflammatory, liver protective, heart protective, burn healing, and more (Şahingil, 2019; Alsaraf et al., 2019). Today, *C. officinalis* is approved for food use in the USA and appears on the Food and Drug Administration's list of GRAS (Generally Recognized as Safe) substances (Hamzawy ve ark., 2013). Marigold flower is also successfully used in the treatment of diaper dermatitis in

infants (Panahi et al., 2012), as a topical treatment for second-degree or higher acute dermatitis induced by radiotherapy in breast cancer patients (Pommier et al., 2004), in reducing lesions in homogeneous leukoplakia disease (Singh and Bagewadi, 2017), in reducing oral and pharyngeal mucositis in patients undergoing radiotherapy for head and neck cancer (Babae et al., 2013), in accelerating the healing of ulcers (Buzzi et al., 2016), and in the treatment of vaginal candidiasis with vaginal lotion in patients (Saffari et al., 2016).

Marigold flower extract containing compounds like vitexin, rutin, quercetin, luteolin, quercitrin, myricetin, apigenin, and kaempferol can be used as a skin protectant due to its soothing sunburn effects and delaying skin aging. High doses of Marigold applied in animal experiments have been reported to have a sedative effect. In mice, sleep time induced by hexobarbital could be prolonged with Marigold (Silva et al., 2021). Marigold seeds also contain a significant amount of oil (5-22%) (Özgül and Yücel, 2005; Walisiewicz-Niedbalska et al., 2009). Linoleic acid in Marigold seeds is synthesized into conjugated calendic acid through desaturation (Crombie and Holloway, 1985; Reed et al., 2002). The increasing interest in plants producing conjugated fatty acids stems from the findings of recent research on their biological effects. Conjugated linolenic acids have significant lipid-lowering, anti-obesity (Chardigny et al., 2003; Miranda et al., 2014) and anti-carcinogenic effects, exhibiting apoptotic activity against various tumor cells such as the U-937 human leukemia cell line and colon cancer cells (Caco-2) (Hennessy et al., 2011; Suzuki et al., 2001; Yasui et al., 2006). In vitro studies have shown that α and β calendic acids increase cancer cell death in monocytic leukemia, colon cancer, and choriocarcinoma (a type of cancer that occurs in the womb during pregnancy) patients (Suzuki et al., 2001; Yasui et al., 2006; Li et al., 2013).

Therefore, in our study, the sowing time and cultivar characteristics of *Calendula officinalis*, a cool climate plant that has regained commercial importance in recent years due to scientific studies contributing to its medicinal

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

and food industry use, have been examined in the Çukurova region, where intensive global warming has begun to be observed, and the highest yield and quality features have been determined.

Material and Method

Two *Calendula officinalis* varieties, Pot Marigold and Orange King, were used in the study. The flowers of the Pot Marigold and Orange King varieties differ in that the hermaphrodite flowers in the center of the receptacle and the ligulate (with stigma) flowers surrounding the receptacle are doubled. Orange King has a smaller flower pad with multiple, multiple ligulate, and fewer hermaphroditic flowers than the Pot Marigold varieties. *Calendula* has heteromorphic seeds (Figure 1). Five different seed shapes (Balloon-like without spines, insect leg, winged, curved, and ring-like) were observed in both *Calendula* cultivars under the Çukurova conditions.

The field experiment was conducted using a split-plot design over randomized completed blocks with three replications at the experimental area of the Department of Field Crops at Cukurova University in Adana, Turkiye (37°00'55.00"N, 35°21'26.90" E) during the 2019-2020 and 2020-21 growing seasons. The main plot was allocated by the sowing dates (March 15, April 1, and April 15) while the subplot was occupied by a variety of *Calendula officinalis* L. (Pot Marigold and Orange King)(Figure 1). In the experiment, the subplots are 2x3.5 m² in size, with a sowing interval of 25x50 cm, consisting of 7 rows (a total of 49 plants), while the main plots are 4x7 m² in size, consisting of 14 rows. Flower and seed harvest numbers varied according to sowing times, varieties, and years. Although the flowers were harvested with an interval of 4 days, the seeds were harvested with an interval of 8 days. While the number of flower harvests varied between

13-16 in the Pot Marigold variety and 12-16 in the Orange King variety, depending on sowing times in 2020, it varied similarly between 11-18 in both varieties in 2021. Seed harvest numbers were similar in both varieties in 2020 (3-9 times) and 2021 (4-9 times). The climate is usually typical of the Mediterranean, with hot, dry summers and moderate, rainy winters.

Clevenger-type apparatus was used for the isolation of essential oils by hydro-distillation method. Dried flowers (50 g each) were added to a beaker containing distilled water (500 ml). The distillation process was performed for 4 h and essential oil samples were stored in analyses.

5 g ground seed sample was extracted by Automatic Soxhlet Extractor using petroleum ether at the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Çukurova University. Seed oil samples are stored in the refrigerator for GC-MS/MS.

The analyses conducted at the Central Research Laboratory in Çukurova University, performed by an Agilent GC-MS/MS (7890B GC -7010B MS) with an autosampler (Gerstel, Germany) equipped with a flame ionization detector and a capillary Agilent J& amp; amp; W DB-WAX column (60mx0.25 µm x0.25µm) The oven temperature was held at 50 °C for 1 min, raised to 200 °C at a rate of 25°C/min held for 10 min and then to 230 °C at a rate of 3 °C/min held this temperature for 18 min. The injector (250 °C) and detector temperatures (300 °C) were set. The sample size was 1 µl and the flow rate of carrier gas was 1 mL/min. The split used was 1:40. Fatty acids were identified by comparing the retention times of FAME with the standard 37-component FAME mixture (Figure 2).

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions



Figure 1. Overview and flower of cultivars and seeds. 1: A. Orange King flowers, B. Pot Marigold flowers. 2: Experiment, 3: Seed types.

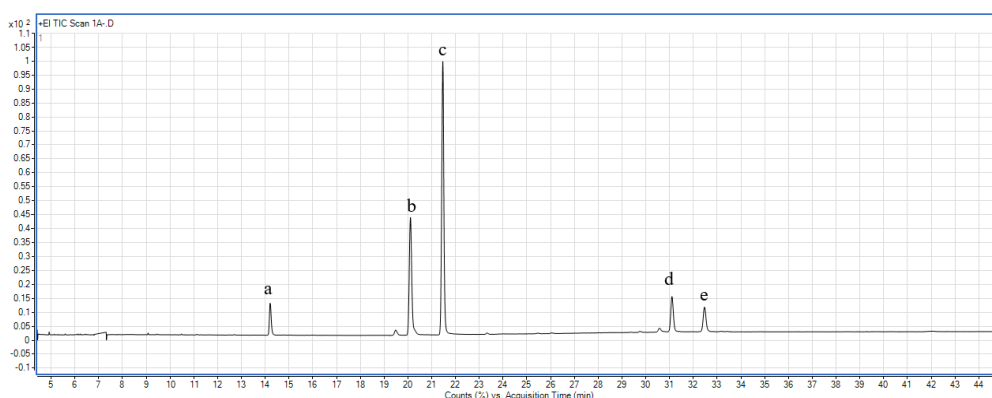


Figure 2. Representative GC-MS chromatogram obtained in the seed oil composition analysis (March 15, 2020, Pot Marigold) (a: Palmitic acid, b: Oleic acid, c: Calendic acid ($\alpha+\beta$), d: Eicosapentaenoic acid, e: Behenic acid).

Results and Discussion

Fresh flower and dry flower yields were varied according to years, cultivar, and sowing date (Table 1 and 2). While the highest fresh flower yield was obtained from the Orange King cultivar (999.26 kg/da), In contrast to the Pot Marigold, which has a larger receptacle and fewer petals, the Orange King has denser and more double-layered petals. The petals contain less dry matter compared to the receptaculum, therefore, the highest dry weight is obtained from Pot Marigold (202.47 kg/da), which has a larger receptacle. The highest fresh flower yield (1308.67 kg/da) was obtained from the Orange King cultivar, on March 15, 2020. Differently from this, the highest dry flower yield (360.63 kg/da) was obtained from the Pot Marigold cultivar, on 15 March 2021. Increased temperatures in late sowing times caused the

flowers to shrink in both cultivars. After the flowers were collected from the first harvest, small but numerous flowers appeared at the ends of the branches, which increased exponentially following each harvest. The shrinkage in flowers was caused by the high temperatures in July and August and the physiological aging of the plant. Thus, fresh and dried flower yields decreased in late sowing times. Our values are similar to the fresh flower yield values (500-1400 kg/da) obtained by Martin and Deo (2000) for the Pot Marigold variety; It is considerably higher than the fresh flower yield (84.90-166.10 kg/da) values obtained from the study conducted by Król (2012). For the Orange King variety, our values are higher than Crnobarac et al. (2008) (334.4-503.1 kg/da) and Balijagic et al. (2018) (290.8- 417.3 kg/da). Dry flower yields were higher than other reported results, with both

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

Orange King 166.10 kg/da (Krol, 2012.) and Pot Marigold 56.68 kg/da (Çalışkan and Kurt, 2018). The values of essential oil content in flowers do not show significant differences across varieties, sowing times, and years; however, they have been determined as 0.034% in the Pot Marigold variety and 0.042% in the Orange King variety (Figure 3). Our findings are similar to those of Ayrar et al. (2023) (0.02-0.08%) and lower than those of Barut et al. (2024) (0.17%). The main components of the essential oil obtained from the flowers were identified as α -cadinol, δ -cadinene, γ -gurjunene, endo-borneol, and tau-cadinol (Table 3). The amount of α -cadinol and δ -cadinene detected in the flower essential oil was higher in 2021, which was warmer compared to 2020. In the Orange King variety, there were more fluctuations in the levels of cadinol and cadinene compared to the Pot Marigold variety. This change, as indicated by El-Hawary et al.,

was due to factors such as environmental conditions, variety, and harvest time. (El-Hawary et al., 2018). The variability in the content of compounds such as gamma-gurjunene and alpha-terpineol may depend on climatic conditions, and they were not detected in samples from 2021. The essential oil of *Calendula officinalis* flowers contains bioactive compounds (terpinen-4-ol, α -cadinol, muurolene) that exhibit antioxidant activity. With this property, the essential oil can be considered a natural antioxidant and antibacterial alternative to synthetic bactericides, allowing its use in the food industry. Additionally, its ability to completely inhibit the growth of food-borne fungal pathogens provides opportunities for use in the food industry (Hsu et al., 2021). It is claimed that gurjunene, one of the main components, has anti-cancer properties (Tomko et al., 2020).

Table 1. Fresh flower yield of *Calendula officinalis* (kg/da)

Cultivar	Year	Sowing Dates			Year x Cultivar	Year Average	
		March 15	April 1	April 15			
Pot Marigold	2020	937.73 bcd	971.47 bcd	762.76 de	890.65	941.39	913.39
	2021	992.03 bc	874.63 cd	594.53 e	820.40		
SDXC		964.88	923.05	678.65	855.52 B		
Orange King	2020	1308.67 a	1099.40 ab	568.33 e	992.13		
	2021	1079.63 bc	941.87 bcd	997.67 bc	1006.39		
SDXC		1194.15	1020.63	783.00	999.26 A		
SD		1079.52 A	971.84 A	730.83 B			
CV (%): 12.69	LSD _{YxSDXC} : 209.3		LSD _{SD} : 197.8		LSD _C : 85.45		

SD: Sowing Date, C: Cultivar, Y: Year.

Table 2. Dry flower yield of *Calendula officinalis* (kg/da)

Cultivar	Year	Sowing Dates			Year x Cultivar	Year average	
		March 15	April 1	April 15			
Pot Marigold	2020	207.90 bcd	159.60 cde	107.77 of	158.42 B	154.56	208.78
	2021	360.63 a	239.03 b	139.90 e	246.52 A		
SDXC		284.27	199.32	123.83	202.47 A		
Orange King	2020	223.07 b	156.30 de	72.73 f	150.70 B		
	2021	218.90 bc	150.80 de	143.43 e	171.04 B		
SDXC		220.98	153.55	108.08	160.87 B		
SD		252.63 A	176.43 B	115.96 C			

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

CV (%): 19.13	LSD_{YxSDxC}: 61.82 LSD_{YxC}: 35.69 LSD_{SD}: 58.01 LSD_c: 25.24
--------------------------------	--

SD: Sowing Date, C: Cultivar, Y: Year.

Figure 3. Essential oil content of *Calendula officinalis* flowers (%)

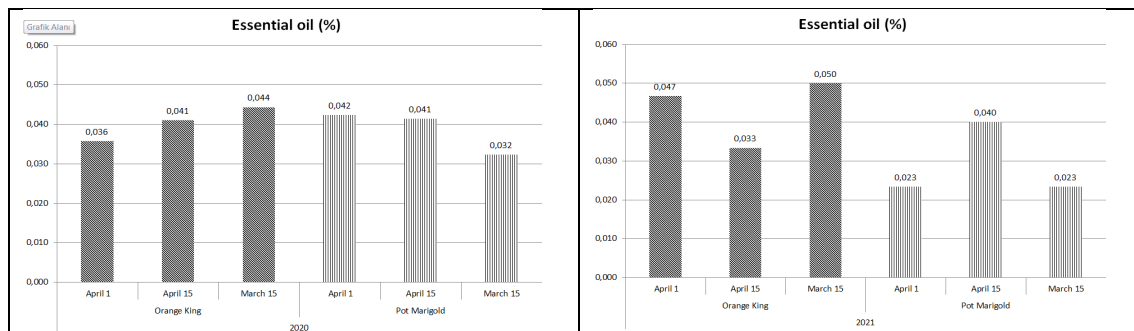


Table 3. Essential oil components of *Calendula officinalis* flowers (%)

	2020						2021					
	March 15		April 1		April 15		March 15		April 1		April 15	
	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.
Terpinen-4-ol	1.34	0.68	1.73	1.38	1.10	1.23	1.28	1.16	1.40	0.78	1.42	1.45
Lavandulo/Humulene	-	0.38	0.23	0.12	0.27	0.20	0.44	0.49	0.44	0.45	0.37	0.25
γ-Murolene	-	0.89	-	-	0.75	-	1.53	1.69	1.02	1.76	-	0.19
α-Terpeneol	0.45	1.54	1.48	0.31	0.74	-	-	-	-	-	-	-
endo-Borneol	6.74	11.89	3.08	6.35	2.28	7.08	2.81	3.32	3.11	3.33	2.07	8.88
cis-murola-3,5-diene	0.32	0.54	-	0.24	0.31	0.23	0.79	0.74	0.68	0.77	0.27	0.34
D-Carvone/ α-Murolene	1.85	3.21	2.08	1.08	2.72	1.45	3.17	3.72	2.73	3.60	1.76	1.36
(+)-δ-Cadinene	18.01	28.46	19.18	11.43	20.04	14.89	23.09	5.90	20.49	23.51	20.73	17.62
Cubebol	2.57	5.44	2.40	3.02	2.66	2.20	-	2.38	2.42	2.28	2.78	3.22
Epicubebol/α-Copaene	2.03	1.23	1.87	2.23	2.12	1.60	1.60	1.88	1.90	1.65	2.01	2.38
Ledol	-	2.40	-	-	-	-	1.56	1.98	-	1.59	1.91	4.62
(-)-Globulol	3.35	-	1.80	5.63	1.70	4.30	1.56	1.98	2.04	1.59	1.91	4.62
γ-Gurjunene	10.06	6.74	4.45	17.17	3.87	13.34	-	-	-	-	-	-
Epicubenol	-	1.32	-	-	2.41	-	2.10	1.88	1.90	2.10	2.24	2.20
α-Cubebene	2.30	2.25	2.03	2.26	2.41	3.89	3.97	5.63	5.69	4.62	5.49	15.42
Naphthalene	3.81	-	3.20	4.21	-	-	-	-	0.28	0.48	-	0.35
(+)-Ledene	3.95	2.93	2.52	6.47	1.99	5.04	-	-	0.20	0.19	-	0.20
β-copaene/tau.-Cadinol	3.26	2.09	4.25	2.54	5.64	3.18	5.25	6.62	4.93	4.98	3.76	2.01
δ-Cedrol	5.65	3.60	6.88	5.06	8.51	5.76	-	-	-	-	6.45	3.65
δ-Cadinol	1.28	0.79	1.44	1.21	2.05	1.27	1.66	2.24	1.62	7.38	1.39	0.81
α-Cadinol	24.57	14.00	29.69	23.31	29.71	24.85	28.39	35.61	26.33	26.26	32.49	17.48

Seed yields and seed oil rates were varied according to sowing date, cultivar, and years. Similarly Barut et al. (2023), differences were observed in the yield and seed oil rate of

different seed shapes in parallel with the temperature increases during the harvest dates. The same five seed types (Balloon-like without spines, insect leg, winged, curved, and ring-like)

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

were formed in both *Calendula officinalis* varieties under Çukurova conditions. Barut et al. (2022) reported that seed types vary according to environmental factors. While Soliman (2003) and Barut (2022) identified 6 seed types in different ecological conditions, Froment et al. (2003), Jolly et al. (2013) and De Clavijo (2005) identified 3 seed types. The highest seed yield was obtained from curved and ring seed shapes (respectively 22.93 and 20.53 kg/da at Pot Marigold) on March 15 (Figure 3.) according to the different sowing dates and seed shapes. Likewise our findings, Biçen (2020) obtained the highest seed yield from curved (40.75 kg/da) and ring-like (38.98 kg/da) seed types. The highest total seed yield was obtained from the Pot Marigold cultivar, March 15 sowing time (99.55 kg/da) according to cultivars and sowing times. The average total seed yield obtained in 2020 (59.55 kg/da) was higher than in 2021 (Figure 4). Different results were reported by other researchers, such as 63.42-179.72 kg/da (Barut et al.,2022), and 101.0-189.0 kg/da (Krol and Paszko, 2017). The seed oil rates obtained in

both varieties in 2020 (5.7-15.4%) were higher than in 2021 (5.3-11.3%). The oil content of Orange King and Pot Marigold varieties depending on their seed types has changed over the years (Figure 4.). According to seed shapes, the highest oil rate was obtained in balloon-like without spines-type seeds (15.4%) in 2020 and ring-like type seeds (11.3%) in 2021 (Figure 5).

Different results were reported by other researchers, such as 13% -15% (Zarrinabadi et al., 2019), 2%-12% (Angelini et al., 1997), 12.86% (Barut and Tansi, 2024), 20% (Dulf et al., 2013). *Calendula* seed oil's main components have been identified as calendic acid, oleic acid, and eicosapentaenoic acid. The calendic acid in seed oil, which holds significance in both medical and food industries (Dulf et al., 2013; Chardingy et al., 2003; Hennessy et al., 2011; Suzuki et al., 2001; Yasui et al., 2006), is influenced by the sowing time, variety, and years. The highest calendic acid content (47.3 %) was obtained from the Pot Marigold variety on March 15, 2020 (Table 4).

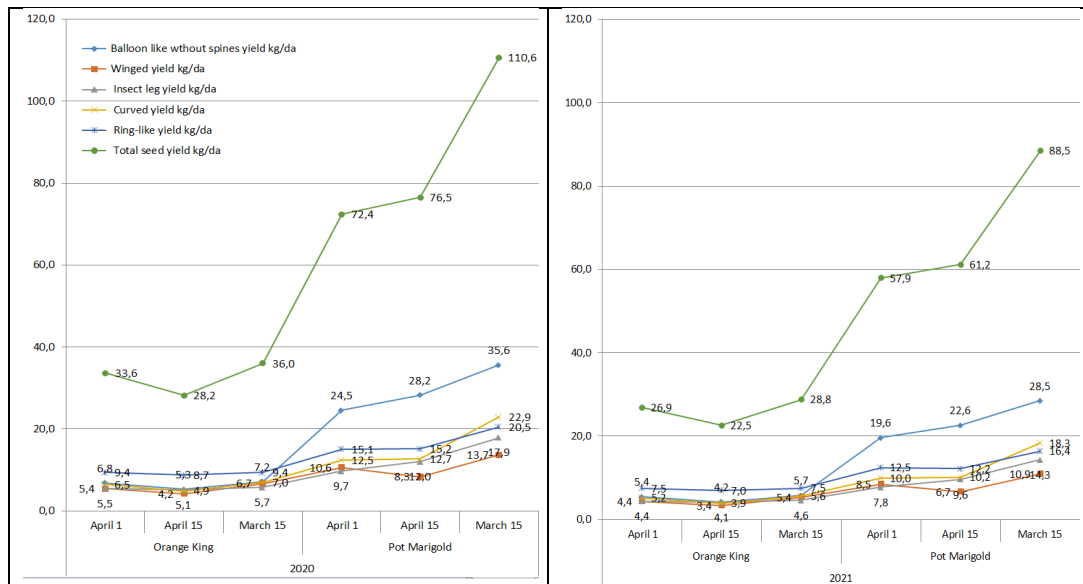


Figure 4. Total and different seed type yields of *Calendula officinalis* (kg/da)

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

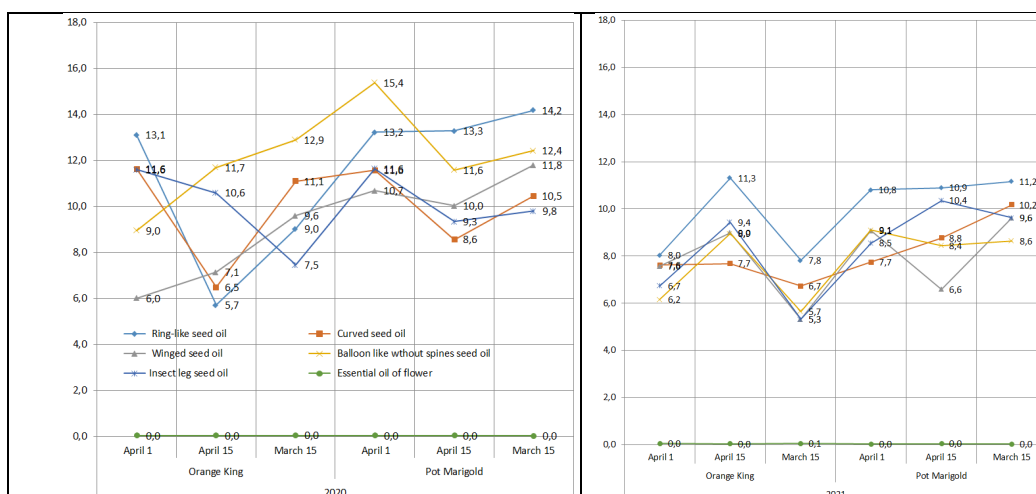


Figure 5. Different seed type oil rates of *Calendula officinalis* (%)

Table 4. Seed oil components of *Calendula officinalis* (%)

	2020						2021					
	March 15		April 1		April 15		March 15		April 1		April 15	
	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.	P.M.	O.K.
Palmitic Acid	5.9	5.8	5.0	4.8	5.1	5.9	4.5	4.7	4.8	5.3	5.3	4.7
Stearic Acid	2.1	1.6	0.8	1.2	-	1.4	-	-	1.4	0.5	1.4	1.3
Oleic Acid	22.0	19.1	26.4	22.9	24.5	20.9	22.4	19.4	22.9	15.4	19.9	21.5
Calendic Acid ($\alpha+\beta$)	47.3	39.9	44.6	43.5	46.3	44.9	44.4	41.5	43.4	35.6	45.4	41.6
Linolenic Acid	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.6	0.1	0.6	0.9	0.5	0.6
Eicosapentaenoic Acid	11.0	14.5	19.8	22.2	18.0	22.6	18.6	13.4	21.9	19.5	20.7	20.2
Behenic Acid	8.7	3.3	2.9	3.7	4.9	3.0	9.1	0.5	4.4	-	4.3	6.5

Conclusion

Early sowing is recommended under Çukurova conditions as it allows plants to benefit from the cool climate conditions for a longer period.

Flowers should be gradually harvested every 4 days throughout the flowering period to collect them before seed formation, while seeds should be gradually harvested every 8 days to prevent them from shedding before harvest.

Both Pot Marigold and Orange King varieties can be grown successfully under Çukurova conditions. Both varieties show similar trends in terms of essential oil for commercial medicinal and food purposes, and the Pot Marigold variety stands out in terms of dry flower yield, seed yield, and seed oil.

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

References

- Alsaraf, K., Abbas, I.S. ve Hassan, E.F., 2019. Extraction and Clinical Application of *Calendula officinalis* L. Flowers Cream Extraction and Clinical Application of *Calendula officinalis* L. Flowers Cream. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 571 012082.
- Angelini, L.G., Moscheni, E., Colonna, G., Belloni, P. ve Bonari, E., 1997. Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oil seed crops in central Italy. *Ind. Crops Prod.* 6, 313–323.
- Ashwlayan, V. D., Kumar, A., M., Verma, M., Garg, V. K. ve Gupta, S.K., 2018. Therapeutic Potential of *Calendula officinalis* L. *Pharm. Pharmac. Inter. J.*, 6(2), 149–155.
- Ayran, I. and Kan, Y., 2023. Konya Ekolojik Şartlarında Kültürü Yapılan Aynısefa (*Calendula officinalis* L.) Bitkisinin Farklı Ekim Zamanlarının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi* 12(1): 99-104.
- Babae, N., Moslemi, D., Khalilpour, M., Vejdani, F., Moghadamnia, Y., Bijani, A., Baradaran, M., Kazemi, M.T., Khalilpour, A. ve Pouramir, M., 2013. Antioxidant Capacity of *Calendula officinalis* Flowers Extract and Prevention of Radiation Induced Oropharyngeal Mucositis in Patients with Head and Neck Cancers: A Randomized Controlled Clinical Study. *DARU J. Pharm. Sci.*, 21, 18.
- Balijagic, J., Crnobarac, J., Jovancevic, M. Ve Mujanovic, I., 2018. The Effect of Variety and Plant Density on Potmarigold Flower Yield (*Calendula officinalis* L.) Inagro-Ecological Conditions of Bijelo Polje. *Agriculture & Forestry*, Vol. 64 Issue 1: 113-120.
- Barut, M. and Tansi, L.S., 2024. Elucidating the flower and seed yield and phytochemical variability of marigold (*Calendula officinalis* L.) in response to winter sowing at different harvest intervals and dates. *South African Journal of Botany* Volume 166, Pages 191-207.
- Barut, M., Tansi, S. and Karaman, S., 2023. Unveiling the phytochemical variability of fatty acids in world marigold (*Calendula officinalis* L.) germplasm affected by genotype. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*; 7(3): 639-649.
- Barut, M., Tansi, S., Bicen, G. and Karaman, S., 2022. Deciphering the quality and yield of heteromorphic seeds of marigold (*Calendula officinalis* L.) under high temperatures in the Eastern Mediterranean region. *South African Journal of Botany*, volume 149, September 2022, Pages 303-314.
- Biçen G., 2020, Çukurova Koşullarında Farklı Dikim Zamanlarının Aynısefa (*Calendula officinalis* L.)' nın Çiçek ve Tohum Verimlerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA.
- Bown, D., 2002. *Encyclopedia of Herbs & Their Uses*. Dorling Kindersley Limited, ISBN 1-4053-0059-0, 100, 132, 258, 322p, London.
- Buzzi, M., De Freitas, F. ve De Barros Winter, M., 2016. Therapeutic Effectiveness of a *Calendula officinalis* Extract in Venous Leg Ulcer Healing. *J. Wound Care*, 25, 732–739.
- Caliskan, O., ve Kurt, D.İ., 2018. Flower Yields of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plants as Effected by Flowering Durations and Number of Harvests. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(6):159-161.
- Chardigny, J.M., Hasselwander, O., Genty, M., Kraemer, K., Ptock, A. Ve Sebedio, J.L., 2003. Effect of conjugated FA on feed intake, body composition, and liver FA in mice. *Lipids*, 38(9):895–902.
- Crnobarac, J., Jaćimović, G., Marinković, B., Mircov, V.D., Mrđa, J., Babić, M., 2008. Dynamics of Pot Marigold Yield Formation Depended by Varieties and Row Distance. *Humeiul si Plantele Medicinale* 31(1-2):116-121.
- Crombie, L. and Hollowat S.J., 1985. Biosynthesis of the pyrethrins: unsaturated fatty acids and the origins of the rethrolone segment. *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1*, 1393-1400.
- Çolak, Ç., 2018. *Calendulae Flos* Droğunun Fitoterapi Açısından Değerlendirilmesi.

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

- Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakognozi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Çalışmalara Genel Bir Bakış. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, Sayı: 1, 50-58.
- De Clavijo, R., 2005. The reproductive strategies of the hetrocarpic annual *Calendula arvensis* (Asteraceae). Acta Oecolog. 28, 1190126.
- Dulf, F., Pamfil, D., Baci, A. D. ve Pintea, A., 2013. Fatty acid composition of lipids in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) seed genotypes. Chemistry Central Journal, 7:8.
- El-Hawary, S. S., El-Tantawi, M. E., Kirolos, F. N., & Hammam, W. E. (2018). Chemical composition, in-vitro cytotoxic and antimicrobial activities of volatile constituents from *Pyrus communis* L. and *Malus domestica* Borkh. fruits cultivated in Egypt. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21(6), 1642-1651. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1553637>
- Froment, M., Mastebroek, D., van Gorp, K., 2003. A Growers Manual for *Calendula officinalis* L. Plant Research International, Wageningen, The Netherlands, 11 p.
- Hamzawy, M.A., El-Denshary, E., S., M., Hassan, N.S., Mannaa, F.A. and Abdel-Wahhab, M.A., 2013. Dietary Supplementation of *Calendula officinalis* Counteracts the Oxidative Stress and Liver Damage Resulted from Aflatoxin. ISRN Nutrition Volume 2013, Article ID 538427, 9 pages.
- Hennessy, A.A., Ross, R.P., Devery, R. ve Stanton, C., 2011. The health promoting properties of the conjugated isomers of α -linolenic acid. Lipids, 46:105–119.
- Hsu, K.P., Tu, S.H., Su, Y.C. and Ho, C.L., 2021. Chemical Composition and Antimicrobial Activity Against Food-Borne Pathogens of *Calocedrus formosana* Heartwood Essential Oil. Natural Product Communications. 16(5). doi:10.1177/1934578X211020223.
- Joly, R., Forcella, F., Peterson, D., Eklund, J., 2013. Planting depth for oilseed calendula. Industrial Crops and Products, 42, 133–136.
- Kendir, G. ve Güvenç, A., 2010. Etnobotanik ve Türkiye’de Yapılmış Etnobotanik Çalışmalara Genel Bir Bakış. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, Sayı: 1, 50-58.
- Krol, B., 2012. Yield and Chemical Composition of Flower Heads of Selected Cultivars of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus: Vol.11, No.1, 215-225.
- Lekshmi, S.G., Sethi, S., Pooja, B.K., Swarajya, L.N. and Menaka, M., 2023. Ornamental plant extracts: Application in food colouration and packaging, antioxidant, antimicrobial and pharmacological potential—A concise review. Food Chemistry Advances Volume 3, December 2023, 100529.
- Li, Q., Wang, H., Ye, S.H., Xiao, S., Xie, Y.P., Liu, X., Wang, J.H., 2013. Induction of apoptosis and inhibition of invasion in choriocarcinoma JEG-3 cells by-calendic acid and -calendic acid. Prostag. Leukotr. Ess. 89 (5), 367–376.
- Lubbe, A. ve Verpoorte, R., 2011. Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants for Specialty Industrial Materials. Industrial Crops and Products 34: 785–801.
- Martin, R. J., ve Deo, B., 2000. Effect of Plant Population on *Calendula officinalis* L.) Flower Production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 28(1):37-44.
- Miranda, J., Arias, N., Fernandez-Quintela, A. and Puy Portillo, M., 2014. Are conjugated linolenic acid isomers an alternative to conjugated linoleic acid isomers in obesity prevention? Endocrinologia y Nutricion, Vo. 61, No.4, 209-219.
- Özgül-Yücel S., 2005. Determination of conjugated linolenic acid content of selected oil seeds grown in Turkey. J Am Oil Chem Soc. 82(12):893–897. doi: 10.1007/s11746-005-1161-7.
- Panahi, Y., Sharif, M.R., Sharif, A., Beiraghdar, F., Zahiri, Z., Amirchoopani, G., Marzony, E.T. ve Sahebkar, A., 2012. A Randomized Comparative Trial on the Therapeutic Efficacy of Topical Aloe Vera and

The Effect of Sowing Times on the Flower and Seed Yields of Different Varieties of *Calendula officinalis* L.) Flowers and Seeds under Çukurova Conditions

- Calendula officinalis* on Diaper Dermatitis in Children. *Sci. World J.*, 810234.
- Pommier, P., Gomez, F., Sunyach, M.P., D'Hombres, A., Carrie, C. Ve Montbarbon, X., 2004. Phase III Randomized Trial of *Calendula officinalis* Compared with Trolamine for the Prevention of Acute Dermatitis during Irradiation for Breast Cancer. *J. Clin. Oncol.* 22, 1447–1453.
- Reed DW, Savile CK, Qiu X, Buist PH, Covello PS. Mechanism of 1,4 dehydrogenation catalyzed by a fatty acid (1,4)-desaturase of *Calendula officinalis*. *Eur J Biochem.* 2002; 269: 5024-5029.
- Reider, N., Komericki, P., Hausen, B.M., Fritsch, P. ve Aberer, W., 2001. The seamy side of natural medicines: contactsensitization to Arnica (*Arnica montana* L) and marigold (*Calendula officinalis* L.). *Contact Dermatitis*, 45, 269–272.
- Saffari, E., Mohammad-Alizadeh-Charandabi, S., Adibpour, M., Mirghafourvand, M. ve Javadzadeh, Y., 2016. Comparing the Effects of *Calendula officinalis* and Clotrimazole on Vaginal Candidiasis: A Randomized Controlled Trial. *Women Health*, 57, 1145–1160.
- Silva, D., Ferreira, M.S., Sousa-Lobo, J.M., Cruz, M.T. ve Almeida, I.F., 2021. Anti-Inflammatory Activity of *Calendula officinalis* L. Flower Extract. *Cosmetics*, 8(2), 31.
- Singh, M. ve Bagewadi, A., 2017. Comparison of Effectiveness of *Calendula officinalis* Extract Gel with Lycopene Gel for Treatment of Tobacco-Induced Homogeneous Leukoplakia: A Randomized Clinical Trial. *Int. J. Pharm. Investig.* 2017, 7, 88.
- Soliman, M.I., 2003. Genetic Diversity of Achene Heteromorphism in Egyptian *Calendula micrantha* Tineo et Guss. October 2003 *Asian Journal of Plant Sciences* 2 (10), 782-789.
- Suzuki, R., Noguchi, R., Ota, T., Abe, M., Miyashita, K. ve Kawada, T., 2001. Cytotoxic effect of conjugated trienoic fatty acids on mouse tumor and human monocytic leukemia cells. *Lipids*, 36(5):477–482.
- Şahingil, D., 2019. GC/MS-Olfactometric Characterization of the Volatile Compounds, Determination Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oil from Flowers of *Calendula officinalis* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, Vol.22, No.6, 1571-1580.
- Tomko, A.M., Whynot, E.G., Ellis, L.D., Dupré, D.J., 2020. Anti-Cancer Potential of Cannabinoids, Terpenes, and Flavonoids Present in Cannabis. *Cancers (Basel)*. 21;12(7):1985.doi:10.3390/cancers12071985. PMID: 32708138; PMCID: PMC7409346.
- Tomou, E.M., Peppas, E. and Trichopoulou, A., 2023. Consumption of herbal infusions/decoctions and tea in Greece: a Planeterranean perspective on the results of Hydria survey. *J Transl Med* 21, 899. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04781-5>.
- Ul-Islam, R. and M. Kumar. 2014. Extraction of total carotenoids from *Calendula officinalis* and their effects on the oxidation stability of mustard oil. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol.*, 8(2) Ver. IV: 142-144. <https://doi.org/10.9790/2402-0824142144>
- Walisiejewicz-Niezbalska, W., Patkowska-Sokoła, B., Lipkowski, A. W., Bodkowski, R., Dobrzański, Z., Gwardiak, H. ve Różycki, K., 2009. Linoleic acid with conjugated double bonds in modified vegetable oils and milk fat. *Przem. Chem.* 88:579–582.
- Yasui, Y., Hosokawa, M., Kohno, H., Tanaka, T. ve Miyashita, K., 2006. Growth inhibition and apoptosis induction by all-trans-conjugated linolenic acids on human colon cancer cells. *Anticancer Res*, 26(3A):1855–1860.
- Zarrinabadi, I.G., Razmjoo, J., Mashhadi, A.A. ve Boroom, A., 2019. Physiological response and productivity of pot Marigold (*Calendula officinalis*) genotypes under water deficit. *Ind. Crops Prod.* 139, 111488.



Research Article

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Ahmet İRVEM^{1*}, Mustafa ÖZBULDU¹

ABSTRACT

Streamflow data are very important for effective planning and management of water resources in basins. In this study, Artificial Neural Networks (ANN), Support Vector Regression (SVR) and Multiple Linear Regression (MLR) models were developed to estimate the daily streamflow of three different rivers in the Ceyhan River Basin. Daily precipitation and temperature data obtained from The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) re-analysis data were used as predictor variables in the models. The estimation performances of the models were evaluated with different statistical performance measures. According to the evaluation results, the SVR model demonstrated the best performance in daily streamflow estimation for the Ceyhan River, achieving $R^2 = 0.95$ and $RMSE = 28.20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Additionally, for Söğütlü Creek, the results were $R^2 = 0.82$ and $RMSE = 6.57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, while for Keşiş Creek, $R^2 = 0.93$ and $RMSE = 1.45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ were obtained. The findings indicate that the SVR model predicts daily streamflow more successfully than the other models. Furthermore, it was found that the performance of the models developed using machine learning algorithms was superior to that of the linear regression model.

Keywords: Artificial neural networks, support vector regression, MATLAB, streamflow estimation, MERRA-2

Ceyhan Nehir Havzası için Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Regresyonu ve Çoklu Doğrusal Regresyon Modelleri Kullanılarak Günlük Akış Değerlerinin Tahmini

ÖZ

Akış verileri, havzalardaki su kaynaklarının etkin planlanması ve yönetilebilmesi için oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Ceyhan Nehri Havzası'nda bulunan üç farklı akarsuyun günlük akışını tahmin etmek için Yapay Sinir Ağları (YSA), Destek Vektör Regresyonu (DVR) ve Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) modelleri oluşturulmuştur. Modellerde tahmin edici değişkenler olarak Araştırma ve Uygulamalar için Modern Çağ Retrospektif Analizi, sürüm 2 (MERRA-2) re-analiz verilerinden elde edilen günlük yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Modellerin tahmin performansları farklı istatistiksel performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre, DVR modelinin Ceyhan Nehri için günlük akış tahmininde $R^2=0.95$ ve $RMSE=28.20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ değerleri ile en başarılı performansı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, Söğütlü Çayı için $R^2=0.82$ ve $RMSE=6.57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, Keşiş Dere için ise $R^2=0.93$ ve $RMSE=1.45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, DVR modelinin günlük akarsu akışını diğer modellere göre daha başarılı bir şekilde tahmin ettiği belirlenmiştir. Ayrıca makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak oluşturulan modellerin performansının doğrusal regresyon modeline göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları, destek vektör regresyonu, MATLAB, akış tahmini, MERRA-2

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-3838-1924, 0000-0002-5359-8750

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 14.05.2024

Kabul Tarihi: 04.11.2024

¹Department of Biosystems Engineering, Hatay Mustafa Kemal University, Hatay, Türkiye

*E-posta: airvem@mku.edu.tr

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Introduction

The phenomenon of climate change is anticipated to increase both the frequency and intensity of natural disasters, including floods and droughts. It is therefore of critical importance to develop and implement accurate hydrological models in order to mitigate the potential impacts of such disasters. (Tongal and Booji, 2018; Sauquet et al., 2021; Wang et al., 2019). The analysis of streamflow data plays a pivotal role in the field of hydrological modelling, particularly in the context of flood planning, the effective management of water resources and the comprehensive planning of river basins (Bhadrecha et al., 2016; Meng et al., 2019). However, many regions suffer from inadequate streamflow observation networks, leading to challenges in obtaining accurate and long-term streamflow data for effective modeling (Kumar and Sen, 2018; Shrestha et al., 2021). As such, it is crucial to develop new techniques to obtain and utilize streamflow data effectively in hydrological modeling, particularly in regions with limited resources. Hydrologists have long been developing hydrological models to estimate streamflow, but the complexity of the hydrological cycle and the inherent differences in basin characteristics make it challenging to accurately estimate streamflow (Peng et al., 2017). As a consequence of this, there has been a marked increase in interest in the development of data-driven hydrological models for estimating runoff, with a view to utilizing available data. Data-driven models have been shown to be more practical and simpler to use compared to models that extensively examine hydrological processes (Masselot et al., 2016; Noori and Kalin, 2016). Consequently, the application of machine learning (ML) algorithms has become increasingly prevalent in hydrological studies, including the estimation of precipitation, the assessment of water quality, and the modelling of groundwater. (Cheng et al., 2015; Hosseini and Mahjouri, 2016; Young et al., 2017; Khatri et al., 2020). However, it is essential to consider the limitations of these models as well, such as their inability to account for complex physical processes and the need for adequate training data. Hydrological models need to be

appropriately applied and validated with field observations to ensure their reliability and applicability in hydrological research and practice.

In recent times, ML algorithms, including artificial neural networks (ANNs), support vector regression (SVR), fuzzy logic and wavelet transform, have become increasingly popular in the field of streamflow estimation. This is due to their ability to provide accurate results that are comparable to those of physical process-based models. Among the algorithms available for this purpose, ANNs have been employed with considerable success for the estimation of streamflow in a variety of hydrological studies. Riad et al. (2004) utilized ANNs to model the precipitation-flow relationship in a semi-arid basin. Their findings reported that the ANN model demonstrated superior performance compared to the classical regression model in streamflow estimation. Similarly, Mehr et al. (2015) evaluated a backpropagation ANN model for streamflow estimation in a poorly observed basin. Their findings indicated that the ANN model has the potential to be an effective alternative for monthly flow estimation. Nevertheless, studies have indicated that SVR can achieve superior simulation accuracy in hydrological applications in comparison to ANNs, as reported by Tongal and Booji (2018) and Parisouj et al. (2020). Furthermore, previous research has indicated that ANNs and SVRs are the most preferred ML models for streamflow estimation, in comparison to other algorithms (Wang et al., 2019). In light of the aforementioned findings, SVR and ANN models were preferred as the most appropriate ML algorithms for the estimation of streamflow in the study area, given their prevalence and reliability.

Streamflow estimation models, including SVR and ANN, have been employed in a range of studies across diverse fields, including agriculture, water resources management, and climate change. In agriculture, streamflow estimation models can be used to estimate water availability for irrigation purposes. By accurately estimating streamflow, farmers can make informed decisions about when and how

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

much water to use for irrigation, optimizing crop yield and water use efficiency. Moreover, flow simulation models can assist in the administration of water resources by furnishing data on the availability of water and the potential for drought conditions. In the Awash River Basin in Ethiopia, SVR models have been used to estimate short-term drought conditions, enabling proactive water management strategies (Belayneh et al., 2015). In water resources management, streamflow estimation models are essential for planning and decision-making. These models can provide valuable information on water availability, reservoir management, and flood control. For instance, in the Karkheh Basin in Iran, ML models like ANN and SVR were used to estimate streamflow and analyze flood hazards (Kamali et al., 2022). These models can help in designing and implementing effective water management strategies, ensuring sustainable water supply and minimizing the risk of floods.

Accurately estimating daily streamflow is crucial for successful decisions on water allocation, reservoir management, flood control and irrigation planning. In recent years, the application of ANN and SVR in particular has demonstrated considerable potential for enhancing the accuracy of daily streamflow estimations. (Adamowski and Sun 2010; Kisi et al. 2013; Fotovatikhah et al. 2018; Rauf et al. 2018; Siddiqi et al. 2021). However, studies that compared the performance of different data-driven models revealed that the success rate of the models may vary according to region (Chau and Li, 2009; Tongal and Berndtsson, 2016; Bafitlhile and Li, 2019).

Consequently, it is of paramount importance to ascertain the most efficacious modelling method for the study area in order to achieve more accurate daily streamflow estimation. Furthermore, no previous study has been conducted on the utilization of ML algorithms for the estimation of daily streamflow in the Ceyhan River Basin. In order to achieve this

objective, the performance of various models, including ANN, SVR, and MLR models, were evaluated in terms of their ability to estimate daily streamflow using precipitation and temperature data from the Ceyhan River Basin. The findings of this study will address an important research gap in the study area regarding the use of ML methods for streamflow estimation and the selection of the most suitable method to improve accuracy. Additionally, the objective is to contribute to the improvement of water management and decision-making processes in the region by estimating streamflow data.

Material and Method

Study area and data

The models employed for streamflow estimation were applied to three streams within the Ceyhan Basin in Turkey. The Ceyhan Basin is characterized by a climate that is broadly similar to the Mediterranean climate. In accordance with the Köppen classification, the climate is characterized by high temperatures and low humidity during the summer months, with cooler, more humid conditions prevailing during the winter season. The quantity of precipitation varies along the basin as a consequence of altitude differences. The Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Turkey (TOB) has reported that the average annual total precipitation in the Ceyhan basin is 727.3 mm, with an average annual temperature of 14.8 °C. The total precipitation area of the basin is 21,391 km², and the annual total surface water potential is 7,833 hm³ (TOB, 2019). The streamflow data utilized in the models was sourced from three observation stations of the State Hydraulic Works situated within the basin. The locations of the streamflow observation stations are shown in Figure 1 and Table 1. The stations were selected due to their long-standing records of annual flow measurement. The daily streamflow data for these stations were obtained from State Hydraulic Works for the period 1988-2015. (DSI, 2022).

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Table 1. The features of stations used for the observation of streamflow

Stations	Mean annual streamflow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Latitude	Longitude
Ceyhan River-Misis	190,176	36°57'28" N	35°38'03" E
Sögütlü Creek- Hanköy	3,741	38°15'20" N	37°32'01" E
Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı	10,597	37°28'24" N	36°15'07" E

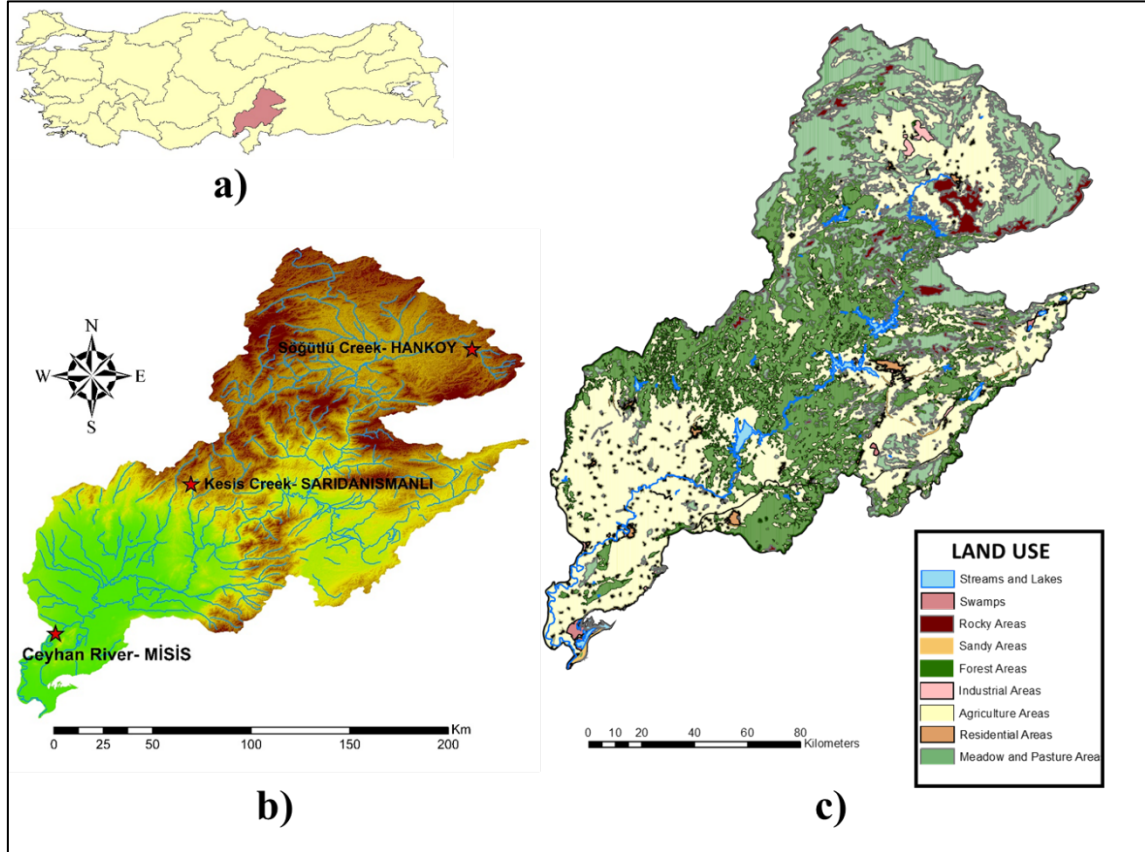


Figure 1. a) location of the study area, b) location of observation stations, c) land use map of the study area (Corine, 2000)

As the literature has shown, precipitation and temperature data are used in many studies to estimate streamflow (Rauf et al., 2018; Parisouj et al., 2020). Therefore, this study used these parameters and their antecedents as predictor variables. However, there are insufficient long-term records in the meteorological observation stations in the study area.

Many studies have reported that the Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2) reanalysis data is a good alternative when daily

precipitation and temperature observation data are missing (Gupta et al., 2020; Hamal et al., 2020). Therefore, precipitation and temperature data used as input data in the models for the years 1988-2015 were obtained from the MERRA-2 data at for the locations of the flow observation stations (NASA, 2022). The MERRA-2 data provides worldwide climate data from 1980 to the present. The data provides a spatial resolution of approximately 55 kilometers at latitude (0.5° latitude \times 0.625° longitude) (Reichle et al., 2017). The basic statistics of the

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Table 2. The basic statistics of the MERRA-2 data

Stations		Temperature (°C)					Precipitation (mm)				
		Min	Max	Mean	Std	Skw	Min	Max	Mean	Std	Skw
Ceyhan	River-	-0.1	38.1	19.5	8.5	-0.08	0.0	54.3	1.7	4.7	4.46
Misis											
Söğütlü	Creek-	-6.6	35.3	15.6	9.1	-0.04	0.0	51.1	1.5	3.8	4.30
Hanköy											
Keşiş	Creek-	-17.3	29.7	9.3	9.6	-0.13	0.0	32.1	1.1	2.6	4.35
Sarıdanışmanlı											

* Min: Minimum value, Max: Maximum value, Std: Standard deviation, Skw: Skewness

MERRA-2 data are presented in Table 2. The input set was constructed using daily precipitation (Pt-1, Pt-2 and Pt) and temperature (Tt-1, Tt-2 and Tt) data and runoff data from the previous two days (Qt-1 and Qt-2). These lagged data are included in the model to capture how the hydrological system is affected by past conditions. In the literature, many studies have reported that precipitation and temperature data from previous days play an important role in hydrological processes and improve model performance (Riad et al., 2004; Tongal and Booji, 2018).

Support vector regression (SVR)

The objective of SVR is to calculate a linear regression function in a higher-dimensional input space (feature space), to which the input data is mapped via a nonlinear function (Raghavendra and Paresh, 2014). Consequently, a linear problem of regression in a complex input space is derived from a nonlinear problem of regression in a relatively simple input space. The solution is then performed in this space. The challenge is to identify a function $f(x)$ that exhibits the greatest discrepancy ε from the observed lateral displacements for the training data while maintaining a minimal degree of curvature. In order to achieve this, the ε -insensitive loss function is employed, whereby errors below a threshold of ε are deemed acceptable, whereas deviations above this threshold are penalized and considered unacceptable (Misra et al., 2009). Mathematically,

$$f(x) = \langle w, x \rangle + b \quad \text{with } w \in X, b \in R \quad (1)$$

where $\langle w, x \rangle$ represents the magnitude of the dot product in X . In Equation 1, flatness is indicated by a small value of w . This can be achieved by reducing the Euclidean norm to a minimum, i.e., $\|w\|^2$. In this case, the problem can be formulated as given in Equation 2 and 3.

$$\text{minimise } \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (2)$$

$$\text{subject to } \begin{cases} (\langle w, x_i \rangle + b) - y_i \leq \varepsilon \\ y_i - (\langle w, x_i \rangle + b) \leq \varepsilon \end{cases} \quad (3)$$

Nevertheless, there are instances when it is not feasible to derive a flat function f with an error margin of less than ε . In order to solve this problem, Equation 4 and 5 are obtained by adding the parameters called slackness, which are expressed in ξ_i^- , ξ_i^+ notation, to the constraints in the optimization problem (Smola and Schölkopf, 2004; Misra et al., 2009).

$$\text{minimise } \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i^- + \xi_i^+) \quad (4)$$

$$\text{subject to } \begin{cases} (\langle w, x_i \rangle + b) - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^- \\ y_i - (\langle w, x_i \rangle + b) \leq \varepsilon + \xi_i^+ \\ \xi_i^-, \xi_i^+ \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

where, C represents the predetermined term that governs the magnitude of the penalty associated with errors that fall outside the negligible margin of error. The slack variables, ξ_i^- and ξ_i^+ represent the lower and upper constraints on the outputs, respectively. It is required that the constant C be greater than zero. The value of C serves to establish a balance between the degree of flatness exhibited by the function and the extent of permissible deviations exceeding the

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

specified tolerance limit of ϵ . In conclusion, this optimization problem. Finally, this optimization problem

Table 3. Hyperparameter optimization results

Stations	SVR		
	ϵ	C	γ
Ceyhan River-Misis	1.91	999.1	347.9
Söğütlü Creek- Hanköy	0.03	255.5	133.8
Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı	0.04	112.5	32.6

is expressed in Equation 6 given below by taking the dual of the problem.

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (a_i - a_i^*) k(x_i, x) + b \quad (6)$$

Here, a_i, a_i^* is the dual variables of the constraints of the problem in Equation 3 and takes values in the range of $[0, C]$. In Equation 6, $k(x_i, x)$ is called the kernel function. Consequently, the nonlinear SVR is transformed within the high-dimensional input space in order to facilitate linear analysis. A variety of kernel functions may be employed in support of SVR, including linear, polynomial, sigmoid, and radial basis functions.

In comparison to other kernel functions, there is a notable prevalence of the RBF kernel function in the literature, due to its superior performance in producing more satisfactory results than other functions (Liong and Sivapragasam, 2002; Lin et al., 2006; Tongal and Booji, 2018). Therefore, the radial basis kernel function is used in this study as given Equation 7 (Misra et al., 2009).

$$k(x_i, x) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x\|^2}{2\gamma^2}\right) \quad (7)$$

where, γ is kernel scale. To obtain best results of SVR model, three parameters need to be optimized which are ϵ value, box constraint (C), and kernel scale (γ). These parameters were determined by applying hyperparameter optimization to the training data in the MATLAB R2021 program, and the value ranges were selected according to the default parameters determined by the MATLAB Regression Learner App. The parameters obtained for each river for SVR models are given in Table 3.

Artificial neural network (ANN)

ANNs are systems for information processing that are constructed from nodes or neurons, which are analogous in structure to the human brain. They are employed for the resolution of complex problems. A number of studies have demonstrated the efficacy of ANN as a methodology for modelling nonlinear relationships between inputs and outputs in hydrological studies (Kisi, 2004; Corzo and Solomatine, 2007; Guimaraes Santos and Lima, 2014; Sušanj et al., 2016). The general structure of an ANN is composed of three layers: an input layer, a hidden layer, and an output layer. Each layer contains nodes that represent the variables associated with that layer.

In accordance with Equation 8, each node j receives signals from node i in the preceding layer. A weight, denoted as W_{ij} is assigned to correspond with each incoming signal, represented by X_i . The active incoming signal (S_j) to node j is the weighted sum of all incoming signals, and b_j is the neuron threshold value.

$$S_j = \sum_{i=1}^n X_i W_{ij} + b_j \quad (8)$$

The active incoming signal (S_j) is subjected to a nonlinear activation function, thereby generating the node's outgoing signal as illustrated in Equation 9.

$$f(S_j) = \frac{1}{1 + e^{-S_j}} \quad (9)$$

The structure of the network, the activation functions and the training algorithms all contribute to the determination of ANN models. Among the various types of ANNs, multilayer perceptron feedforward neural networks are among the most commonly employed (Singh et

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

al., 2009; Lohani et al., 2011). In these networks, each neuron is associated with all neurons in the previous layer. Furthermore, the output of each layer is utilized as input for the subsequent layer. A number of studies have indicated that quasi-Newtonian optimization methods are capable of achieving rapid convergence times and low mean squared errors in hydrological processes. (Aqil et al., 2007; Badrzadeh et al., 2013; Linares Rodriguez et al., 2015). For this reason, the Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno quasi-Newton algorithm (LBFGS) and the feedforward neural network algorithm were employed as optimization techniques.

In the ANN model, the system's nonlinearity is captured through the use of activation functions. In the field of hydrological modelling, the tangent sigmoid function is the activation function that is most frequently employed. (Dawson and Wilby, 2001; Zadeh et al., 2010). Consequently, the tangent sigmoid function was employed in this study. The function has an output range of 0 to 1. However, since the input data are outside this range, it is necessary to standardize the data. Consequently, the input data is subjected to standardization in accordance with Equation 10 (Rajurkar et al., 2002; Lohani et al., 2011).

$$\bar{X} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (10)$$

where X is the original data, \bar{X} is the standardized value of the input, X_{\min} is minimum and X_{\max} is maximum of the measured values in all observations.

Once the data has been normalized, the next step is to determine the optimal number of neurons in the hidden layer. In the event that the number of neurons is insufficient, the network will be unable to structure the complex data, resulting in suboptimal outcomes. A high number of neurons is typically beneficial in enabling the network to address complex systems, although it can also lead to overfitting issues. Consequently, it is of paramount importance to ascertain the optimal number of nodes in the hidden layer, as this has a significant impact on the performance of the trained network. Consequently, the optimal number of neurons in the hidden layer was

identified through a trial-and-error approach, wherein the number of neurons in the hidden layer was varied from 2 to 10 (Lohani et al., 2011; Tongal and Booji, 2018). The results of the experiments indicated that the optimal number of neurons in the hidden layer was 6 for Ceyhan River-Misis, 4 for Söğütlü Creek-Hanköy and 7 for Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı.

Multiple linear regression (MLR)

Regression analysis is one of the oldest and most widely used methods in long-term hydrological forecasting (Rezaeianzadeh et al., 2014). The MLR Model is a linear model that explains the relationship of a y variable with two or more x variables. The general structure of the model is as given in Equation 11;

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (11)$$

Here, y is the dependent (or response) variable, x is the independent (or predictive) variable. ε is random error. β is the regression coefficient (constant). Each β coefficient is simply multiplied by a variable x .

Evaluation of model performance

In order to assess the performance of the models against the station data, the four statistical methods of coefficient of determination (R^2), root mean square error to standard deviation ratio (RSR) and Nash-Sutcliffe model efficiency (NSE) were employed.

R^2 is a statistic metric that indicates what proportion of variation in observations a model is able to explain. In addition, R^2 is a statistic that gives some information about whether a model fits well. A high R^2 value is desirable because the higher it is, the less unexplained variation there is. These coefficients are statistical measures of how closely a regression line approximates real data (Moriassi et al., 2007). It is computed by Equation 12.

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}) \times (M_i - \bar{M})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2}} \right)^2 \quad (12)$$

One of the commonly used statistical measures of error is the Root Mean Square Error (RMSE) (Singh et al., 2005; Moriassi et al., 2007). It is widely acknowledged that a lower RMSE value indicates superior model performance. However,

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

the actual value of this parameter varies according to the size of the data. In light of this, RSR has been developed as a model evaluation statistic that facilitates the interpretation of these values (Singh et al., 2005). RSR converts the RMSE values to a standard value using the standard deviation values of the observations. The RSR is calculated by dividing the RMSE and the observation standard deviations, as given in Equation 13.

$$RSR = \frac{RMSE}{Std.Dev.} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n |O_i - M_i|^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n |O_i - \bar{O}|^2}} \quad (13)$$

The Nash-Sutcliffe efficiency coefficient offers a quantitative measure of the predictive efficacy of a given model. Its values range from negative infinity to one. It is desirable that the value it receives is between zero and one, and as it approaches one, it indicates that the model provides a satisfactory estimation result (Moriassi et al., 2007). The NSE is calculated using the equation provided in Equation 14.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (14)$$

In this equations; O_i represents the observation station measurement, \bar{O} denotes the average of the observation station measurements, M_i signifies the model output, \bar{M} signifies the model output. Finally, n denotes the number of data points. The results of the RSR and NSE evaluation are presented in Table 4.

Results and Discussion

In this study, ANN, SVR, and MLR models were applied for three rivers in the Ceyhan River basin to estimate daily streamflow values. Model performances are evaluated using three statistical measures. The input set of the model was constructed using precipitation (Pt-1, Pt-2 and Pt) and temperature (Tt-1, Tt-2 and Tt) data

from the previous two days, as well as flow data from the previous days (Qt-1 and Qt-2). This choice was made in order to account for the lagged effects of variables such as precipitation, temperature, and runoff in order to obtain more accurate predictions. The use of previous flow data (Qt-1 and Qt-2) can contribute to a better performance of the model, especially during periods of rise and fall of the hydrograph. In addition, lagged temperature and precipitation data allow the process of infiltration of precipitation into the soil and its contribution to streamflow to be incorporated into the model (Riad et al., 2004; Tongal and Booji, 2018; Rauf et al., 2018). In the modeling, 70% of the data was used as a training data and 30% as a test data. Test results were used in the evaluation of the models.

Streamflow estimation results for Ceyhan River-Misis

The performance results for daily flow measurements between 1988 and 2015 of the SVR, ANN, and MLR models are presented in Table 5, respectively. Based on the results from the performance assessment criteria, the model estimates were found to be similar. However, it has been determined that the model obtained by using the SVR algorithm makes estimations with a lower error amount than other models.

The models' performances in terms of RMSE and R^2 for the test phases are shown in Table 5. RMSE values for MLR are lower than SVM and ANN. Due to the maximum R^2 (0.95) and minimum RMSE values (28.20), the SVR model was determined to be the best model for the daily streamflow estimation of the Ceyhan river. Similar results were observed in the ANN model (Table 5). Among the models, the MLR model had the worst performance compared to the other models ($R^2 = 0.93$ and $RMSE = 28.94$).

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Table 4. Performance evaluation table for RSR and NSE (Moriassi et al. 2007)

Rank	NSE	RSR
Very Good	0.75 - 1.00	0.00 - 0.50
Good	0.65 - 0.75	0.50 - 0.60
Satisfactory	0.50 - 0.65	0.60 - 0.70
Unsatisfactory	< 0.50	> 0.70

* NSE: Nash-Sutcliffe model efficiency, RSR: Root mean square error to standard deviation ratio

However, when NSE and RSR were evaluated as model performance success, it was determined that the models made very good estimations according to the threshold values given in the literature (RSR<0.50, NSE>0.75). In general, ML regression analysis (SVR and ANN) has been found to give more accurate results than linear regression analysis (MLR) when statistical performance criteria are taken into account. A comparison of the observed and estimated daily flow for all models on a timeline is given in Figure 2. When the figure is examined, it is seen that the estimations obtained from the models make similar estimations to the station observation values and the estimation errors are quite low. As a result of the evaluations, it has been determined that the daily flow of the Ceyhan River, which has a high annual average flow, can be successfully estimated using the model created with a small number of parameters.

Streamflow estimation results for Söğütlü Creek- Hanköy

The statistical evaluation results of the estimates made for the Hanköy measurement station located on the Söğütlü Stream in the northern part of the Ceyhan basin are given in Table 6. It was seen that ANN, MLR, and SVM models gave similar results to the results in the Ceyhan River. It has been determined that the models created using ANN and SVM ML algorithms are more successful than the flow estimations of the traditional MLR model.

As shown in Table 6, the best result was for the SVR, as demonstrated by the minimum error rate, RMSE = 6.57, and the best correlation rate, $R^2 = 0.82$. Additionally, the ANN model also

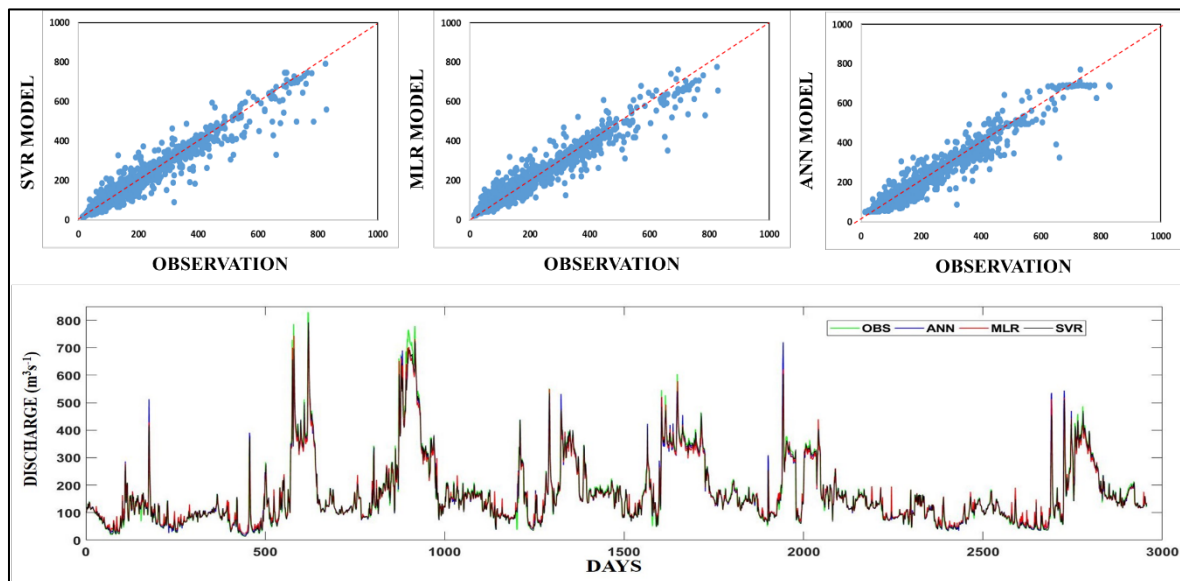


Figure 2. Time series and scatter plot of models for Ceyhan River-Misis

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Table 5. Performance results of testing phase for Ceyhan River

Station	Method	Testing Period			
		R ²	RMSE	NSE	RSR
Ceyhan River-Misis	MLR	0.93	28.94	0.92	0.25
	ANN	0.95	28.25	0.95	0.23
	SVR	0.95	28.20	0.95	0.22

*R²: Coefficient of determination, RMSE: Root mean square error, NSE: Nash-Sutcliffe model efficiency, RSR: Root mean square error to standard deviation ratio

performed well like the SVR model, with the minimum error rate, RMSE = 6.61, and the best correlation rate, R² = 0.81, refers to the most precise correlation value. On the other hand, the MLR model showed worse estimation performance than the others, with the minimum error rate RMSE = 6.93 and the best correlation rate R² = 0.79. However, when the model performance success was evaluated according to the threshold values (RSR<0.50, NSE>0.75), it was determined that it made very good estimations. The correlation and similarity of the estimations of all models with the observation data can be observed in Figure 3. Similar to the Ceyhan River; It is seen that all three models underestimate the daily flow for Sögütlü Creek-Hanköy, especially the peak flow values, then the observed values. The use of delayed flow data as input to ANN and SVR models can create difficulties in determining and estimating the effects of sudden extreme events such as floods

and droughts on stream flow (Chau and Li, 2009; Sazib et al., 2020).

In addition, extreme events in climatic factors such as temperature and precipitation used as input in the models can affect hydrological processes and river flows (Zamanisabzi et al., 2018). These changes may cause over- or underestimation of the model in certain time periods.

Streamflow estimation results for Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı

The statistical evaluation of different types of model performances in daily streamflow estimations of the Sarıdanışmanlı measurement station located on the Keşiş Creek for the testing phase is presented in Table 7. In general, it has been observed that ML models (ANN and SVR) give better results than MLR.

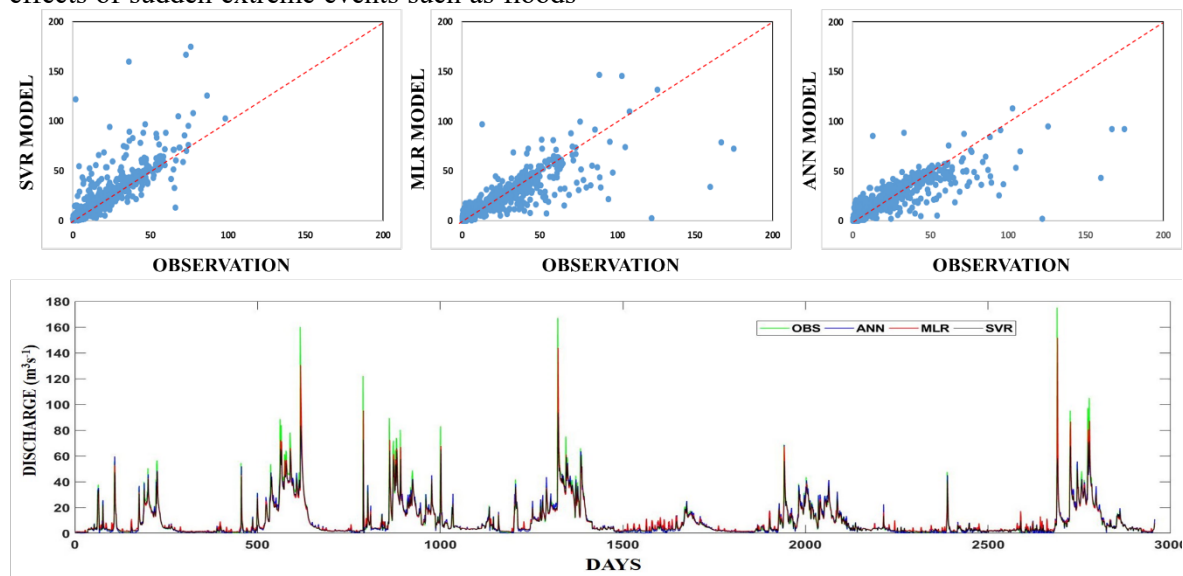


Figure 3. Time series and scatter plot of models for Sögütlü Creek- Hanköy

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Table 6. Performance results of testing phase for Söğütlü Creek- Hanköy

Station	Method	Testing Period			
		R ²	RMSE	NSE	RSR
Söğütlü Creek- Hanköy	MLR	0.79	6.93	0.79	0.46
	ANN	0.81	6.61	0.81	0.44
	SVR	0.82	6.57	0.81	0.44

*R²: Coefficient of determination, RMSE: Root mean square error, NSE: Nash-Sutcliffe model efficiency, RSR: Root mean square error to standard deviation ratio

The R² and RMSE values obtained showed agreement with the observed data. The lowest RMSE value was calculated for the SVR model (1.45) and the highest for the MLR model (1.62). The R² value that indicates the agreement with the observation data was higher than approximately 0.90 for all models. When NSE and RSR were evaluated as model performance success, it was determined that the models made very good estimations according to the threshold values given in the literature (RSR<0.50, NSE>0.75). Figure 4 shows the daily streamflow estimation graphs obtained by ANN, SVR, and MLR methods for the testing phase of Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı. SVR and ANN model estimations were found to be very similar when compared to MLR. Also, it was determined that the model estimates and the observed streamflows are similar except for the peak values. When the comparison of flow observation measurements and daily flow forecasts obtained from the models on the

timeline is examined, it is seen that it makes estimations similar to the observation measurements and trend, as in the Ceyhan river forecasts.

As a result of the evaluations, it was seen that the estimations obtained for Keşiş Stream, which has an annual average flow of 10.60 m³ s⁻¹, are better than the Söğütlü Stream measurements but less unsuccessful than the Ceyhan River, which has a higher annual average flow.

When the results were evaluated in general for the three measurement stations, it was seen that the estimations were generally successful (Figure 5). Similar to the findings of this study, Vatanchi et al. (2023) reported that the performance of the ANN prediction model was successful (NSE=0.92) in their study to predict the daily

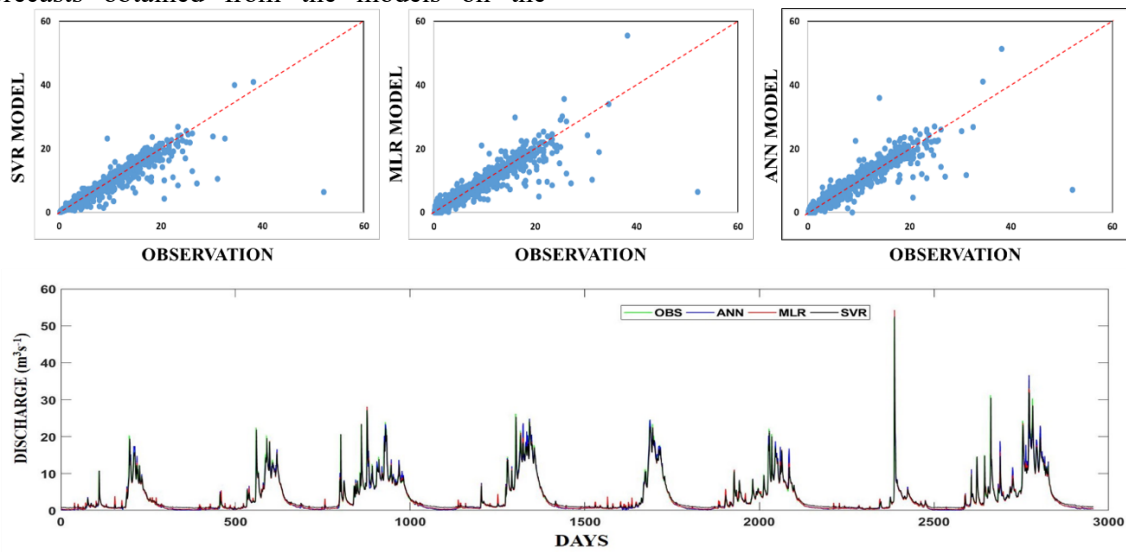


Figure 4. Time series and scatter plot of models for Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

Table 7. Performance results of testing phase for Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı

Station	Method	Testing Period			
		R ²	RMSE	NSE	RSR
Keşiş Creek- Sarıdanışmanlı	MLR	0.90	1.62	0.90	0.32
	ANN	0.91	1.50	0.91	0.29
	SVR	0.93	1.45	0.92	0.29

*R²: Coefficient of determination, RMSE: Root mean square error, NSE: Nash-Sutcliffe model efficiency, RSR: Root mean square error to standard deviation ratio

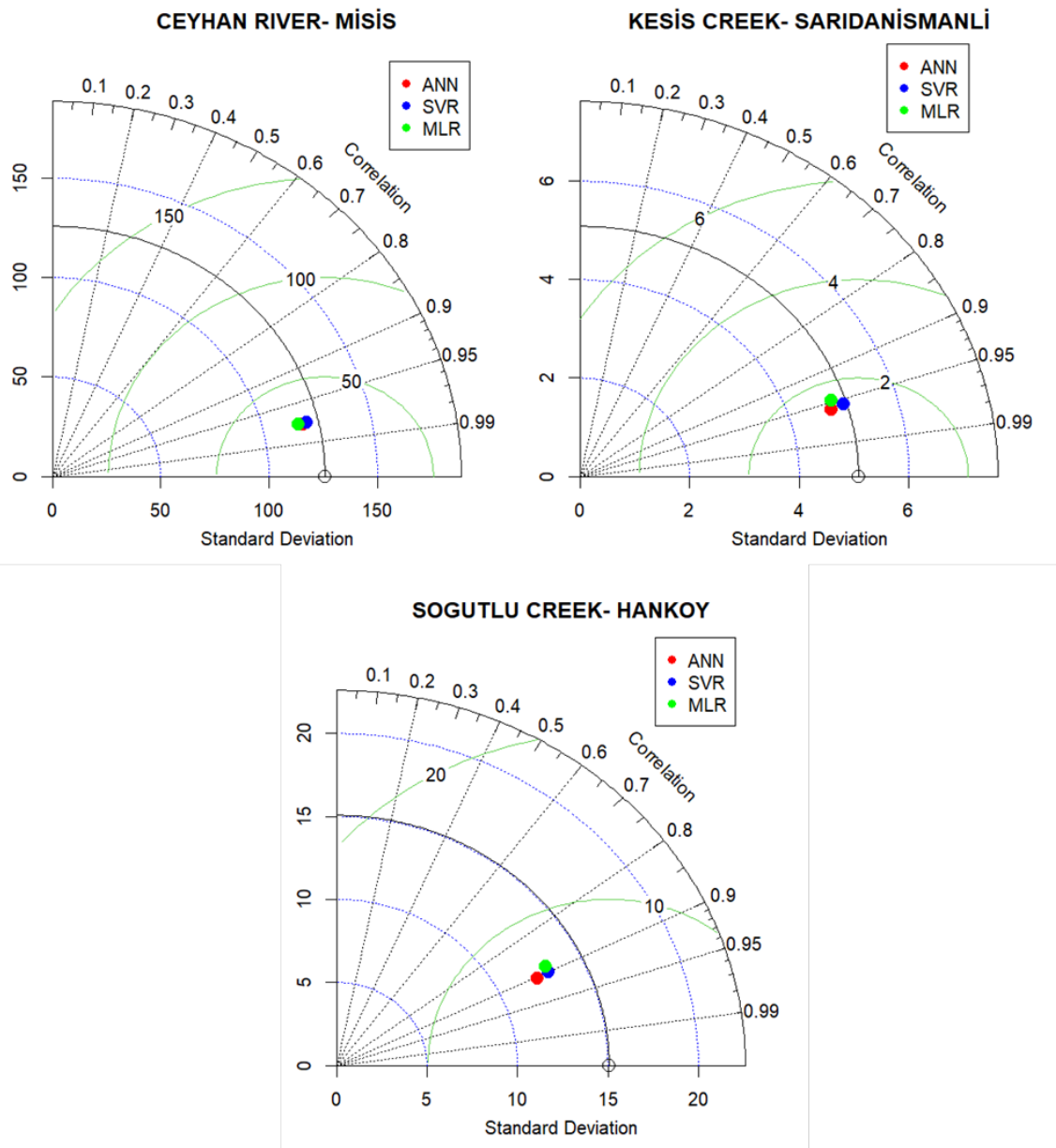


Figure 5. Overall evaluation results obtained for the test phase of the models

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

flow of the Colorado River in the USA. Kamali et al. (2023) evaluated different machine learning models in a similar study in the Karkheh basin of Iran. It was reported that the SVR model showed high performance with an R^2 and RMSE of 0.85 and $36.49 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, respectively, during the test periods. Oad et al. (2023) evaluated the usability of ANN prediction models for stream forecasting in their study for the Goulburn River in Australia and found that the models were acceptable with correlation coefficient values ranging between 0.61-0.95.

In addition, it has been determined that the low amount of flow of the measured river affects the estimation success of the models. Accordingly, it was seen that the estimations for the Ceyhan River, which has high flow, were the most successful, while the estimations made for the Söğütlü Creek, which had the lowest flow, were more unsuccessful. It has been determined that model estimations created using ML algorithms from the models evaluated in the study are more successful than traditional regression approaches. When the results obtained were compared with the information given in the literature, it was seen that similar results and inferences were obtained (Rauf et al., 2018; Tongal and Booji, 2018; Parisouj et al., 2020; Siddiqi et al., 2021;)

Conclusion

In this study, ANN, SVR, and MLR models were developed to estimate daily streamflow values in the Ceyhan River Basin. The performance of the models was determined using daily precipitation and temperature data, which were obtained from MERRA-2 reanalysis data.

The analysis results revealed that the SVR model exhibited the best predictive performance for the Ceyhan River, with $R^2 = 0.95$ and $\text{RMSE} = 28.20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Furthermore, high accuracy was also observed in the other rivers, with the Söğütlü Creek showing $R^2 = 0.82$ and $\text{RMSE} = 6.57 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, and the Keşiş Creek showing $R^2 = 0.93$ and $\text{RMSE} = 1.45 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. These results indicate that machine learning algorithms (particularly SVR and ANN) performed significantly better than the traditional MLR model.

The key findings of this study highlight the effectiveness of data-driven approaches in hydrological modeling and emphasize the benefits of using alternative data sources (such as MERRA-2 reanalysis data) for streamflow estimation in areas like the Ceyhan River Basin, which may suffer from data scarcity. However, the limitation of the model to only predict one day ahead streamflow constrains its potential applications. Future research should focus on developing multi-step prediction methods to enhance the accuracy of streamflow forecasts.

In conclusion, this study contributes to the improvement of hydrological modeling in the Ceyhan River Basin and provides valuable insights for water management and decision-making processes. These findings can assist in the more effective management of water resources in the region.

Acknowledgements

We appreciate the State Hydraulic Works for providing the streamflow data needed for the study.

References

- Adamowski, J., Sun, K. (2010) Development of a coupled wavelet transform and neural network method for flow forecasting of non-perennial rivers in semi-arid watersheds. *J Hydrol* 390(1–2):85–91.
- Aqil, M., Kita, I., Yano, A., Nishiyama, S. (2007) Neural networks for real time catchment flow modeling and prediction. *Water Resour Manage* 21:1781–1796.
- Badrzadeh, H., Sarukkalige, R., Jayawardena, A.W. (2013) Impact of multi-resolution analysis of artificial intelligence models inputs on multi-step ahead river flow forecasting. *J Hydrol* 507:75–85.
- Bafitlhile, T. M., Li, Z. (2019) Applicability of ϵ -support vector machine and artificial neural network for flood forecasting in humid, semi-humid and semi-arid basins in China. *Water* 1(11):85.
- Belayneh, A., Adamowski, J., Khalil, B. (2015) Short-term SPI drought forecasting in the Awash River Basin in Ethiopia using wavelet transforms and machine learning

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

- methods. *Sustain Water Resour Manage* 1(2):87-101.
- Bhadrecha, M. H., Khatri, N., Tyagi, S. (2016) Rapid integrated water quality evaluation of Mahisagar river using benthic macroinvertebrates. *Environ Monit Assess* 188:254.
- Chau, K. W., and Li, Y. (2009) Predicting monthly streamflow using data-driven models coupled with data-preprocessing techniques. *Water Resour Res* 8(45).
- Cheng, C. T., Feng, Z. K., Niu, W. J., Liao, S. L. (2015) Heuristic methods for reservoir monthly inflow forecasting: a case study of Xinfengjiang Reservoir in Pearl River, China. *Water* 7:4477–4495.
- Corine (2020) Land use and land cover map. <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover> Accessed 18 December 2022.
- Corzo, G., Solomatine, D. (2007) Baseflow separation techniques for modular artificial neural network modelling in flow forecasting. *Hydrological Sciences Journal* 52:491–507.
- Dawson, C. W., Wilby, R. L. (2001) Hydrological modelling using artificial neural networks. *Prog Phys Geogr Earth Environ* 25(1):80–108.
- DSI (2022) Daily streamflow data. <https://www.dsi.gov.tr/> . Accessed 13 December 2022.
- Fotovatikhah, F., Herrera, M., Shamshirband, S., Chau, K., Ardabili, S. F., Piran, M. J. (2018) Survey of computational intelligence as basis to big flood management: challenges, research directions and future work. *Eng Appl Comput Fluid Mech* 12(1):411–437.
- Guimaraes Santos, C. A., Silva, G. B. L. D. (2014) Daily streamflow forecasting using a wavelet transform and artificial neural network hybrid models. *Hydrol Sci J* 59(2):312–324.
- Gupta, P., Verma, S., Bhatla, R., Chandel, A. S., Singh, J., Payra, S. (2020) Validation of surface temperature derived from MERRA-2 reanalysis against IMD gridded data set over India. *Earth Space Sci* 7(1):e2019EA000910.
- Hamal, K., Sharma, S., Khadka, N., Baniya, B., Ali, M., Shrestha, M. S., Xu, T., Shrestha, D., Dawadi, B. (2020) Evaluation of MERRA-2 precipitation products using gauge observation in Nepal. *Hydrology* 7(3):40.
- Hosseini, S. M., Mahjouri, N. (2016) Integrating support vector regression and a geomorphologic artificial neural network for daily rainfall-runoff modeling. *Appl Soft Comput* 38:329-345.
- Kamali, S., Saedi, F., Asghari, K. (2023) Prediction of flood in karkheh basin using data-driven methods. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, X-4/W1-2022: 349-354.
- Kamali, S., Saedi, F., Asghari, S. (2022) Prediction of flood in Karkheh Basin using data-driven methods. *ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci X-4:W1*.
- Khatri, N., Tyagi, S., Rawtani, D., Tharmavaram, M. (2020) Assessment of river water quality through application of indices: a case study River Sabarmati, Gujarat, India. *Sustain Water Resour Manag* 6:101.
- Kisi, Ö. (2004) River flow modeling using artificial neural networks. *J Hydrol Eng* 9(1):60–63.
- Kisi, O., Shiri, J., Tombul, M. (2013) Modeling rainfall-runoff process using soft computing techniques. *Comput Geosci* 51:108-117.
- Kumar, V., Sen, S. (2018) Evaluation of spring discharge dynamics using recession curve analysis: a case study in data-scarce region, Lesser Himalayas, India. *Sustain. Water Resour. Manag.* 4:539–557.
- Lin, J. Y., Cheng, C. T., Chau, K. W. (2006) Using support vector machines for long-term discharge prediction. *Hydrol Sci J* 51(4):599–612.
- Linares Rodriguez, A., Lara-Fanego, V., Pozo-Vazquez, D., Tovar-Pescador, J. (2015) One-day-ahead streamflow forecasting using artificial neural networks and a meteorological mesoscale model. *J Hydrol Eng* 20(9):05015001.

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

- Liong, S. Y., Sivapragasam, C. (2002) Flood stage forecasting with support vector machines. *J Am Water Resour Assoc* 38(1):173–186.
- Lohani, A. K., Goel, N., Bhatia, K. (2011) Comparative study of neural network, fuzzy logic and linear transfer function techniques in daily rainfall-runoff modelling under different input domains. *Hydrol Process* 25(2):175–193.
- Masselot, P., Dabo-Niang, S., Chebana, F., Ouarda, T. B. M. J. (2016) Streamflow forecasting using functional regression. *J Hydrol* 538:754–766.
- Mehr, A. D., Kahya, E., Şahin, A., Nazemosadat, M. J. (2015) Successive-station monthly streamflow prediction using different artificial neural network algorithms. *Int J Environ Sci Technol* 12:2191-2200.
- Meng, E., Huang, S., Huang, Q., Fang, W., Wu, L., Wang, L. (2019) A robust method for non-stationary streamflow prediction based on improved EMD-SVM model. *J Hydrol* 568:462–478.
- Misra, D., Oommen, T., Agarwal, A., Mishra, S. K., Thompson, A. M. (2009) Application and analysis of support vector machine based simulation for runoff and sediment yield. *Biosyst Eng* 103(4):527–535.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007) Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans Am Soc Agric Biol Eng* 50(3):885–900.
- NASA (2022) https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/merra-2/data_access/ . Accessed 18 December 2022.
- Noori, N., Kalin, L. (2016) Coupling SWAT and ANN models for enhanced daily streamflow prediction. *J Hydrol* 533:141–151.
- Oad, S., Imteaz, M. A., Mekanik, F. (2023) Artificial neural network (ann)-based long-term streamflow forecasting models using climate indices for three tributaries of goulburn river, australia. *Climate*, 11 (7): 152.
- Parisouj, P., Mohebzadeh, H., Lee, T. (2020) Employing machine learning algorithms for streamflow prediction: a case study of four river basins with different climatic zones in the United States. *Water Resour Manag* 34:4113-4131.
- Peng, T., Zhou, J., Zhang, C., Fu, W. (2017) Streamflow forecasting using empirical wavelet transform and artificial neural networks. *Water* 9(6):406.
- Raghavendra, N. S., Pares, C. D. (2014) Support vector machine applications in the field of hydrology: a review. *Appl Soft Comput* 19:372–386.
- Rajurkar, M., Kothiyari, U., Chaube, U. (2002) Artificial neural networks for daily rainfall—runoff modeling. *Hydrol Sci J* 47(6):865–877.
- Rauf, A., Ghumman, A. R., Ahmad, S., Hashmi, H. N. (2018) Performance assessment of artificial neural networks and support vector regression models for stream flow predictions. *Environ Monit Assess* 190:704.
- Rezaeianzadeh, M., Tabari, H., Yazdi, A. A., Isik, S., Kalin, L. (2014) Flood flow forecasting using ANN, ANFIS and regression models. *Neur Comput Appl* 25:25–37.
- Riad, S., Mania, J., Bouchaou, L., Najjar, Y. (2004) Rainfall-runoff model using an artificial neural network approach. *Math Comput Model* 40(7–8):839–846.
- Reichle, R. H., Draper, C. S., Liu, Q., Giroto, M., Mahanama, S. P. P., Koster, R. D., De Lannoy, G. J. M. (2017) Assessment of MERRA-2 land surface hydrology estimates. *J. Climate* 30(8):2937–2960.
- Sauquet, E., Beaufort, A., Sarremejane, R., Thirel, G. (2021) Predicting flow intermittence in France under climate change. *Hydrol Sci J* 66:2046-2059.
- Sazib, N., Bolten, J. D., Mladenova, I. E. (2020) Exploring spatiotemporal relations between soil moisture, precipitation, and streamflow for a large set of watersheds using google earth engine. *Water*, 5(12):1371.
- Shrestha, S., Bae, D. H., Hok, P., Ghimire, S., Pokhrel, Y. (2021) Future hydrology and

Estimating Daily Streamflow Values Using Artificial Neural Networks, Support Vector Regression and Multiple Linear Regression Models for Ceyhan River Basin

- hydrological extremes under climate change in Asian river basins. *Sci Rep* 11:17089.
- Siddiqi, T. A., Ashraf, S., Khan, S. A., Iqbal, M. J. (2021) Estimation of data-driven streamflow predicting models using machine learning methods. *Arab J Geosc* 14:1058.
- Singh, J., Knapp, H. V., Arnold, J. G., Demissieet, M. (2005) Hydrologic modeling of the Iroquois River watershed using HSPF and SWAT. *J Am Water Resour Assoc* 41(2):361-375.
- Singh, K. P., Basant, A., Malik, A., Jainet, G (2009) Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study. *Ecol Model* 220(6):888–895.
- Smola, A. J., Schölkopf, B. (2004) A tutorial on support vector regression. *Stat Comput* 14(3):199-222.
- Sušanj, I., Ožanić, N., Marovic, I. (2016) Methodology for developing hydrological models based on an artificial neural network to establish an early warning system in small catchments. *Adv Meteorol* 14:9125219.
- TOB (2019) Drought management plan of Ceyhan River Basin. Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Water Management. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kuraklik%20Yonetim%20Planlar/Ceyhan%20Havzası%20Kuraklik%20Yonetim%20Planı%20Yönetici%20Özeti.pdf>. Accessed 22 August 2022.
- Tongal, H., Berndtsson, R. (2016) Impact of complexity on daily and multi-step forecasting of streamflow with chaotic, stochastic, and black-box models. *Stoch Environ Res Risk Assess* 3(31):661-682.
- Tongal, H., Booji, M. J. (2018) Simulation and forecasting of streamflows using machine learning models coupled with base flow separation. *J Hydrol* 564:266–282.
- Vatanchi, S.M., Etemadfar, H., Maghrebi, M.F. et al. (2023) A Comparative Study on Forecasting of Long-term Daily Streamflow using ANN, ANFIS, BiLSTM and CNN-GRU-LSTM. *Water Resour Manage* 37: 4769–4785.
- Wang, L., Li, X., Ma, C., Bai, Y. (2019) Improving the prediction accuracy of monthly streamflow using a data-driven model based on a double-processing strategy. *J Hydrol* 573:733-745.
- Young, C. C., Liu, W. C., Wu, M. C. (2017) A physically based and machine learning hybrid approach for accurate rainfall-runoff modeling during extreme typhoon events. *Appl Soft Comput* 53:205-216.
- Zadeh, M.R., Amin, S., Khalili, D., Singh, V. P. (2010) Daily outflow prediction by multi layer perceptron with logistic sigmoid and tangent sigmoid activation functions. *Water Resour Manag* 24(11):2673–2688.
- Zamanisabzi, H., King, J. P., Dilekli, N., Shoghli, B., Abudu, S. (2018) Developing an ann based streamflow forecast model utilizing data-mining techniques to improve reservoir streamflow prediction accuracy: a case study. *CivileJournal* 5(4):1135.



Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı

Yakup Kenan KOCA^{1*}, Yavuz Şahin TURGUT¹

ÖZ

Artan nüfusun ihtiyaçlarına bağlı olarak arazi kullanımları da zamanla değişmektedir. Bu değişimlerin en önemlisi, mevcut tarım arazilerinin tarımsal amaç dışında kullanılmasına yönelik olarak meydana gelen değişimlerdir. Bir taraftan barınma gibi ihtiyaçlar nedeniyle tarımsal araziler tarım dışına çıkarılırken, diğer taraftan bu nüfusun diğer en önemli bir ihtiyacı olan beslenme güvencesi girmektedir. Bu çalışmaya konu olan Çukurova Uluslararası Havalimanı (ÇUH) tarım toprakları üzerine inşa edilmesi bu çerçevede ele alınmıştır. Çalışmada Türkiye'nin Çukurova Bölgesi'nde, Mersin ili Tarsus ilçesi sınırları içerisinde kurulan ÇUH'un tarım arazileri üzerinde yarattığı sınırlayıcı etkisi tarım-gıda güvencesi ekseninde incelenmiştir. Türkiye'nin en verimli ovası olan Çukurova Ovası'nda kurulan ÇUH'un yeri ve tarımsal potansiyeli dikkate alındığında, 5403 sayılı toprak koruma ve arazi kullanımı kanunu çerçevesinde mutlak tarım arazisi vasfına sahip bir alan geri dönüşü mümkün olmayan şekilde bozunuma uğratılmıştır. Çalışmada zamansal olarak havalimanı yapılmadan önceki ve mevcut durumu uydu görüntüleri ile değerlendirilmiştir. Öncesinde yıllardır tarımsal üretimin yapıldığı önemli bir alan, havalimanı inşası ile birlikte tarım dışına çıkarılmıştır. Alan içerisinde; Arıklı, Mürsel, Arpacı ve Çanakçı toprak serileri bulunmaktadır. Tüm seriler derin toprak yapısına sahip olup, verimlilikleri yüksektir. ÇUH'un kurulması ile birlikte yaklaşık 7663 dekar verimli tarım arazisi ve toprak beton ile mühürlenmiştir. Çalışmada havalimanı özelinde tarım arazilerinin amaç dışı kullanılmalara dikkat çekilmiş ve kimi önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çukurova, uluslararası havalimanı, tarım toprağı, tarım arazileri

Example of Misuse of Agricultural Lands: Çukurova International Airport

ABSTRACT

Land uses change over time depending on the needs of the increasing population. The most important change is that existing agricultural lands are used for purposes other than agricultural purposes. While agricultural lands are being taken out of agriculture due to needs such as shelter, another important need of this population, nutrition, is being jeopardized. The Çukurova International Airport (CIA), which is the subject of this study, is also considered within this scope. In this study, the impact of the ÇUH established within the borders of Tarsus district of Mersin province in the Çukurova Region of Turkey on agricultural lands was examined. Considering the location and agricultural potential of the ÇUH established in the Çukurova Plain, which is the most fertile plain in Turkey, an area with absolute agricultural land qualifications within the framework of the Soil Protection and Land Use Law No. 5403 has been irreversibly degraded. In the study, the temporal and current situation before the construction of the airport was evaluated with satellite images. An important area where agricultural production had been carried out for years before, was taken out of agriculture with the construction of the airport. The area includes Arıklı, Mürsel, Arpacı and Çanakçı soil series. All series have a deep soil structure and high productivity. With the establishment of ÇUH, approximately 7663 acres of fertile agricultural land and soil were sealed with concrete. In the study, attention was drawn to the misuse of agricultural lands, especially at the airport, and some suggestions were made.

Keywords: Çukurova, international airport, soil, agricultural land

ORCID ID (yazar sırasına göre)

0000-0001-9285-1416, 0000-0002-8566-6375

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01170, Adana

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

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı

Giriş

Günümüz dünyasında en önemli unsurlardan birisi de zamandır. Zaman kavramı gündelik yaşamın en önemli parçalarından biri olup, temel olarak zaman, bir işin, bir oluşun, bir kılışın gerçekleşme süreci olarak tanımlanmaktadır (Ağarı, 2023). Zamanın önemi günümüzde birçok kişi tarafından dile getirilmekle birlikte hayatın her anında zamanı doğru kullanmak ve hızlı hareket etmek önemli bir yaşam felsefesi olarak değerlendirilmektedir. Diğer alanlarda olduğu gibi ulaşımda da hız, günümüzde çok önemli bir kıstas olarak karşımıza çıkmaktadır. Terimsel olarak ulaştırma; kişilerin, eşyaların, hizmetlerin ve bilgilerin ekonomik, hızlı ve güvenli olarak, fayda sağlayacak şekilde yer değiştirmesidir. Karayolu, deniz yolu, hava yolu ve demiryolu şeklinde kullanım türleri mevcut olup, Dünyada yolcu ve yük taşınmasında ulaşım türlerinden yalnız bir tanesini kullanan ülke neredeyse yoktur (Dilek, 2007; Yayar ve Tekin; 2015).

Küreselleşen bir dünyada ürünlerin yer değiştirmesi ihtiyacının yanında kişilerin ekonomik amaç dışında farklı kültür tanıma ve gezi amaçlı yer değiştirme isteği de özellikle hız, maliyet, zaman avantajının yanı sıra emniyetli bir taşımacılık türü olan havayolu taşımacılığını tercih edilir hale getirmiştir (Turgut ve Gürsoy, 2023). Bundan dolayı son yıllarda havalimanlarının sayısı ve kapasite artışı ülkemizde de görülmektedir. Bunlar içerisinde en önemlilerinden biri İstanbul sınırları içerisinde bulunan İGA İstanbul Havalimanıdır. Bununla birlikte Sabiha Gökçen Havalimanı, Antalya Havalimanı, Ankara Esenboğa Havalimanı ve İzmir Adnan Menderes Havalimanı yolcu taşıma kapasitesi düzeyinde Türkiye'nin önemli havalimanları içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2024a). Havalimanları bulunduğu bölgenin önemli birer unsuru olarak değerlendirilmektedir. Kimi ülkeler mevcut havalimanlarının teknolojik ve kapasite artışı yoluna giderken, kimi bölgelerde ise yeni havalimanları yapımı tercih edilmektedir (Turgut ve Gürsoy, 2003). Çalışmaya konu olan Çukurova Uluslararası Havalimanı (ÇUH) ise Mersin ili Tarsus ilçesi sınırları içerisinde yapılan yeni bir havalimanıdır. Söz konusu

havalimanının 2011 yılında ihalesi gerçekleştirilmiş, ancak 2024 yılı ağustos ayında hizmet vermeye başlamıştır. En yakın havaalanı olan ve Adana ili sınırları içerisinde yer alan Şakirpaşa Havalimanı uçuş hizmetlerine kapatılmış ve uçuşlar yeni açılan ÇUH'den yapılmaya başlanmıştır.

Bölgesel özelliği bakımından önemli bir yere sahip olmasının yanı sıra havalimanının kurulduğu yerin ve çevresinin arazi/toprak özellikleri bu çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışma kapsamında Çukurova Bölgesel Havalimanının kurulduğu alandaki toprak özellikleri seri ve fazları düzeyinde irdelenmiş, 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu çerçevesinde topraklar değerlendirilmiştir.

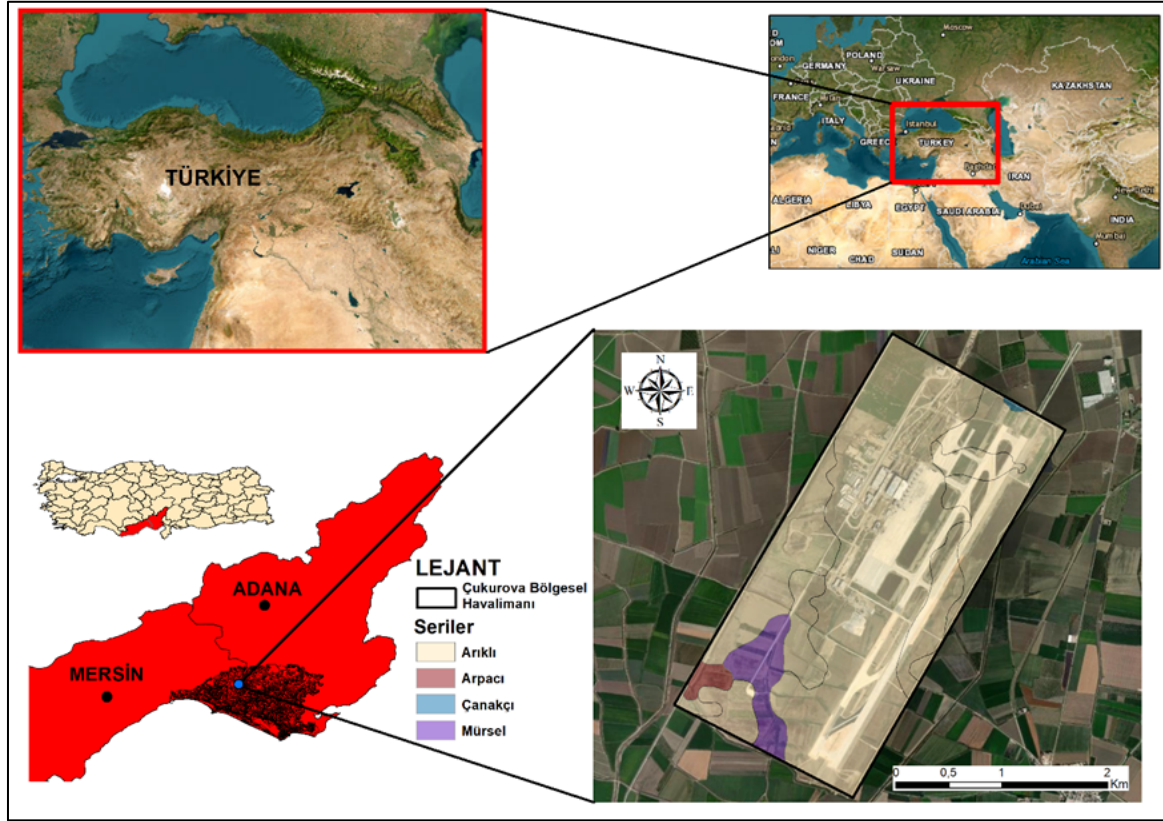
Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmaya konu olan ÇUH, coğrafik olarak Mersin İli Tarsus İlçesi Karsavuran Mahallesi yakınlarında yer almaktadır (Şekil 1.) Yaklaşık 7663 dekar alan kaplayan arazi Türkiye'nin önemli ovalarından biri olan Çukurova Ovası üzerinde inşa edilmiştir.

Havalimanının yapıldığı ilçe olan Tarsus, kuzey ve güneyinde farklı jeolojik/jeomorfolojik birimler barındırmaktadır. Batı ve Kuzeyinde Bolkar Dağları ve bunun çeşitli eğimde yer alan arazileri bulunmaktadır. Toros dağ sisteminin bir parçası olan Bolkar dağlarının yapısı Paleozoik ve Mesozoik'e ait çeşitli litolojik birimlerden oluşmaktadır. Bu alanda kolüvyal, kahverengi orman, kireçsiz kahverengi orman, kırmızı Akdeniz, kırmızı kahverengi Akdeniz, rendzina ve regosol topraklar yaygın olarak bulunmaktadır (Bozyurt ve Kelleboz, 2022) Tarsus'un güneyinde yer alan ova ise, Tarsus (Berdan) çayının Bolkar dağlarından taşıyarak getirmiş olduğu aluviyaller ile meydana gelmiştir. Tarsus çayının doğusunda ise Seyhan Nehrinin oluşturduğu aluviyal topraklar bulunmaktadır (Öner ve ark., 2005; İlhan ve ark., 2023). Çalışmaya konu olan arazi ise bu ovada yer almaktadır.

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı



Şekil 1. Çalışma alanı coğrafi konumu

İlçenin iklimi kısmen bağlı bulunduğu Mersin ili genel ortalamasından farklılıklar göstermektedir. Mersin'in iç kesimlerinde karasal iklim hâkim iken, Tarsus gibi kıyılara yakın bölgelerde Akdeniz iklimi hakimdir. İlçede sıcak ve ılıman iklim görülmektedir. Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre "Csa" olarak adlandırılabilir. Tarsus ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 18.3 °C 'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı 556 mm 'dir (Anonim, 2024b).

Materyal

Çalışma alanı topraklarına ait en önemli veri kaynağı Dinç ve ark. (1990) tarafından yapılan ve tüm Çukurova topraklarının detaylı etüdünün yapıldığı çalışmadır. Çalışma alanına ait zamansal değişimlerin yorumlanmasında Google Earth Pro, verilerin sayısallaştırılması ve haritalanması amacıyla ArcMap 10.4'ten yararlanılmıştır. ÇUH'un yapılacağı alan sayısallaştırılarak tüm toprak veri tabanından ArcMap'te yeralan Extract modülü yardımı ile

ayrı bir dosya olarak kaydedilmiştir. Sonuçta Havalimanının yapılacağı alanın toprak özellikleri seri ve önemli fazları düzeyinde değerlendirilmiştir.

Araştırma Bulguları

Mersin ili Tarsus ilçesi sınırları içerisinde yapılan ÇUH yaklaşık 7663 dekar alan kaplamaktadır. Alanın geçmiş yıllara ait uydu görüntüleri incelendiğinde alanın havalimanı yapım ihalesinin gerçekleştirildiği yıllarda tümüyle tarımsal amaçla kullanıldığı görülmektedir (Şekil 2). Hatta söz konusu yıla ait görüntüler incelendiğinde, yalnızca havalimanı yapılacak yer değil, çevresinin de bütünüyle tarımsal amaçla kullanıldığı belirlenmiştir. Havalimanının yapım yeri ve çevresine ait görüntüler Şekil 3'te yer almaktadır. Arazi düz-düze yakın ve çevresinde halen tarımsal faaliyetlerin devam ettiği bir bölge konumundadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde arazi, 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu'na göre de tarımsal arazi kullanım bütünlüğüne sahiptir.

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı

Yani imarlı alana, karayoluna, köy/mahalle ulaşım yollarına veya tarım dışı alana sınırdaş değildir. Bu çerçevede dahi değerlendirildiğinde tarım dışı herhangi bir amaçla kullanılmaması gereken araziler içerisinde yer almaktadır.



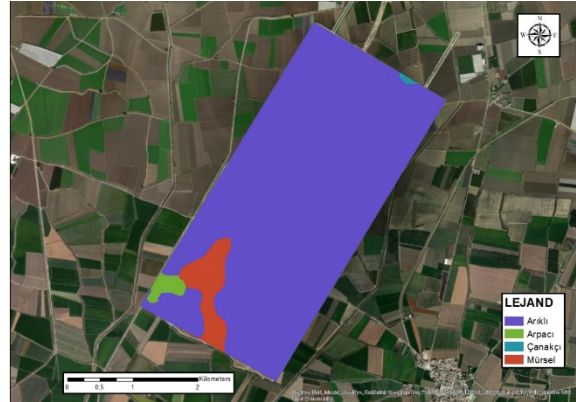
Şekil 2. Havalimanı yapılan alanın 2011 yılı uydü görüntüsü



Şekil 3. Havaalanı pistine bir bakış (Kaynak: Yüksek proje. <https://www.yukselproje.com.tr/tr/projeler/cukurova-havalimani>)

Alana ait toprak verileri değerlendirildiğinde ise; Arıklı, Mürsel, Arpacı ve Çanakçı serilerine ait toprakların olduğu belirlenmiştir (Şekil 4; Çizelge 1). Sayısallaştırma işleminden elde edilen toprak veri tabanına göre, çalışma alanında en fazla Arıklı serisi yer almaktadır. 7146 dekar alan kaplayan bu seri toprakları eski nehir teraslarının aluviyal depozitleri üzerinde gelişmiş olup, yüksek kil içeriğinde sahiptirler. A-C horizon dizilimine sahip bu seri toprakları, %67'lere kadar çıkan kil içeriği ve profilinde

bulunan belirgin kayma yüzeyleri sebebi ile Vertisol olarak sınıflandırılmıştır (Dinç ve ark., 1990). Bu toprakların en önemli özellikleri, smektit tipi kil içeriklerinin yüksek olması sebebiyle, yılın kurak dönemlerinde çatlamaları; su aldıklarında ise şişme özellikleri göstermesidir. Buna bağlı olarak da bu topraklarda pedotürbasyon meydana gelmektedir. Çalışma alanında 404 dekar alanda yayılım gösteren Mürsel serisi ise Arıklı serisi ile aynı fizyografya üzerinde yer almaktadır. Oldukça derin bir profile sahip olan Mürsel serisi ile Arıklı serisi arasındaki en önemli fark kil içeriğinden ileri gelmektedir. Profilde en fazla %43 kil bulunan Mürsel serisinde parlak kayma yüzeyleri de bulunmamaktadır. Çalışma alanında çok az yer kaplayan Arpacı (98 da) ve Çanakçı (15 da) serileri de diğer seriler gibi derin toprak derinliğine sahiptirler. Her iki seri de aluviyal ana materyale sahip olup daha genç yaşadıkları. Bundan dolayı her iki seride Entisol ordosunun Fluvent alt ordosunda tanımlanmışlardır.



Şekil 4. Havalimanı yapılan alanın toprak seri haritası (Dinç ve ark., 1990)

Çizelge 1. Havalimanı yapılan alanda yer alan toprak serileri ve kapladıkları alan

Seri Adı	Toplam alan (da)	Toplam alan (%)
Arıklı	7146	93,3
Mürsel	404	5,3
Arpacı	98	1,3
Çanakçı	15	0,2
TOPLAM	7663	100,0

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı

5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu çerçevesinde havalimanı yapılan araziler hemen hemen tamamının Sulu Mutlak Tarım Arazisi niteliğinde olduğu değerlendirilmiştir. 7565 da arazide yayılım gösteren Mutlak Tarım Arazisi niteliğine sahip arazilerde (Çizelge 2), tarımsal üretimi engelleyecek herhangi bir problem bulunmamakta veya çok düşük düzeydedir. Bu tip araziler yasaya göre “Bitkisel üretimde; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin kombinasyonu, yöre ortalamasında ürün alınabilmesi için sınırlayıcı olmayan, topoğrafik sınırlamaları olmayan veya çok az olan, ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan, hâlihazır tarımsal üretimde kullanılan veya bu amaçla kullanıma elverişli olan arazileri” ifade etmektedir (Anonim, 2005). ÇUH’un yapıldığı alan aynı zamanda Türkiye’nin en önemli ovaları içerisinde yer almaktadır ve yasa ile de korunmaktadır. Yasanın ilgili maddelerinde “Büyük ovalarda bulunan tarım arazileri hiçbir surette amacı dışında kullanılamaz” şeklindedir. Buna karşın yine yasada bulunan “alternatif alan bulunmaması, kurul veya kurullarca uygun görüş bildirilmesi şartıyla bu arazilerin tarım dışı amaçlarla kullanımına da izin verilmiştir. Bu istisna uyarınca tarımsal bütünlüğü bulunan ve önemli bir kısmı Sulu Mutlak Tarım arazisi niteliğine haiz olan arazide havalimanı yapılması izinlendirilmiştir. Havalimanı yapılan alanın çok az bir kısmı (98 da) ise Marjinal Tarım Arazisi olarak tanımlanmış olup, bu alanda ise orta düzeyde drenaj sorunu bulunmaktadır.

Çizelge 2. Havalimanı yapılan alanda yer alan toprakların niteliği ve kapladıkları alan

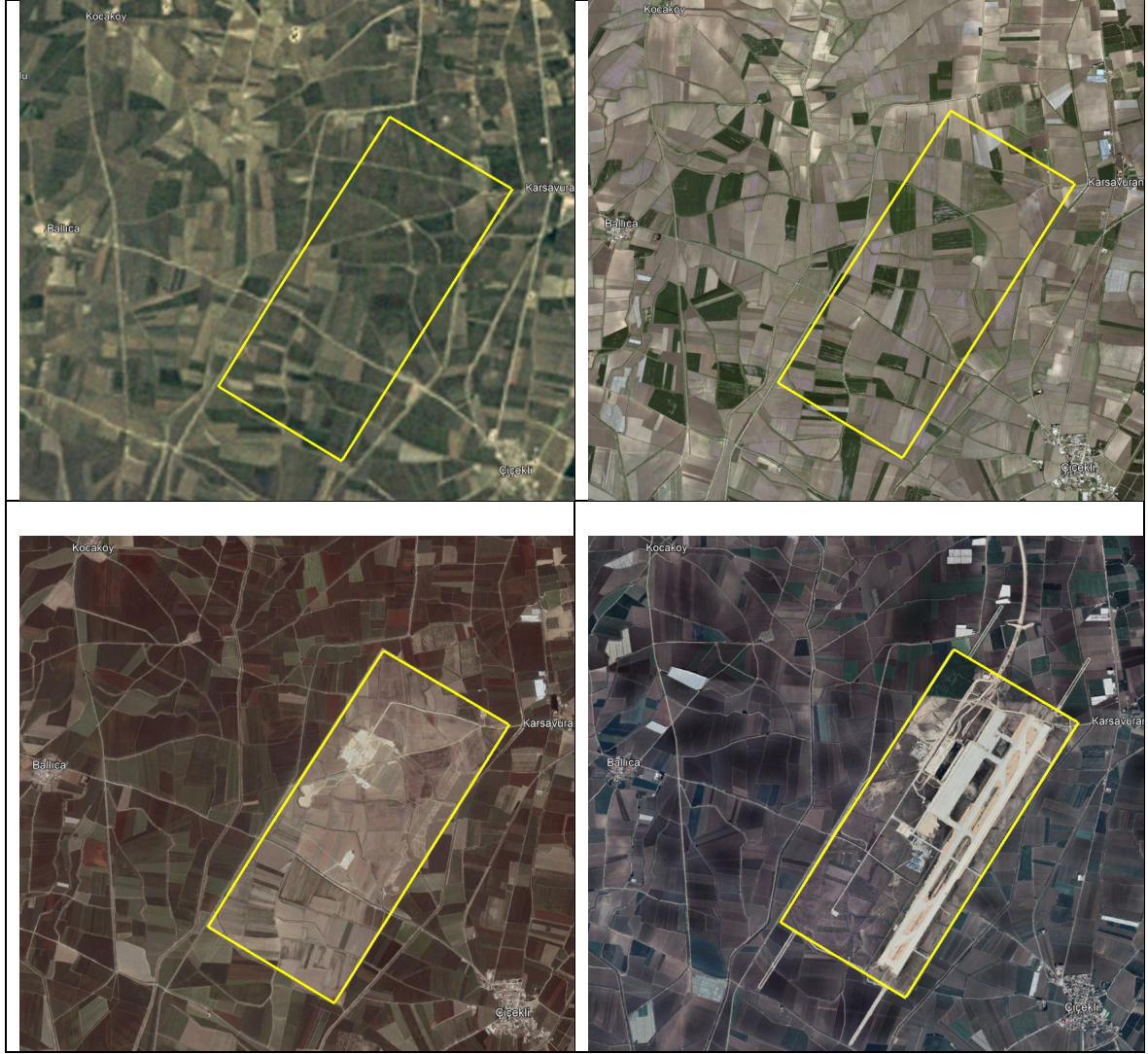
Arazi Niteliği	Toplam alan (da)	Toplam alan (%)
Mutlak Tarım Arazisi	7565	98,7
Marjinal Tarım Arazisi	98	1,3
TOPLAM	7663	100,0

Havalimanı yapılan alanın diğer toprak özelliklerine bakıldığında ise, arazide tuzluluk ve eğim probleminin olmadığı, arazinin hemen hemen düz bir topoğrafyada yer aldığı görülmüştür.

Google Earth görüntüleri üzerinden yapılan değerlendirmede, zamansal arazi kullanımlarındaki değişim alanın 2013 yılına kadar tarımsal amaçlarla kullanıldığını göstermektedir. 2013 yılının ortalarından itibaren arazide tarım dışı amaçlarla çalışmalara başlandığı ve havalimanı inşaatının başladığı görülmektedir (Şekil 5).

Havalimanlarının hem yapıldığı bölgeye hem de ülke ekonomisine katkılar sunacağı aşikardır. Havalimanları, bölgenin rekabet edebilirlik ve sosyoekonomik gelişmişlik düzeyine katkı sağlayan bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Turgut ve Gürsoy, 2023). Green (2007) tarafından yapılan çalışmada, ABD’de yer alan Kentucky Uluslararası Havalimanı, Chicago O’Hare Uluslararası Havalimanı ve Dallas/Fort Worth Uluslararası Havalimanlarının açıldıktan sonra bölgedeki ekonomik gelişmenin 2-4 kat arttığı değerlendirilmiştir. Fiziksel kapasite olarak geniş bir alt yapıya sahip ÇUH’de bölge ekonomisine önemli katkılar sağlayacağı aşikardır. Günümüzde ekonomik kalkınma her ne kadar önemli olsa da doğa ile uyumlu politikalarla tarımsal sürdürülebilirliğin de karlılığı düşünülerek, sadece ekonomik açıdan değerlendirme yapmak yanlıgilara neden olabilir. Söz konusu havalimanlarının ova içerisinde tarımsal bütünlüğü bozacak olan alanlarda kurulmadığı, tarımsal potansiyeli daha düşük olan alanlarda olduğu görülecektir. Gelişmişlikteki temel hedef yalnızca sayısal büyüme şeklinde yorumlanmamalıdır. Çevreyi koruyarak büyümeyi çağdaş bir yaklaşım olarak benimsenmesi ilkesi hayatın her anında geçerlidir.

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı



Şekil 5. Havalimanı yapılan arazinin zamansal değişimi (1985 yılı sol üstte, 2012 yılı sağ üstte, 2013 yılı sol altta, 2024 yılı sağ altta)

Gıda güvenliğinin ve sürdürülebilir tarımın her geçen gün daha da önem kazandığı günümüzde, tarımsal alanların korunması, tarım dışı amaçlarla kullanılacak olan arazilerin tarımsal bütünlüğü bozmayacak şekilde hayata geçirilmesi en önemli hedefler içerisinde olmalıdır. Yılda birden fazla hatta kimi bölgelerde üç ürün hasat edilen bu verimli ovada tarımsal bütünlüğün bozulması, ileriki yıllarda daha fazla tarımsal arazinin amaç dışı kullanımının önünü açacaktır. Nitekim uydu görüntülerinde de görüldüğü üzere, havalimanına yapılan bağlantı yolları da tarım arazilerinden geçmektedir. Yasaya göre karayoluna sınırdaş olan araziler tarımsal

bütünlük içerisinde değerlendirilmediğinden dolayı, havalimanına giden bağlantı yollarının kenarındaki tarımsal araziler de tarım dışına çıkarılması mümkün olabilecektir. Burada Mersin yerel yöneticilerine ve Mersin İl Toprak Koruma Kurulu'na önemli görev düşmektedir. Halihazırda kurulum yeri yanlış olan havalimanı çevresindeki tüm araziler mutlak suretle korunmalıdır. Gelebilecek tüm amaç dışı kullanım talepleri reddedilmelidir. Bu kapsamda Adana ili Şakirpaşa örneği de Özür (2018) tarafından yapılan çalışmada ele alınmıştır. Adana ili şehir gelişimine Adana ili sınırları içerisinde Şakirpaşa havalimanının etrafındaki yerleşim yerleri uydu görüntüleri ile

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı

onar yıllık sürelerle incelenmiş ve şehir gelişiminin havalimanının en uç noktasına ve hatta tüm çevresini saracak şekilde olduğu ve bu yerleşimin de verimli tarım arazileri üzerine olduğunu belirtmişti. Aynı yılın ÇUH ve çevresi için de yapılmaması gerekmektedir. Nitekim Turgut ve Şahin (2019) tarafından yapılan yaş meyve ve sebze ihracatı yapan iller içerisinde önemli bir konumda bulunan Mersin ili ilçelerini kapsayan çalışmada, analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ve çeşitli kriterlerin değerlendirilmesi sonucu en uygun ilçenin Tarsus olduğu değerlendirilmiştir. Bu yaklaşımda en önemli hususlardan birisinin de havalimanı olduğu belirtilmiştir. Tüm bu sebepler ileriki dönemlerde havalimanı çevresinde çeşitli tarım dışı faaliyetlerin arttıracağı sonucunu doğurmaktadır.

Çalışma alanındaki topraklar içerisinde en yaygın olan Arıklı serisi, sahip olduğu genetik özelliklerden dolayı taksonomik olarak Vertisol ordosuna dahil edilmiştir. Bu topraklarda yazın kil minerallerinin su kaybına bağlı olarak derin çatlaklar oluşmaktadır. Buna karşın su ile teması gerçekleştiğinde ise kil minerallerinin özelliğine bağlı olarak şişme meydana gelmekte ve topraklarda gilgai denilen mikro topoğrafik oluşumlar gözlemlenmektedir (Diñç ve ark., 2001). Çalışma alanının önemli bir kısmında yayılım gösteren Arıklı serisinin sahip olduğu bu özellikten dolayı yapılan bina ve pistlerde buna dikkat edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde kullanım ömürleri kısalabilmektedir. Bununla birlikte uçak pistinde meydana gelebilecek bu tür topoğrafik bozukluklar dönemsel olarak yapılması olası yenilenme maaliyetine etki edecek ve hatta uçuşların kısa sürelerle de olsa aksamalarına sebebiyet verebileceklerdir.

Sonuç

Geri döndürülemeyecek nitelikte arazi bozunumuna sebep olan insan yapısı objeler sebebiyle tarım arazileri ve topraklar her dönemde yok edilmektedir. Artan insan nüfusu ve akabinde başta barınma olmak üzere tüm diğer ihtiyaçlar son yıllarda daha fazla tarımsal arazi/toprak kaybına neden olmaktadır. Ancak, artan nüfusun en önemli ihtiyaçlarından birisinin de gıda güvencesi olduğu unutulmamalıdır. Tarımsal arazilerin yok edilmesi, bu ihtiyaca ulaşımın daha da zor olacağı anlamına

gelmektedir. Daralan tarımsal araziler sebebiyle birim alandan daha fazla ürün elde etme çabası da bir noktaya kadar topraklar tarafından karşılanabilir; ancak bu durum sürdürülebilir değildir. Nitekim gerek ülkesel gerekse küresel ölçekte tarım alanlarının hemen hemen tümü kullanılmaktadır. Birim alandan elde edilebilecek verim de mevcut koşullarda üst seviyelerine ulaşmıştır. Bu aşamadan sonra yapılacak tarımsal uygulamalar ya toprak sağlığını ve/veya bu gıdaları tüketecek insan/hayvan sağlığını bozacak nitelikte olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmaya konu olan ÇUH örneğinde olduğu gibi, insan yapısı objeler ihtiyaçlara istinaden yapılmaktadır. Ancak, bu ihtiyaçlar ve bu yapıların yer planlaması yapılırken çevre ve çevrenin en önemli objelerinden biri olan topraklar ile barışık bir planlama ve uzun erimli yönetiminin de izlenmesi sağlanmalıdır. Çukurova örneğinde olduğu gibi kapatılan Şakirpaşa Havalimanının yerinde yeniden kurulması, gerekirse çevresinde bulunan arazilerden de yararlanılarak yeniden yapılması en doğru uygulama olabilirdi. Bununla birlikte yapılan ve bu çalışmaya konu olan havalimanı çevresindeki başta “Mutlak Tarım” arazileri olmak üzere tarımsal araziler için ileride gelebilecek tüm tarım dışı amaçlarla kullanım talepleri 5403 sayılı yasa çerçevesinde kesinlikle reddedilmelidir. Bu çalışmaya konu olmasa da havaalanı bağlantı yollarının ve bundan sonra havaalanına ulaşım için yapılacak olan yolların tarımsal potansiyeli daha düşük olan alanlardan geçirilmesi, bu konu(lar)da çalışma alanına ait detaylı toprak haritasından yararlanılması gerekmektedir. Tarım dışı amaçlarla kullanımlarda AHP gibi yaklaşımlar yeniden değerlendirilmeli, çevresel faktörlerin ağırlığı arttırılmalı ve çevre/toprak ile daha barışık bir yöntem kullanılmalıdır.

Kaynaklar

- Ağarı, M., (2023). Zaman Kavramı: Nedir – Ne Değildir? *Karabük Türkoloji Dergisi*, 6(1):123-148. ISSN 2667-7253/e-ISSN 2687-3885, DOI: 107596/katud.31072023.08
- Anonim, (2024a). Türkiye'nin en büyük havalimanları.

Tarım Arazilerinin Amaç Dışı Kullanımı Örneği: Çukurova Uluslararası Havalimanı

- https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_havaalanlar%C4%B1_istatistikleri_listesi
- Anonim, (2024b). Tarsus ili uzun yıllar iklimsel verileri. <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/mersin/tarsus-19373/>
- Anonim, (2005). Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5403.pdf>
- Bozyurt, O. ve Kelleboz, Y., (2022). Mersin İli Tarsus İlçesinde Doğal Ortam İnsan İlişkilerinde Yaşanan Sorunlar. *International SMART Journal*, 8(65): 2108-2115. Doi Number <http://dx.doi.org/10.29228/smryj.65968>.
- Dilek, Ö. (2007). Şehirlerarası Havayolu Talep Tahmini: Erzurum Üzerine Bir Uygulama. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H. ve Ağca, N., (1990). Çukurova Bölgesi Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı. Yayın No: 20. Adana
- Dinç, U., Şenol, S., Kapur, S., Cangir, C. ve Atalay, İ., (2001). Türkiye Toprakları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 51, Adana.
- Green, R. K. (2007). Airports and economic development. *Real estate economics*, 35(1): 91-112.
- İlhan, R., Karadaş, A., Kırallı, S., Vardar, S. ve Öner, E., (2023). Çoklu analiz yöntemlerinin ışığında Tarsus (Berdan) Ovasının paleocoğrafyası ve Gözlükule Höyüğünün jeoarkeolojisi. *Cografya Dergisi*, 47:183-203. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2023-1284367>
- Öner, E., Hocaoğlu, B. ve Uncu, L., (2005). Tarsus ovasının jeomorfolojik gelişimi ve Gözlükule höyüğü. Türkiye Kuaterner Sempozyumu TURQUA-V Bildiriler Kitabı, 2-5.
- Özür, (2018). Türkiye’de havalimanlarının kuruluş yerlerinin sürdürülebilir arazi kullanımı bakımından değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71:15-25. DOI: 10.17211/tcd.413346
- Turgut, M. ve Gürsoy, İ., (2023). Çukurova Bölgesel Havalimanının TR62 Düzey 2 Bölgesinde Kalkınmaya Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Bölgesel Kalkınma Dergisi*, 1(1):61-82ISSN: 2980-0544.
- Turgut, M. ve Şahin, A.Y., (2019). Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile Yaş Sebze ve Meyve Depo Yeri Seçimi: Mersin İli Uygulaması. *Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 42-59.
- Yayar, R. ve Tekin, B., (2015). Türkiye’de Ulaşım Sektörünün Gelişimi ve Havayolu Firma Tercihinin Belirleyicileri: İzmir İlinde Bir Uygulama. *Ege Akademik Bakış*, 15(4): 539-550



Araştırma Makalesi

Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

Sultan ÇOBAN*¹, Emine ÇIKMAN¹, Seval ZEYBEK¹

ÖZ

Metil salisilat (MeSA), zararlı bir böcek saldırısına maruz kalan çeşitli bitkilerde, bu duruma bir tepki olarak salgılanan uçucu bir bileşiktir. Ancak, bu bileşiğin, Chrysopidae (Neuroptera) yararlı böcek familyasına ait türler üzerindeki etkisiyle ilgili yapılan araştırmalar literatürde sınırlıdır. 2017 ve 2018'de, Şanlıurfa'da yürütülen bu çalışmada, Pioneer (P0937) çeşidi mısır, baskın olarak MeSA içeren keklik üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) yağı ekstraktıyla doğrudan tuzak ve tohum uygulamaları olacak şekilde uygulanmış ve MeSA'nın, yararlı böcek *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) üzerindeki çekici etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, her iki yılda da, MeSA'nın hem tuzak hem de tohum uygulamasının her ikisinin de önemli ölçüde daha fazla bireyin çekilmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, *Chrysoperla carnea*, keklik üzümü, metil salisilat, cezbedici etki

Effects of Using Wintergreen (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Oil Containing Dominantly Methyl Salicylate in Maize Grown in Şanlıurfa on *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

ABSTRACT

Methyl salicylate (MeSA) is a volatile compound secreted by various plants as a response to insect attack. However, studies on the effects of this compound on species belonging to the Chrysopidae (Neuroptera) family of beneficial insects are limited in the literature. In this study conducted in Şanlıurfa in 2017 and 2018, Pioneer (P0937) variety maize was directly applied with wintergreen (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) oil extract containing predominantly MeSA as trap and seed applications and the attractive effects of MeSA on the beneficial insect *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) were investigated. According to the study results, it was determined that both trap and seed applications of MeSA were effective in attracting significantly more individuals in both years.

Keywords: Maize, *Chrysoperla carnea*, wintergreen, methyl salicylate, attractant

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-5596-5657, 0000-0003-4375-5043, 0000-0002-9075-0491

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 09.08.2024

Kabul Tarihi: 07.11.2024

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa

*E-posta: sultancoban1103@gmail.com

Şanlıurfa’da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

Giriş

Dünyada insan nüfusunun giderek artması, tarımsal üretimi ve dolayısıyla verim artışını gerekli kılmaktadır (Gu ve ark., 2019). Böyle bir gereklilikle ortaya çıkan ve tarımsal ürün veriminin artışı ile bağlantılı olan ‘Gıda güvenliği’ konusu, son yıllarda dikkatleri üzerine çeken bir husustur (Wang ve ark., 2021). Gıda kaynaklı olarak yaşanan sorunlardan dolayı başta insanlar olmak üzere, birçok canlıda tedavisi zor hastalıkların ortaya çıkması, gıda güvenliğine olan eğilimleri daha da artırmaktadır (Nguyen-Viet ve ark., 2017). Tarımsal ürünlerin üretimi ve hasadı boyunca, canlılara ve çevreye zarar vermeyen yöntemlerin tercih edilmesi, gıda güvenliğinin önemli bir kriteridir (Gregory ve George, 2011). Üreticilerin yetiştirdiği kültür bitkilerini çeşitli etmenlerden korumak amacıyla, hem sürdürülebilir-ekonomik hem de çevreyle-dost stratejiler geliştirilmesi, gıda güvenliği kriterinin bir parçasıdır (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Bununla birlikte, günümüzde, üreticiler tarafından çoğunlukla kimyasal mücadele yöntemi tercih edilmektedir (García ve ark., 2022). Ancak, kullanılan pestisitler, başta kanser gibi ciddi hastalıklara sebep olmakla kalmayıp su, toprak ve havayı da önemli derecede kirletebilmektedir (Silva ve ark., 2019). Dolayısıyla, kimyasal mücadeleye alternatif olabilecek fikir arayışları daha da hızlanmıştır. Nitekim, bitkilere zarar veren etmenlere karşı biyolojik mücadele yapılması fikri, bu noktada ortaya çıkan önemli bir alternatiftir (Poveda ve ark., 2020). Bitkilerde zararlı organizmalara karşı onların doğal düşmanı olan ajanların kullanıldığı biyolojik mücadelede, faydalı böcek sayılarının artırılmasının yanı sıra, bu ajanların konukçu arama başarılarının artırılması da son derece önemlidir (Sobhy ve ark., 2014). Yararlı böceklerin konukçularını ararken bitkilerden salgılanan uçuculara sıklıkla başvurdukları bilinmektedir (Kaplan, 2012). Çoğunlukla zararlı böceklerin istilası sonucu bitkilerden salgılanan uçucu bileşikler (Gershenzon ve Dudareva, 2007), bitki savunmasında rol alan salisilik asit (SA) ve jasmonik asit (JA) gibi önemli hormonlar

aracılığıyla salgılanmakta olup bu uçucu bileşikler, bitkide var olan doğrudan-dolaylı savunma sistemlerini güçlendirebilmektedir (Mithöfer ve Boland, 2012).

Isırıcı-çiğneyici ve sokucu-emici ağız yapısına sahip çoğu böceğin saldırılarına maruz kalan bitki türleri, tepki olarak, doğal düşmanları cezbeden ve çok sayıda bileşikten oluşan kompleks uçucular salgılamaktadır. Bunlar içinde faydalı böceklerin bitkilere çekilmesinde hangi uçucu bileşiklerin özel olarak rol aldığına ilişkin devam eden çalışmalar bulunmakla birlikte bazı bileşiklerin etkinliği kesin olarak tanımlanmıştır. Faydalı organizmalar üzerinde etkinliği ispatlanan bileşiklerden birisi metil salisilat (MeSA) (Yang ve ark., 2022). MeSA, salisilik asitten meydana gelen ve salisilik asit aracılığıyla üretilen bir bileşiktir (Pare ve Tumlinson, 1997; Métraux, 2002). Yaşadıkları strese bağlı olarak üretilen MeSA, çoğu bitkiden salgılanır (Zhu ve Park, 2005; Kannaste ve ark., 2008). Ayrıca, direkt olarak içeriğinde MeSA bulunduran bitkiler de bulunmakta olup bunlardan birisi de keklik üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus, 1753) (Ericales: Ericaceae) bitkisidir (Magiera ve ark., 2019).

Keklik üzümü, MeSA’nın yanı sıra, fenolik bileşikler, flavonoidler ve antosiyaninler de içermektedir (Liu ve ark., 2013). Sahip olduğu anti-inflamatuar ve antioksidan aktiviteleri sayesinde geleneksel tıpta, romatizma, soğuk algınlığı ve ateş gibi enfeksiyona bağlı rahatsızlıkların iyileştirilmesinde yaygın olarak kullanılan keklik üzümü; mutfak, kozmetik ve dekoratif alanlarda da başvurulan önemli bir endüstriyel bitkidir (Luo ve ark., 2017). Bununla birlikte, keklik üzümü ile ilgili yapılan çoğu in vitro çalışmada, bu bitkinin yağının antibakteriyel, antifungal, böcek öldürücü ve larvisit etkilerinin bulunduğu ifade edilmiş (Magiera ve ark., 2019), ancak bu etkilerin mekanizması, doğrudan açık alan koşullarında kanıtlanmamıştır (Michel ve Olszewska, 2024).

MeSA’nın etkilediği bilinen faydalı böceklerden birisi de *Chrysoperla carnea*

Şanlıurfa’da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

(Stephens, 1836) (Neuroptera: Chrysopidae)’dir. *Chrysoperla carnea*; yaprak bitleri, akarlar, thripsler, beyazsinekler ve yaprak pireleri gibi birçok zararlı böceklerle beslenebilen, beslenme aralığı geniş bir predatördür. Bu faydalı böcek, hem dünyada hem de ülkemizde fazla sayıda bulunmaktadır (Stark ve Whitford, 1987). Bu ajanın; doğal ortamlarda bol olması, kitle üretiminin kolay olması, zararlı böceklerle beslenebilme kapasitesinin iyi olması ve konukçu arama yeteneğinin iyi gelişmiş olması gibi birçok özelliği, doğal düşman üzerindeki tercihleri daha da artırabilmektedir (Bozsik, 1995). Bu çalışmada, açık alanda *C. carnea* üzerinde, mısır (*Zea mays* Linnaeus) (Poales: Poaceae)’da kullanılan ve baskın olarak MeSA içeren keklik üzümü yağı ekstraktının cezbedici etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve yöntem

Mısır üretimi

Çalışma, Şanlıurfa’da, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Osmanbey Kampüsü’nde, toplam 126 m²’lik dört farklı deneme alanında, 2017 ve 2018 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini, mısır ve bitkisel uçuculardan MeSA oluşturmuş olup bitki materyali olarak ‘Pioneer (P0937)’ çeşidi mısır kullanılmıştır. Buna göre, ilde tespit edilen *C. carnea*’nın yaşam döngüsü açısından, mısır, ikinci ürün olarak yetiştirilmiş ve çalışma, 1 Temmuz - 1 Ekim arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 2.1 m genişlik ve 5 m uzunluğunda toplam 12 parselden oluşan 4 tekerrürlü alanda, 3 karakterli [A (kontrol uygulama), B (doğrudan tuzak uygulaması) ve C (tohuma uygulama)] olacak şekilde, tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Ayrıca, tekerrürleri oluşturan deneme alanları dizayn edilirken, MeSA’nın *C. carnea*’yı homojen şekilde etkileyebilmesi için alanlar arasında 100 m’lik izolasyon mesafesi bırakılmıştır. Parseller, 1 Temmuz - 14 Temmuz tarihi aralığında düzenlenmiştir. Her parselde 2 sıra halinde sıra üzeri mesafesi 20 cm, sıra arası mesafesi 70 cm olacak şekilde, toplam 50 tohum ekilmiştir. Tohum ekimleri, her iki yılda da 15 Temmuz’da el ile gerçekleştirilmiştir. Hasat ise 1 Ekim’de

yapılmıştır. Bitkilerin sulanmasına 16 Temmuz’da başlanmış, sulama, iklim faktörleri de göz önünde bulundurularak kurulan damlama sulama sistemiyle yapılmıştır. Mısır yetiştiriciliği süresince, gerekli olan gübreleme ve çapalamanın yapılmasına da özen gösterilmiştir.

Metil salisilat içerikli keklik üzümü yağı ekstraktının uygulanması

Çalışmada MeSA, doğrudan tuzak ve tohuma uygulama şeklinde denenmiştir. Buna göre, B parselinde, mısır çıkışından 10 gün sonra, 6 Ağustos’ta, doğrudan tuzaklar kullanılmıştır. MeSA’lı tuzaklar, baskın olarak MeSA içeren keklik üzümü yağı (Destek Bitkisel Ürünleri (Türkiye, İstanbul) (Distile; 20 ml metil salisilat)) ile 0.3 ml yağ/1 l su olacak şekilde, 2 litrelik şeffaf plastik kutulara doldurularak hazırlanmış ve salınımın yavaş olabilmesi amacıyla kutuların tepesine küçük bir delik açılmıştır. Bu şekilde oluşturulan kutular, alanın her iki kenarına yerleştirilen 1 metrelik tahta kazıklar kullanılarak, her bir parsel alanının ortasına gelecek şekilde sağlam iplerle asılmış ve sabitlenmiştir. MeSA’nın uçucu olması ve kutudaki çözelti miktarının zamanla azalacak olmasından dolayı, tuzaklar her hafta yenisi ile değiştirilmiştir. Öte yandan, C parseline ise 6 Ağustos tarihinde, MeSA’lı solüsyon (0.3 ml keklik üzümü yağı/1 l su) içerisinde 12 saat süreyle bekletilen mısır tohumları ekilmiştir. Buna göre, hazırlanan solüsyon oranında, Gençer ve Gür (2018)’ün çalışma yönteminden faydalanılmıştır.

Tuzak ve göz-atrap kullanımı

Çalışmada, 2017 ve 2018 yıllarının her ikisinde de, 6 Ağustos tarihinde, her bir parselde bir adet sarı yapışkan tuzak (BKS 20x40 cm) asılmıştır. Buna göre, tüm tuzaklar, dört farklı tekerrür alanlara yerleştirildikten sonra, aynı sayılarda, haftada bir (13 Ağustos, 20 Ağustos, 27 Ağustos, 3 Eylül, 10 Eylül, 17 Eylül, 24 Eylül ve 1 Ekim tarihlerinde) yenisi ile değiştirilmiştir. Ayrıca, *C. carnea* bireylerinin tespit edilmesinde, yine haftada bir aynı tarihlerde toplam 8 adet atrap sallanmış ve 10 dakika süresince göz ile tarama da yapılmıştır.

Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

Sayım ve teşhis

Çalışmada, her hafta yenilenen tuzaklarda yakalanan ve göz-atrapla tespit edilen tüm *C. carnea* erginleri, aynı hafta toplanıp laboratuvara getirilip stereo mikroskop (Optika SFX-33 Binoküler Stereo Mikroskop) ve göz yardımıyla belirlenerek not edilmiştir. Buna göre, bu ergin türün teşhisi, makalenin de yazarlarından olan Prof. Dr. Emine ÇIKMAN tarafından yapılmıştır.

İklim verileri

Şanlıurfa'da, 2017 ve 2018'de gözlenen iklim değerleri, Şekil 1'de verilmiştir.

İstatistiksel analiz

Haftalık periyotlarla yapılan tuzak ve göz-atrap sayımlarında *C. carnea* bireylerinin kontrol, B ve C parsellerine yönelimleri ile ilgili verilerin istatistiksel analizi, SPSS 25.0 (IBM, New York, USA) istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Her bir uygulama sonucunda saptanan genel toplam sayı (adet), haftalık ortalama sayı (adet) ve gruplar arasındaki karşılaştırmalar, bağımsız örneklem t-testi (bağımsız iki örneklem t testi) ile analiz edilmiştir. Analizlerde gereken anlamlılık seviyesine (0.05) bakılmıştır (tctetvel değeri, thesap değerinden küçükse anlamlı farklılığın olduğu; tctetvel değeri, thesap değerinden büyükse anlamlı farklılığın olmadığı anlaşılmakta olup yapılan hesaplamalarda 4 farklı tekerrür değerine ait ortalamalar kullanılmıştır).

Bulgular ve tartışma

Chrysoperla carnea erginlerinin toplam ortalama sayıları

2017 ve 2018'de, sekiz hafta sonunda, kontrol, B ve C parsellerinde, tuzak ve göz-atrap sayımı sonucu tespit edilen *C. carnea* bireylerinin toplam ortalama sayıları (adet) Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Pioneer çeşidi mısırdaki, 2017'de yapılan sayımlar neticesinde, B uygulaması, kontrol ile karşılaştırıldığında, istatistiki açıdan önemli ölçüde daha fazla sayıda birey çekmiştir (B

ve kontrol sırasıyla; 18 adet birey, 6 adet birey) (SE: 0.71; tctetvel(6; 0.05): 2.447; thesap: 4.23; P<0.05). Buna göre, kontrol ile kıyaslandığında, B uygulamasında, 3 kat daha fazla sayıda birey saptanmıştır. Aynı yılda, benzer şekilde, C uygulaması, kontrole göre, istatistiki olarak kayda değer ölçüde daha fazla sayıda birey çekmiştir (C ve kontrol sırasıyla; 28 adet birey, 6 adet birey) (SE: 1.52; tctetvel(6; 0.05): 2.447; thesap: 3.62; P<0.05). Dolayısıyla, kontrol ile karşılaştırıldığında, C uygulamasında, yaklaşık olarak 4.67 kat daha fazla sayıda faydalı birey tespit edilmiştir. Öte yandan, bu yılda, B ve C uygulamaları arasında ise bu doğal düşmanın çekilmesi ile ilgili olarak istatistiki açıdan önemli bir fark tespit edilememiştir (B ve C sırasıyla; 18 adet birey, 28 adet birey) (SE: 1.48; tctetvel(6; 0.05): 2.447; thesap: 1.69; P>0.05) (Çizelge 1).

2018'de yapılan sayımlar sonucunda, B uygulaması, kontrol ile kıyaslandığında, istatistiki açıdan önemli sayıda birey çekmiştir (B ve kontrol sırasıyla; 59 adet birey, 20 adet birey) (SE: 2.36; tctetvel(6; 0.05): 2.447; thesap: 4.13; P<0.05). Buna göre, kontrol ile karşılaştırıldığında, B uygulamasında yaklaşık 2.95 kat daha fazla sayıda birey kaydedilmiştir. Paralel olarak, aynı yılda, C uygulamasında da kontrole göre, istatistiki olarak önemli ölçüde daha fazla sayıda birey çekilmiştir (C ve kontrol sırasıyla; 40 adet birey, 20 adet birey) (SE: 1.90; tctetvel(6; 0.05): 2.447; thesap: 2.63; P<0.05). Bu ölçüde, kontrol ile kıyaslandığında, C uygulamasında, 2 kat daha fazla sayıda birey saptanmıştır. Diğer yandan, aynı yılda, B ve C uygulamaları arasında, *C. carnea*'nın daha fazla çekimi konusunda istatistiki açıdan önemli bir fark saptanmamıştır (B ve C sırasıyla; 59 adet birey, 40 adet birey) (SE: 2.77; tctetvel(6; 0.05): 2.447; thesap: 1.71; P>0.05) (Çizelge 1).

Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

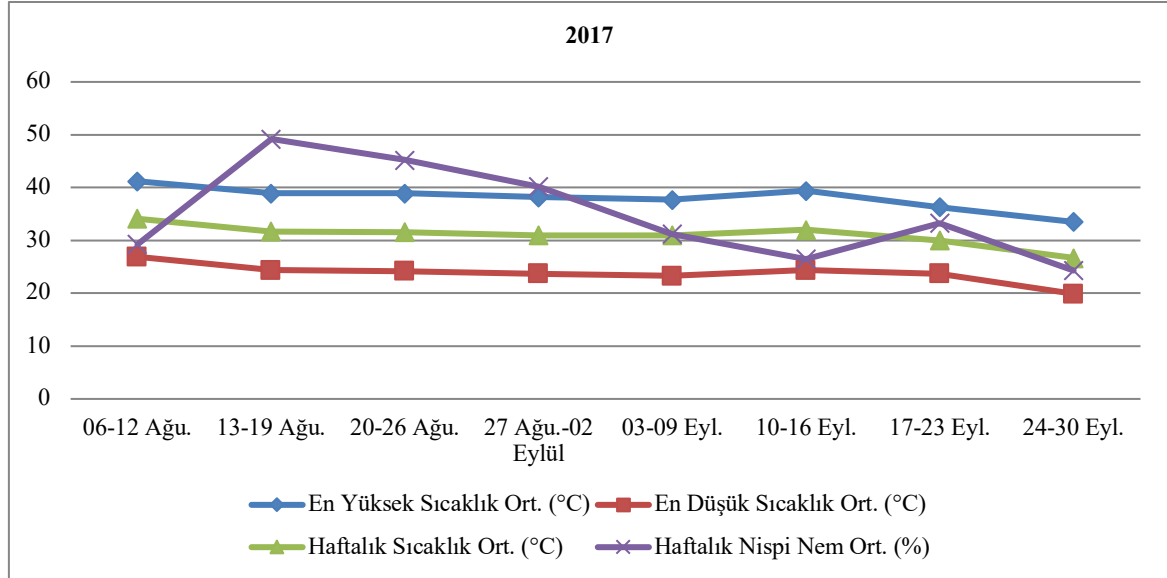
ortalama sayıları

Chrysoperla carnea erginlerinin haftalık

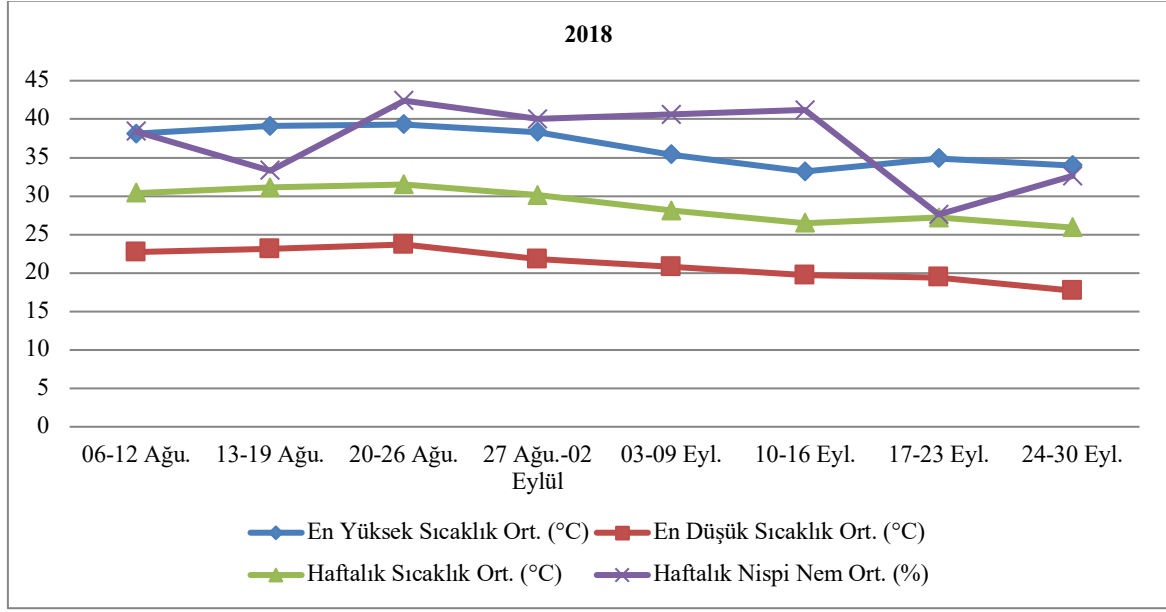
2017 ve 2018'de, sekiz hafta süresince, kontrol, B ve C parsellerinde, tuzak ve göz-atrap sayımı sonucu tespit edilen *C. carnea* bireylerinin haftalık ortalama sayıları (adet) Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

Kontrol ve B parseli arasındaki haftalık farklılıklara bakıldığında, 2018 yılında, B uygulamasında, kontrole göre, toplam 3 haftada (4., 5. ve 6.) istatistiki olarak önemli ölçüde daha fazla sayıda faydalı birey gözlenmiştir (sırasıyla; 2, 3.25 ve 3 adet/tekerrür) (4. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, t_{hesap}: 4.17, SE: 0.42, P<0.05; 5. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, t_{hesap}: 3.62, SE: 0.69, P<0.05; 6. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, t_{hesap}: 3.79, SE: 0.66, belirli haftalar için P<0.05) (Şekil 2). Öte yandan, haftalara göre, kontrol ve B parseli

arasında, 2017 yılında, bireylerin istatistiki yönden anlamlı olarak parsellere çekimi konusunda herhangi bir fark gözlenmemiştir (tüm haftalar için P>0.05). Ek olarak, Şekil 3'e göre, kontrol ve C parseli arasındaki haftalık farklılıklar incelendiğinde, 2017'de, C uygulamasında, kontrole göre, 7. haftada istatistiki yönden önemli ölçüde daha fazla sayıda faydalı birey tespit edilmiştir (7. haftada 3.25 adet/tekerrür) (7. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, t_{hesap}: 2.73, SE: 1.19, P<0.05). Öte yandan, belirli haftalara göre, kontrol ve C parseli arasında, 2018 yılında ise bireylerin istatistiki yönden önemli olarak parsellere çekimi konusunda herhangi bir fark saptanmamıştır (tüm haftalar için P>0.05).



Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri



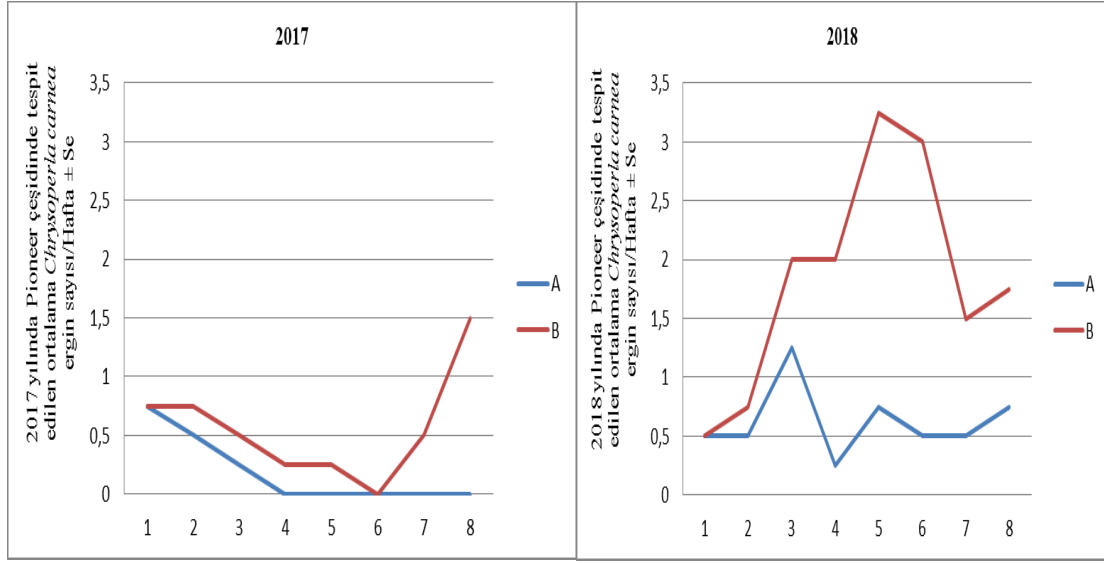
Şekil 1. Şanlıurfa ili 2017 ve 2018 yılları iklim değerleri (Anonim, 2018)

Çizelge 1. 2017 ve 2018'de Pioneer çeşidi mısırdaki sekiz hafta sonunda tespit edilen toplam ortalama *Chrysoperla carnea* ergin sayıları (adet)

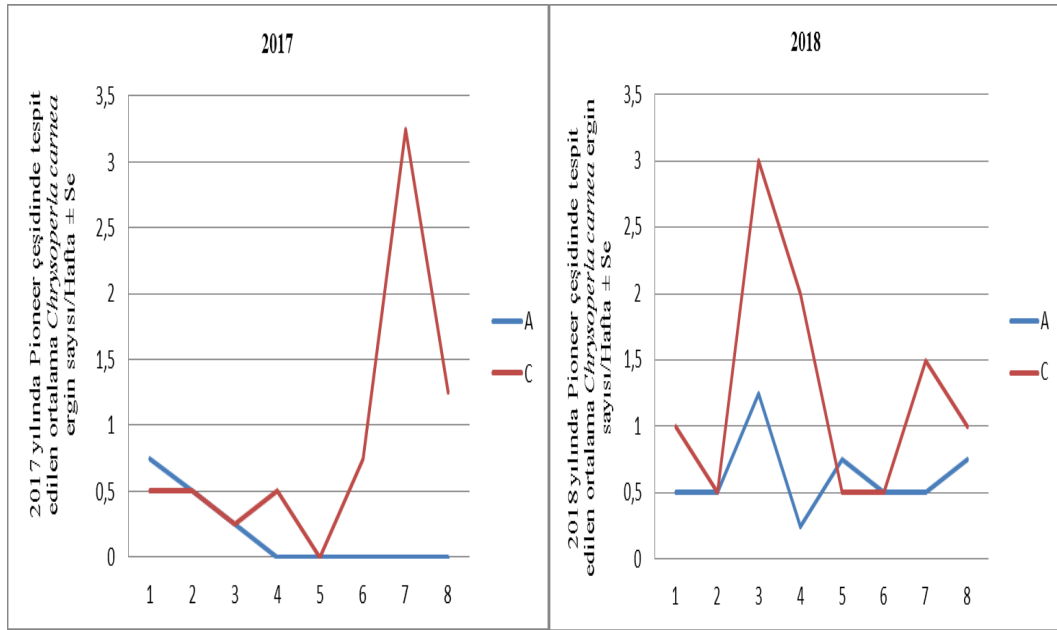
Tür ve Yıl	Parsellerde (Karakterler) Tespit Edilen Toplam Ortalama Sayı		SE (Standart Hata)	t-cetvel (6; 0.05)	hesap
<i>C. carnea</i> 2017	A	B			
	6	18	0.71	2.447	4.23*
	A	C			
	6	28	1.52	2.447	3.62*
	B	C			
	18	28	1.48	2.447	1.69
<i>C. carnea</i> 2018	A	B			
	20	59	2.36	2.447	4.13*
	A	C			
	20	40	1.90	2.447	2.63*
	B	C			
	59	40	2.77	2.447	1.71

(Hesaplamalarda 4 Farklı Tekerrür Değerlerine Bakılmıştır) (Toplam Sayıların Gruplandırılmasında Bağımsız Örneklem t-Testi Kullanılmıştır) (SE: Standart Hata), *: P<0.05

Şanlıurfa’da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri



Şekil 2. Pioneer çeşidi mısırdaki 2017 ve 2018’de kontrol ve B parsellerinde tespit edilen *Chrysoperla carnea* ergin bireylerinin haftalık ortalama sayıları (hesaplamalarda 4 farklı tekerrür ortalamasına bakılmıştır) (ortalamaların gruplandırılması için bağımsız örneklem t-testi tercih edilmiştir) (2018; 4. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, thesap: 4.17, SE: 0.42; 5. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, thesap: 3.62, SE: 0.69; 6. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, thesap: 3.79, SE: 0.66; belirli haftalar için P<0.05)



Şekil 3. Pioneer çeşidi mısırdaki 2017 ve 2018’de kontrol ve C parsellerinde tespit edilen *Chrysoperla carnea* ergin bireylerinin haftalık ortalama sayıları (hesaplamalarda 4 farklı tekerrür ortalamasına bakılmıştır) (ortalamaların gruplandırılması için bağımsız örneklem t-testi tercih edilmiştir) (2017; 7. hafta; t_{cetvel} (6; 0.05): 2.447, thesap: 2.73, SE: 1.19; 7. hafta için P<0.05)

Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

Dolayısıyla, çalışmada yapılan genel bir değerlendirmeye göre, 2017 ve 2018 yıllarının her ikisinde de, MeSA'ya ilişkin hem doğrudan tuzak uygulaması hem de tohum uygulaması, kontrole kıyasla, önemli ölçüde daha fazla sayıda birey çekmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, Chrysopidae familyası türleri üzerinde, MeSA ile ilgili sınırlı çalışma olduğu görülmektedir. Washington'da şerbetçiotu üretimi yapılan alanlarda yürütülen bir çalışmada, MeSA'nın sentetik olarak uygulandığında *Chrysopa nigricornis* (Burmeister)'i cezbediği bildirilmiştir (James, 2003a, b; James ve Price, 2004). Ayrıca, *C. nigricornis* ve *Chrysopa oculata* (Say) gibi Chrysopidlerin, şerbetçi otu ve bağ üretimi yapılan MeSA ile muamele edilmiş belirli alanlara doğrudan çekildiği ifade edilmiştir (James, 2003a; 2006). Benzer şekilde, MeSA'lı alanlarda önemli ölçüde daha fazla sayıda *C. carnea*'nin yakalandığı kaydedilmiştir (Mallinger ve ark., 2011). Oregon eyaletinde çilek bahçelerinde yürütülen bir çalışmada, *Chrysopa plorubunda* (Fitch) üzerinde MeSA'lı tuzak uygulamasının oldukça etkili olduğu ve bu uçucunun Chrysopidleri önemli ölçüde çektiği bildirilmiştir (Lee, 2010). Rodriguez-Saona ve ark. (2011), *C. nigricornis*'in, kontrol alanlarına göre, MeSA uygulanan alanlara, belirgin şekilde daha fazla çekildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bitkisine MeSA'nın uygulandığı başka bir araştırmada ise bu uçucunun Chrysopidleri önemli şekilde cezbediği raporlanmıştır (Zarkani ve Turanlı, 2021). Sonuç olarak, çalışmada, Chrysopidae familyasından çeşitli türlerin MeSA'ya tepkisinin ölçüldüğü literatürle benzer sonuçlar

elde edilmiştir. Öte yandan, literatürde, hem MeSA'nın hem de keklik üzümü yağının Chrysopidler üzerindeki etkileri çoğunlukla laboratuvar ortamında çalışılmış olup (Owaza ve ark., 2004), uçucunun, bu faydalı böcekler üzerindeki etki mekanizmasının ve faydalı böceklerin tepkilerinin kesin olarak ortaya konabilmesi için birçok açık alan çalışmasına gereksinim duyulmaktadır (Puente ve ark., 2008).

İklim değerlerinin *Chrysoperla carnea* erginleri üzerine etkisi

Açık alanda yürütülen bu çalışmada, iklim faktörleri, bitkiler ve *C. carnea* ergin bireyleri üzerinde doğal olarak etkili olmuştur.

Çoğu canlılarda olduğu gibi, doğal ortamlarda bitkiler ve böcekleri en çok etkileyebilen abiyotik faktörlerin başında sıcaklık ve nem koşulları gelmektedir (Suzuki ve ark., 2014). Çalışmada, Çizelge 1'de, kontrol de dahil olmak üzere tüm parsellerde, 2018 yılına göre, 2017'de, önemli ölçüde daha az sayıda *C. carnea* bireylerinin saptandığı; ek olarak, Şekil 2 ve Şekil 3'te, 2018'de, tüm parsellerde tüm haftalarda *C. carnea* ergin bireylerinin gözlemlendiği, diğer yandan 2017'de ise kontrol parsellerinde toplam 5 haftada, B ve C parsellerinde 1'er haftada herhangi bir bireyin saptanmadığı görülmüştür. 2017 yılında, hafta başına düşen sıcaklık ortalamaları, sekizinci hafta dışında, tüm haftalar için en az 30°C ve üzerinde gözlenmiştir. Buna göre, 2017'de, 2018'e göre belirlenen tespitlerin, canlılar üzerinde önemli etkileri bulunan sıcaklık abiyotik faktörü ile doğrudan bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Anonim, 2018).

Şanlıurfa’da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

Sonuç

2017 ve 2018’de yürütülen bu çalışmada, Pioneer çeşidi mısırdaki, doğrudan tuzak ve tohum uygulamaları şeklinde kullanılan MeSA bileşiğinin *C. carnea* üzerindeki cezbedicilikleri incelenmiştir. Buna göre, her iki yılda da doğrudan tuzak ve tohum uygulamasının kontrole göre önemli ölçüde daha fazla sayıda birey çektiği gözlenmiştir.

Tarımsal üretimde, kimyasal mücadeleye alternatif bir mücadele yöntemi olan biyolojik mücadelede, *C. carnea* gibi faydalı böceklerin zararlı konukçularını aramalarında MeSA uçucusunun iyi bir kaynak olduğu bilinmektedir (Sobhy ve ark., 2014). Bu çalışmada, MeSA’nın *C. carnea* üzerinde başarılı cezbedici etkisi olduğu saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçların, gelecekte, *C. carnea*’nın mısır bitkisine çekilmesinde MeSA uçucu bileşiği ile planlanabilecek araştırmalara faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

18163 Nolu proje kapsamında desteklenen çalışmada, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Anonim (2018) Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr>. (Erişim tarihi: 01.11.2018).

Bozsik, A. (1995) Effect of some zoocides on *Chrysoperla carnea* adults (Planipennia, Chrysopidae) in the laboratory. Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 68:58-59.

Çakmakçı, S., Çakmakçı, R. (2023). Quality and nutritional parameters of food in agri-food production systems. *Foods* 12:351.

García, M. G., Sánchez, J. I. L., Bravo, K. A. S., Cabal, M. D. C., Pérez-Santín, E. (2022) Review: Presence, distribution and current pesticides used in Spanish agricultural practices. *Science of The Total Environment* 845:157291.

Gençer, N. S., Gür, F. (2018) Metil salisilatın

fasulye bitkisindeki yaprak bitleri (Homoptera: Aphididae) ve predatörleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(3):25-35.

Gershenzon, J., Dudareva, N. (2007) The function of terpene natural products in the natural world. *Nat Chem Biol* 3:408-414.

Gregory, P. J., George, T. S. (2011) Feeding nine billion: The challenge to sustainable crop production. *Journal of Experimental Botany* 62:5233-5239.

Gu, B., Zhang, X., Bai, X., Fu, B., Chen, D. (2019) Four steps to food security for swelling cities. *Nature* 566:31-33.

James, D. G. (2003a) Field evaluation of herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects: Methyl Salicylate and the green lacewing, *Chrysopa nigricornis*. *Journal of Chemical Ecology* 29(7):1601-1609.

James, D. G. (2003b) Synthetic herbivore-induced plant volatiles as field attractants for beneficial insects. *Environmental Entomology* 32:977-982.

James, D. G., Price, T. S. (2004) Field-testing of methyl salicylate for recruitment and retention of beneficial insects in grapes and hops. *Journal of Chemical Ecology* 30:1613-1628.

James, D. G. (2006) Methyl salicylate is a field attractant for the goldeneyed lacewing, *Chrysopa oculata*. *Biocontrol Science and Technology* 16:107-110.

Kannaste, A., Vongvanich, N., Borg-Karlson, A. K. (2008) Infestation by a *Nalepella* species induces emissions of α - and β -farnesenes, (-)-linalool and aromatic compounds in Norway spruce clones of different susceptibility to the large pineweevil. *Arthropod-Plant Interactions* 2:31-41.

Kaplan, I. (2012) Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: The future of biocontrol or playing with fire?. *Biological Control* 60:77-89.

Şanlıurfa’da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

- Lee, J. C. (2010) Effect of methyl salicylate-based lures on beneficial and pest arthropods in strawberry. *Environmental Entomology* 39(2):653-660.
- Liu, W. R., Qiao, W. L., Liu, Z. Z., Wang, X. H., Jiang, R., Li, S. Y., Shi, R. B., She, G. M. (2013) *Gaultheria*: Phytochemical and pharmacological characteristics. *Molecules* 18:12071-12108.
- Luo, B., Gu, R., Kennelly, E. J., Long, C. (2017) *Gaultheria* ethnobotany and bioactivity: Blueberry relatives with anti-inflammatory, antioxidant, and anticancer constituents. *Curr Med Chem* 25:5168-5176.
- Magiera, A., Sienkiewicz, M., Olszewska, M. A., Kicel, A., Michel, P. (2019) Chemical profile and antibacterial activity of essential oils from leaves and fruits of *Gaultheria procumbens* L. cultivated in Poland. *Acta Pol Pharm Drug Res* 76:93-102.
- Mallinger, R. E., Hogg, D. B., Gratton, C. (2011) Methyl salicylate attracts natural enemies and reduces populations of soybean aphids (Hemiptera: Aphididae) in soybean agroecosystems. *Journal of Economic Entomology* 104(1):115-124.
- Métraux, J. (2002) Recent breakthroughs in the study of salicylic acid biosynthesis. *Trends Plant Sci* 7:332-334.
- Michel, P., Olszewska, M. A. (2024) Phytochemistry and biological profile of *Gaultheria procumbens* L. and wintergreen essential oil: From traditional application to molecular mechanisms and therapeutic targets. *Int J Mol Sci* 25:565.
- Mithöfer, A., Boland, W. (2012) Plant defense against herbivores: Chemical aspects. *Annu Rev Plant Biol* 63:431-450.
- Nguyen-Viet, H., Tuyet-Hanh, T. T., Unger, F., Dang-Xuan, S., Grace, D. (2017) Food safety in Vietnam: Where we are at and what we can learn from international experiences. *Infectious Diseases of Poverty* 6(1):39.
- Ozawa, R., Shiojiri, K., Sabelis, M. W., Arimura, G. I., Nishioka, T., Takabayashi, J. (2004) Corn plants treated with jasmonic acid attract more specialist parasitoids, thereby increasing parasitization of the common armyworm. *J Chem Ecol* 30:1797-1808.
- Pare, P. W., Tumlinson, J. H. (1997) De novo biosynthesis of volatiles induced by insect herbivory in cotton plants. *Plant Physiology* 114:1161-1167.
- Poveda, J., Abril-Urias, P., Escobar C. (2020) Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. *Front Microbiol* 11:992.
- Puente, M. E., Kennedy, G. G., Gould, F. (2008) The impact of herbivore-induced plant volatiles on parasitoid foraging success: a general deterministic model. *J Chem Ecol* 34:945-958.
- Rodriguez-Saona, C., Kaplan, I., Braasch, J., Chinnasamy, D., Williams, L. (2011) Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: a meta-analysis and case study in cranberries. *Biol Control* 59:294-303.
- Silva, V., Mol, H. G., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., Geissen, V. (2019) Pesticide residues in European agricultural soils-A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment* 653:1532-1545.
- Sobhy, I. S., Erb, M., Lou, Y., Turlings, T. C. J. (2014) The prospect of applying chemical elicitors and plant strengtheners to enhance the biological control of crop pests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 369(1639).
- Stark, S. B., Whitford, F. (1987) Functional response of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae feeding on *Heliothis virescens*

Şanlıurfa'da Yetiştirilen Mısırdaki Baskın Olarak Metil Salisilat İçeren Keklik Üzümü (*Gaultheria procumbens* Linnaeus) Yağı Kullanımının *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) Üzerine Etkileri

- (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on cotton in field cages. *Entomophaga* 12(5):521-527.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R. (2014) Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytol* 203:32-43.
- Wang, L., Huang, X., Wang, C., Tian, X., Chang, X., Ren, Y., Yu, S. (2021) Applications of surface functionalized Fe₃O₄ NPs-based detection methods in food safety. *Food Chemistry* 342:128343.
- Yang, Z. K., Qu, C., Pan, S. X., Liu, Y., Shi, Z., Luo, C., Qin, Y. G., Yang, X. L. (2022) Aphid-repellent, ladybug-attraction activities, and binding mechanism of methyl salicylate derivatives containing geraniol moiety. *Pest Management Science* 79(2):760-770.
- Zarkani, A., Turanlı, F. (2021) Impact of methyl salicylate lures on the mint aphid, *Eucarazzia elegans* (Hemiptera: Aphididae) density and natural enemy abundances in common sage fields. *Advances in Biological Sciences Research* 8(17). doi: 10.2991/absr.k.210609.002.
- Zhu, J., Park, K. (2005) Methyl salicylate, a soybean aphid-induced plant volatile attractive to the predator, *Coccinella septempunctata*. *Journal of Chemical Ecology* 31(8):1733-1746



Araştırma Makalesi

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı
Serdar SATAR^{1*}, Çağlar KALKAN¹

ÖZ

Biber tripsi veya Sarı çay tripsi, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) oldukça geniş bir konukçu dizisine sahip olup istilacı bir tür konumundadır. Zararının kökeninin Güney ve Doğu Asya olmasına rağmen, Amerika, Afrika ve Avrupa (bazı ülkelerde) kıtalarında dağılım göstermektedir. Bu çalışmada, Çukurova Bölgesi'nde turunçgil yetiştiricilerinden gelen şikayetler üzerine gözlemler yapılmış ve zararının tür tespiti ve dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Şikayet gelen alanlarda bulunan türün, morfolojik tespitinin yanında, mitokondriyal gen sitokrom oksidaz altbirim I (mtCOI) bölgesine göre *S. dorsalis* olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada *S. dorsalis*'in Çukurova Bölgesi turunçgillerinde zarar yaptığı ilk defa rapor edilmiştir. Zararının turunçgiller dışında biber, ejder meyvəsi, karpuz ve narda da bulunduğu tespit edilmiştir. Zararlı popülasyonunun turunçgil sürgünlerinde özellikle sonbahara yaklaştıkça artış gösterdiği, sürgünlerde yaprak kıvrılmaları ve deformasyonlara neden olduğu gözlemlenmiştir. Zararlı dağılımının Adana, Hatay, Mersin ve Osmaniye illeri içerisinde oldukça büyük bir alana yayıldığı belirlenmiştir. Bu istilacı zararının dağılımının her geçen gün artacağı öngörülmektedir ve dağılımın önüne geçilmesi amacıyla tedbirler alınması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biber tripsi, dağılım, istilacı tür, mitokondriyal gen sitokrom oksidaz altbirim I

Distribution and Damage of the New Pest *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) on Citrus in the Çukurova Region of Turkey

ABSTRACT

Chilli thrips or yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) is an invasive species with a wide host range. Although native to South and East Asia, it has spread to regions in America, Africa and parts of Europe. This study was conducted in response to complaints from citrus growers in the Çukurova Region, aiming to identify the pest species and map its distribution. Through morphological analysis and genetic identification using the mitochondrial gene cytochrome oxidase subunit I (mtCOI), the pest was confirmed as *S. dorsalis*. This study is first to report that *S. dorsalis* causes damage to citrus in the Çukurova Region. In addition to citrus, *S. dorsalis* was found in pepper, dragon fruit, pomegranate, and watermelon. Observations indicated that the pest population on citrus shoots increased significantly in autumn, resulting in leaf curling and shoot deformation. The pest's distribution spans a large area within Adana, Hatay, Mersin, and Osmaniye, suggesting a concerning expansion. It is predicted that the spread of this invasive pest will continue to increase, highlighting the need for preventive measures to control its distribution.

Keywords: Chilli thrips, distribution, invasive species, mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-0449-205X, 0000-0003-3915-4827

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 26.10.2024

Kabul Tarihi: 07.11.2024

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sarıçam/Adana

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

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

Giriş

İstilacı böcek türlerinin yerel biyoçeşitlilik üzerinde oluşturduğu tehditler bilinmektedir (Wittenberg ve Cock, 2001) ve zamanla küresel ticaret ve iklim değişikliğinin neden olduğu etkilerle istilacı türlerin yayılım gösterdiği alanlar artmaktadır (Skendžić ve ark., 2021). İstilacı bir tür olan *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), Biber tripsi veya Sarı çay tripsi, dünya çapında ve özellikle tropikal bölgelerde meyve ağaçları, tarla bitkileri, sebze ve süs bitkileri için önemli bir zararlı konumundadır (Kumar ve ark., 2014). *Scirtothrips dorsalis*'in dünya çapında 72 farklı familya ve 32 bitki takımında 225'ten fazla bitki taksonuyla beslendiği rapor edilmiştir (Kumar ve ark., 2013). Bu zararlı, Avrupa Bitki Koruma Organizasyonu (EPPO)'na göre A2 karantina listesinde yer almaktadır (EPPO, 2024). Türkiye'de varlığı 2020 yılında yaban mersini üzerinde tespit edilmiştir (Atakan ve Pehlivan, 2021a). Ardından takip eden yılda portakal üzerinde de zarar yaptığı belirlenmiştir (Atakan ve Pehlivan, 2021b).

Zararlı yumurta evresini takiben, iki nimf döneminin ardından bir pupa dönemi geçirek ergin hale gelmektedir (Seal ve ark., 2010; Kumar ve ark., 2013). Dişiler yumurtalarını bitki dokusu içerisine bırakmaktadır (Seal ve ark., 2010). Bir dişi ömrü boyunca yeşil çay üzerinde en yüksek 21 °C'de ve ortalama 52.6 yumurta bırakabilmektedir (Kang ve ark., 2015). Çin gülünde ise bu sayı 60.44'e çıkabilmektedir (Cao ve ark., 2024). Zararlı yumurtaları biber üzerinde 6.8, gül üzerinde 7.2 günde açılmaktadır (Seal ve ark., 2010). Yine aynı bitkilerde sırasıyla 17.8 ve 18.4 günde yumurtadan ergin döneme geçmektedirler (Seal ve ark., 2010). Bir dişi 25 °C'de 23.7 gün yaşayabilmektedir (Tatara, 1994). Zararlı gelişme alt eşiği farklı çalışmalarda 8.5-9.7 °C olarak belirlenmiş ve yumurtadan ergin döneme geçiş için etkili sıcaklık toplamı olarak konukçulara göre değişmekle birlikte 265-294.1 gün-dereceye ihtiyaç duymaktadır (Tatara, 1994; Shibao, 1996). Gelişme eşiği 9.7 °C ve bir döl için gerekli sıcaklık toplamının 281 gün-derece olduğu kabul edildiğinde zararlının Amerika

Birleşik Devletleri'nde Florida'da bir yılda 18 döl verebileceği belirtilmiştir (Holtz, 2006; Nietschke ve ark., 2008).

Scirtothrips dorsalis'in zarar şekline bakıldığında, konukçusu olan bitkilerde özellikle sürgün uçlarına yakın kısımlar ve diğer hassas bitki kısımlarında beslenmekte, yapraklarda şekil bozukluğu ve tomurcuk, çiçek ve genç meyvelerde renk bozulmasına neden olmaktadır (Kumar ve ark., 2013). Turunçgil meyvelerinde zarar belirtileri başlangıçta gümüşü renk değişimleri olarak başlamakta ve ilerleyen dönemde koyu kahverengi hal almaktadır (Tatara ve Furuhashi, 1992; Hyun ve ark., 2012; López-Lima ve ark., 2023). Yaptığımız arazi gözlemlerinde zararlının genç sürgünlerde beslenme sonucunda ise yapraklar küçük kalmakta, asimetric şekil bozuklukları, yaprak dökülmeleri görülmekte ve yaprakların belirli bölgeleri gümüşü bir görünüm kazanmaktadır. Çok yoğun popülasyonlarda sürgün uçlarından yaprak çıkışları tamamen durabilmektedir.

Çukurova Bölgesi turunçgillerinde ve özellikle limonlarda en önemli trips konumunda *Thrips hawaiiensis* (Morgan) (Thysanoptera: Thripidae) bulunmaktadır (Satar ve ark., 2024). Buna ek olarak Çukurova Bölgesi haricinde, istilacı trips türü olan *S. dorsalis*'in turunçgiller içerisinde sadece portakalda Türkiye'nin Antalya ilinde zarar yaptığı bildirilmiştir (Atakan ve Pehlivan., 2021b). Zararlının Çukurova Bölgesi turunçgillerindeki durumu üzerine ise henüz bir tespit yapılmamıştır. Zararlının bölgede 2021 yılından beri özellikle Karaisalı-Tarsus arasındaki turunçgil bahçelerinde ve temmuz-ekim ayları arasında görüldüğü tarafımızdan gözlenmektedir (Satar ve Kalkan, yayınlanmamış veri). Fakat 2024 yılı itibari ile zararlı neredeyse tüm Çukurova Bölgesi'nde geniş alanlarda şikayet oluşturunca zararlının durum tespiti, yeni bir türden çok alt bir tür olup olmadığı ve konukçu dizisi ortaya konulmuştur.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

Materyal ve Metot

Örnekleme

Çukurova Bölgesi'ndeki turunçgil yetiştiricilerinden gelen şikayetler üzerine 2021 yılının Eylül ayında, şikayet gelen bölgeye sörveyler yapılmıştır. Yapılan sörveylerde zarar simptomu gösteren sürgünler, içerisinde %70'lik etil alkol püskürtülen beyaz küvetlere silkelenmiştir. Beyaz küvet içerisinde görülen ergin trips bireyleri, içerisinde %70'lik etil alkol bulunan 1.5 ml'lik Eppendorf tüplere alınmıştır. 2024 yılında ise diğer yıllardan farklı olarak geniş bir alanda temmuz-ekim ayları arasında çiftçilerin yoğun şikayetleri ve buna bağlı olarak yapılan sörveylerde, turunçgil sürgünlerinde *S. dorsalis*'in zarar simptomları belirlenen ağaçlardan örnekleme yapılmıştır. Ardından örnekler incelenmek üzere Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde bulunan Turunçgil Zararlıları Laboratuvarı'na getirilmiştir. Örnekler morfolojik olarak tespiti ve DNA izolasyonu gerçekleştirilene kadar -20°C'de derin dondurucuda saklanmıştır.

Konukçuları ve Dağılımının Belirlenmesi

Scirtothrips dorsalis'in hem turunçgiller arasında çeşit olarak yoğunluk seviyesini belirlemek hem de diğer zarar yaptığı konukçuları tespit etmek amacıyla Adana'nın Ceyhan, İmamoğlu, Karataş, Kozan, Sarıçam, Seyhan, Yumurtalık ve Yüreğir ilçeleri, Hatay'ın Dörtyol ve Erzin ilçeleri, Mersin'in Erdemli, Mezitli, Silifke ve Tarsus ile Osmaniye'nin merkezi ve Toprakkale ilçelerinde arazi sörveyleri yapılmıştır.

Preparat Yapımı

Araziden getirilen tüm örnekler alttan ışıklandırılmalı binoküler mikroskop altında (Leica S8APO) incelenmiş ve daha sonra preparat yapımı için her popülasyondan 3-5 birey öncelikle dokuz kısım %60 etil alkol, bir kısım gliserin ve bir kısım glacial asetik asit bulunan AGA solüsyonuna konularak bir gün süreyle bekletilmiştir. Daha sonra bireylerde renk değişimi gözlenene kadar %5'lik NaOH içerisinde bekletilmiştir. Bu işlemin ardından örnekler %96'lık etil alkol içerisinde 5 dakika bekletilmiş ve ardından preparat yapımı için hoyer ortamına

aktarılmıştır. Preparatların kuruması için, preparat kurutma tezgahı kullanılmıştır (Mound ve Marullo, 1996). Morfolojik incelemeler Hoddle ve Mound (2003)'a göre yapılmıştır.

DNA İzolasyonu, COI amplifikasyonu ve Gen Dizilimi

Scirtothrips dorsalis bireylerinin DNA'ları PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (Invitrogen™) kullanılarak izole edilmiştir. DNA kalitesi ve miktarı mikro plaka okuyucusu ile ölçülmüştür (Multiskan™ GO Microplate Spektrofotometresi, Thermo, ABD) ve kullanılabildiği kadar -20 °C'de saklanmıştır.

Mitokondriyal gen sitokrom oksidaz altbirim I (COI-barkod) üzerindeki yaklaşık 630 bp'lik bölgeyi çoğaltmak için LCO1490 (5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3') ve HCO2198 (5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3') primer seti kullanılmıştır (Folmer ve ark., 1994). PCR amplifikasyonu, 5 µl 10x DreamTaq™ Green Buffer (Thermo Scientific™), 1.5 µl LCO1490, 1.5 µl HCO2198, 1.5 µl DNA, 1 µl dNTP karışımı, 0,5 µl DreamTaq™ (Thermo Scientific™) ve 39 µl su içeren 50 µl hacimde gerçekleştirilmiştir. PCR prosedürü 95°C'de 5 dakika ön denatürasyon, ardından 35 döngü 95°C'de 30 saniye denatürasyon, 52°C'de 30 saniye bağlanma, 72°C'de 1 dakika uzama ve son olarak 72°C'de 10 dakika final uzaması olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra, her PCR ürünü 5 µl kullanılarak 90 dakika boyunca %1'lik bir agaroz jelde koşturulmuştur. Jel görüntülemeye pozitif sonuç veren örnekler DNA dizilimi için hizmet alımı yapılarak Macrogen'e gönderilmiştir (Macrogen, Amsterdam, Hollanda).

Filogenetik Analiz

DNA diziliminden elde edilen iki yönlü baz dizimleri FinchTV software (version 1.4.0) kullanılarak incelenmiştir. Diziler NCBI gen bankasında yer alan referans genlerle BLASTN aracılığıyla karşılaştırılmıştır (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>). Çalışma sonucunda elde edilen ve NCBI'dan elde edilen gen dizileri MEGA X programında CLUSTAL W kullanılarak hizalanmıştır (Kumar ve ark., 2018).

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

Filogenetik ağaç oluşturulurken dış grup olarak *Scirtothrips aurantii* Faure (Thysanoptera: Thripidae) (Genbank erişim numarası: AY669200.1) kullanılmıştır. MEGA X programında 1000 bootstrap Tamura-3 parameter mesafe matrisi ile Neighbor-Joining metodu kullanılarak filogenetik ağaç oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Yapılan sörveylerde toplamda 45 noktada *S. dorsalis*'in varlığı tespit edilmiştir. Bu sörveyler esnasında zararlının biber, ejder meyvesi, karpuz ve narda de zarar yaptığı belirlenmiştir (Tablo 1, Şekil 1). Zararlının turunçgiller üzerinde özellikle genç sürgünlerde bulunduğu, bu sürgünler üzerinde bulunan yapraklarda şekil bozukluğu, kabarmalar ve yaprak yüzeyinin parlak gümüşü bir görünüm kazanmasına neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Çok yoğun popülasyonlarda sürgünlerden yeni yaprak çıkışlarının neredeyse tamamen durduğu tespit edilmiştir. Yanyana bulunan turunçgil bahçelerinde çeşitler arasında da önemli farklılıklar bulunmuştur. Çukurova Bölgesi'nde, dikiminde son yıllarda yüksek düzeyde artış gözlemlenen tangor (*Citrus reticulata* x *Citrus sinensis*) cv. W. Murcott çeşidinde yüksek düzeyde popülasyon yoğunluğu belirlenmiştir. Limon (*Citrus lemon*) çeşitleri içerisinde özellikle kütdikende yüksek popülasyon yoğunluğu gözlenmiş, meyer çeşidi limonlarda ise kütdikene kıyasla daha düşük bir popülasyon tespit

edilmiştir. Örnekleme yapılan bahçelerin yanında bulunan okitsu çeşidi mandarin (*Citrus reticulata*) bahçesinde de zararlının varlığı tespit edilmiştir. Zararlının tespit edildiği diğer konukçularında zarar belirtileri ise; ejder meyvesinin meyvesi üzerinde yaralanmalar (Şekil 4a), narda sürgünlerde çalılışma ve yapraklarda deformasyon (Şekil 4b), biberde yapraklarda kabarmalar ve kıvrılmalar (Şekil 4c) ile çilekte yaprak damarlarında koyulaşma şeklindedir (Şekil 4d).

Elde edilen örnek bireylerin hangi türe ait olduğunu belirlemek amacıyla yapılan morfolojik incelemelerde zararlının *S. dorsalis* olduğu kanısına varılmıştır (Şekil 2). Zararlının *S. dorsalis* olduğunu doğrulamak amacıyla yürütülen moleküler çalışmalarda, COI bölgesinden elde edilen dizilerin blastn aramasına göre, Genbank veri tabanında yer alan dizilerle >%98 oranında benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuca göre çoğaltılan DNA'nın *S. dorsalis*'in COI bölgesine ait olduğu tespit edilmiştir. *Scirtothrips dorsalis*'in bu çalışmada elde edilen ve GenBank'tan alınan homolog dizileri ile çizilen filogenetik ağacına bakılacak olursa, ağacın iki clade'e ayrıldığı görülmektedir (Şekil 5). Bunlardan birinde sadece Kenya'dan elde edilen dizi bulunurken, bu çalışmadan elde edilen diziler ikinci clade'de yer almıştır.

Tablo 1. *Scirtothrips dorsalis*'in tespit edildiği lokasyonlar, rakımı, konukçuları, koordinatları ve örnekleme tarihleri.

Lokasyon	Rakım (m)	Konukçu (Tür, Çeşit)	Koordinat	Örnekleme Tarihi
Kuyumcular, Seyhan	57	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	37°02'01" N 35°09'57" E	27/09/2021
Karakuyu, Seyhan	57	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	37°01'29" N 35°09'44" E	27/09/2021
Karakuyu, Seyhan	57	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Meyer)	37°01'11" N 35°08'47" E	27/09/2021
Kiremitli, Karataş	3	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°42'13" N 35°17'07" E	23/08/2024
Mürseloğlu, Seyhan	7	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°48'16" N 35°09'35" E	09/09/2024

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

Tablo 1'in devamı

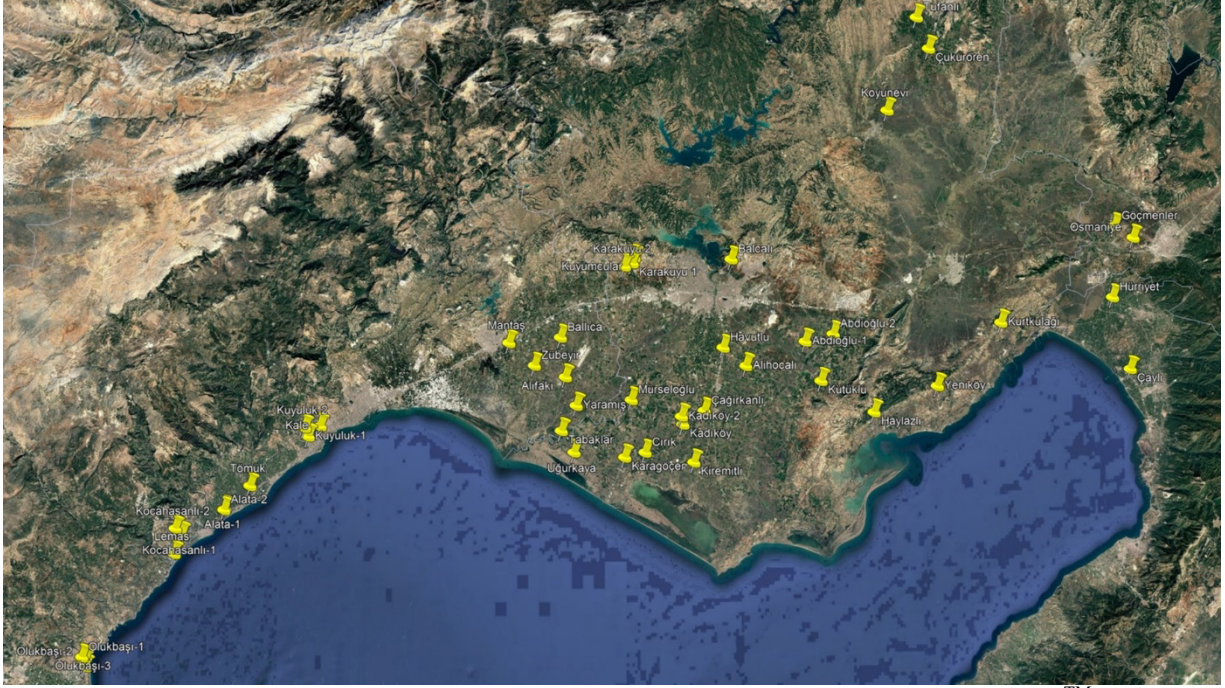
Çağırkanlı, Yüreğir	10	Biber (<i>Capsicum annum</i> , tarla)	36°47'12" N 35°18'24" E	16/10/2024
Kadıköy, Karataş	10	Biber (<i>Capsicum annum</i> , tarla)	36°45'53" N 35°15'48" E	16/10/2024
Cırık, Karataş	0	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°43'11" N 35°11'14" E	16/10/2024
Karagöçer, Karataş	0	Biber (<i>Capsicum annum</i> , sera)	36°42'43" N 35°08'46" E	16/10/2024
Mantaş, Tarsus	12	Portakal (<i>Citrus sinensis</i> cv. Washington)	36°53'48" N 34°54'48" E	17/10/2024
Tufanlı, Kozan	114	Portakal (<i>Citrus sinensis</i> cv. Washington)	37°25'10" N 35°44'28" E	24/10/2024
Koyunevi, İmamoğlu	67	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	37°16'10" N 35°40'47" E	24/10/2024
Havutlu, Seyhan	13	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°53'18" N 35°20'42" E	24/10/2024
Kadıköy, Karataş	7	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Zagara Bianca)	36°46'39" N 35°15'38" E	24/10/2024
Uğurkaya, Karataş	3	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Eureka)	36°43'12" N 35°02'39" E	24/10/2024
Tabaklar, Karataş	2	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°45'17" N 35°01'08" E	24/10/2024
Yaramış, Tarsus	1	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°47'44" N 35°02'56" E	24/10/2024
Alifakı, Tarsus	2	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Meyer)	36°50'29" N 35°01'37" E	24/10/2024
Zübeyir, Tarsus	4	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°51'36" N 34°57'53" E	24/10/2024
Ballica, Tarsus	8	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°54'19" N 35°01'02" E	24/10/2024
Çukurören, Kozan	81	Greyfurt (<i>Citrus paradisi</i> cv. Star Ruby)	37°22'08" N 35°45'55" E	26/10/2024
Olukbaşı, Silifke	0	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°23'5" N 34°3'12" E	31/10/2024
Olukbaşı, Silifke	0	Biber (<i>Capsicum annum</i> , tarla)	36°22'38" N 34°3'30" E	31/10/2024
Olukbaşı, Silifke	0	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°22'9" N 34°3'39" E	31/10/2024
Lemas, Erdemli	10	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°33'14" N 34°14'22" E	31/10/2024
Kocahasanlı, Erdemli	80	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°35'7" N 34°15'16" E	31/10/2024
Kocahasanlı, Erdemli	211	Ejder meyvesi (<i>Hylocereus undatus</i>)	36°35'42" N 34°14'31" E	31/10/2024
Alata, Erdemli	10	Nar (<i>Punica granatum</i>)	36°37'39" N 34°20'29" E	31/10/2024

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

Tablo 1'in devamı

Alata, Erdemli	10	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°37'32" N 34°20'22" E	31/10/2024
Tömük, Erdemli	30	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°39'53" N 34°23'31" E	31/10/2024
Kuyuluk, Mezitli	30	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°44'42" N 34°30'33" E	31/10/2024
Kale, Mezitli	30	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°45'42" N 34°31'59" E	31/10/2024
Kuyuluk, Mezitli	90	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°45'33" N 34°30'7" E	31/10/2024
Balcalı, Sarıçam	49	Karpuz (<i>Citrullus lanatus</i>)	37°01'50" N 35°21'43" E	04/11/2024
Alihocalı, Yüreğir	20	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°51'31" N 35°23'27" E	05/11/2024
Abdioğlu, Yüreğir	10	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°53'51" N 35°30'38" E	05/11/2024
Abdioğlu, Yüreğir	10	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°54'34" N 35°34'2" E	05/11/2024
Kütüklü, Yüreğir	30	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°50'2" N 35°32'31" E	05/11/2024
Haylazlı, Yumurtalık	30	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°46'58" N 35°38'55" E	05/11/2024
Yeniköy, Yumurtalık	70	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°49'27" N 35°46'36" E	05/11/2024
Kurtkulağı, Ceyhan	60	Limon (<i>Citrus lemon</i> cv. Kütdiken)	36°55'32" N 35°54'23" E	05/11/2024
Çaylı, Dörtyol	10	Mandarin (<i>Citrus unshiu</i> , Satsuma)	36°50'53" N 36°10'5" E	05/11/2024
Hürriyet, Erzin	50	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	36°57'52" N 36°8'1" E	05/11/2024
Merkez, Osmaniye	80	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	37°3'37" N 36°10'36" E	05/11/2024
Göçmenler, Toprakkale	60	Tangor (<i>Citrus reticulata</i> x <i>Citrus sinensis</i> cv. W. Murcott)	37°4'46" N 36°8'22" E	05/11/2024

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turuncgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı



Şekil 1. Yapılan sörveylerde *Scirtothrips dorsalis*'in tespit edildiği noktalar (Google Earth™ haritası).



Şekil 2. *Scirtothrips dorsalis*'in a) dişi bireyinin genel görünümü, b) baş ve pronotumu üzerindeki setalar ve c) dişi bireyde abdomen tergitlerindeki koyu kahverengi bantlar.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

Bu çalışmada *S. dorsalis*'in Adana ve Mersin'i içerisinde bulunduran Çukurova Bölgesi'nde turunçgillerde zarara neden olduğu ilk kez rapor edilmiştir. Bu zararlı, turunçgilleri de içerisinde bulunduran yaklaşık 225 farklı bitki türünde zarara neden olabilen polifag bir türdür (Kumar ve ark., 2013). Türkiye'de zararlıın yaban mersini, portakal ve çilekte zarara neden olduğu bildirilmiştir (Atakan ve ark., 2021a; Atakan ve ark., 2021b). Bu çalışmada da çilek ve yaban mersini üzerinde zararlıın bulunduğu gözlemlenmiştir. Bunlara ek olarak, turunçgillerin yanısıra zararlıın biber, ejder meyvesi, nar ve karpuzda da bulunduğu rapor edilmiştir. *Scirtothrips dorsalis*'in konukçuları arasında yer alan bağ, biber, çilek, hıyar, pamuk, soğan, soya, trabzon hurması, turunçgiller Çukurova Bölgesi'nde yetiştiriciliği yapılan ürünlerden başlıcalarıdır. Bu nedenle çoğalmasına uygun olan bitkilerin sürekli var olması durumunda zararlı popülasyonunun hızla artacağı ve ciddi zarara yol açacağı düşünülmektedir.

Scirtothrips dorsalis 2021 yılında Adana'da turunçgiller üzerinde tespit edildikten sonra, 2024 yılına kadar önemli dağılım göstermemiştir. Durna (2024) 2022-2023 yıllarında yürüttüğü çalışmada Adana'nın Yüreğir ilçesinde limon ve portakal bahçesinde *S. dorsalis*'i tespit edememiştir. Ancak 2024 yılının ağustos ve eylül aylarında turunçgil sürgünlerinin artış döneminde zararlı popülasyonu ciddi oranda yükselmiştir. *Scirtothrips dorsalis* aslında bir tür kompleksine sahiptir (Dickey ve ark., 2015; Kumar ve ark., 2023). Dickey ve ark. (2015) *S. dorsalis* tür kompleksi içerisinde yer alan Güney Asya 1 cryptic türünün oldukça polifag olduğunu, hem istilacı özelliğinin yüksek olduğunu hem de virüs taşımaya (tosporvirüs) sebep olabileceğini bildirmiştir. Diğer cryptic türlerden Güney Asya 2 ve Doğu Asya 1'in de aynı şekilde polifag olduğu ve küresel dağılımın başlangıcında etkili oldukları rapor edilmiştir (Dickey ve ark., 2015). Çukurova Bölgesi'nde *S. dorsalis*'in 2021 yılından beri Adana'da bulunması fakat 2024 yılında yayılım alanının genişlemesi zararlıın tür kompleksi içerisinde bulunan farklı cryptic

türlerin giriş yapmış olabileceğini düşündürmektedir.

Scirtothrips dorsalis'in beslenmesi sonucunda turunçgillerde ne oranda zarara neden olduğu Türkiye'de henüz bilinmemektedir. Dünyada ise Hyun ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada *S. dorsalis*'in turunçgil meyvelerinde 2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla %0.9, %0.4, %0.8 ve %2.7 oranında zarara neden olduğunu belirlemişlerdir. Bu konu ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

Zararlıın mücadelesinde ise kültürel olarak dirençli bitkilerin yetiştirilmesi, konukçusu olan yabancı otların ortamdan uzaklaştırılması ve ekim nöbeti başta gelmektedir (Kumar ve ark., 2013; Megharaj ve ark., 2016). Bu yöntemlerden sadece yabancı otların uzaklaştırılması turunçgil alanlarında kullanılabilir. Diğer yandan *S. dorsalis* zararını engellemek amacıyla turunçgil bahçelerinde yansıtıcı bir film kullanımı sonucunda kontrol (uygulama yapılmayan) parseline göre tuzaklarda daha düşük popülasyon belirlenmiştir (Tsuchiya ve ark., 1995).

Zararlıın popülasyonunun takip edilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda özellikle sarı renkli tuzakları tercih ettiği belirlenmiştir (Chu ve ark., 2006; López-Lima ve ark., 2023). Zararlı üzerinde predatör akarlardan *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor), *Euseius sojaensis* (Ehara) ve *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae)'in beslendiği bildirilmiştir (Shibao ve ark., 2004; Arthurs ve ark., 2009; Schoeller ve ark., 2020). Avcı böcek *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae)'un da *S. dorsalis* üzerinde beslendiği ve *A. swirskii*'ye kıyasla ergin tripsler üzerinde daha başarılı olduğu belirlenmiştir (Doğramacı ve ark., 2011). Bu predatörlerden *A. swirskii* Adana'da turunçgillerde yaygın olarak bulunmuştur (Satar ve ark., 2019).

Zararlıın kimyasal kontrolü amacıyla yapılan çalışmalarda özellikle chlofenpayr'ın daha etkili olduğu ve bunları spinosad ve imidaclopridin izlediği belirlenmiş ve uygulama karışımına yayıcı yapıştırıcı eklenmesinin tüm insektisitlerin

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

etkinliği arttırdığı tespit edilmiştir (Seal ve ark., 2006). Kumar ve ark. (2017) acetamiprid, clothianidin, thiamethoxam, spinetoram, cyantraniliprole, tolfenpyrad, chlorantraniliprole + thiamethoxam (yaprak uygulaması) ve imidacloprid (toprak uygulaması) uygulamalarının *S. dorsalis*'e karşı %70'in üzerinde etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Yukarıda yer alan aktif maddelerden şu anda Türkiye'de acetamiprid, chlorantraniliprole,

cyantraniliprole, spinetoram ve spinosadın farklı zararlılarda ve farklı ürünlerde ruhsatı bulunurken; turunçgillerde sadece cyantraniliprole ve spinosadın ruhsatı bulunmaktadır (BKÜ, 2024). Kısa vadede bu aktif maddelerin Türkiye koşullarında etkinlikleri belirlenerek ve doğal düşmanlara etkileri de göz önünde bulundurularak kullanıma sunulmaları üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı



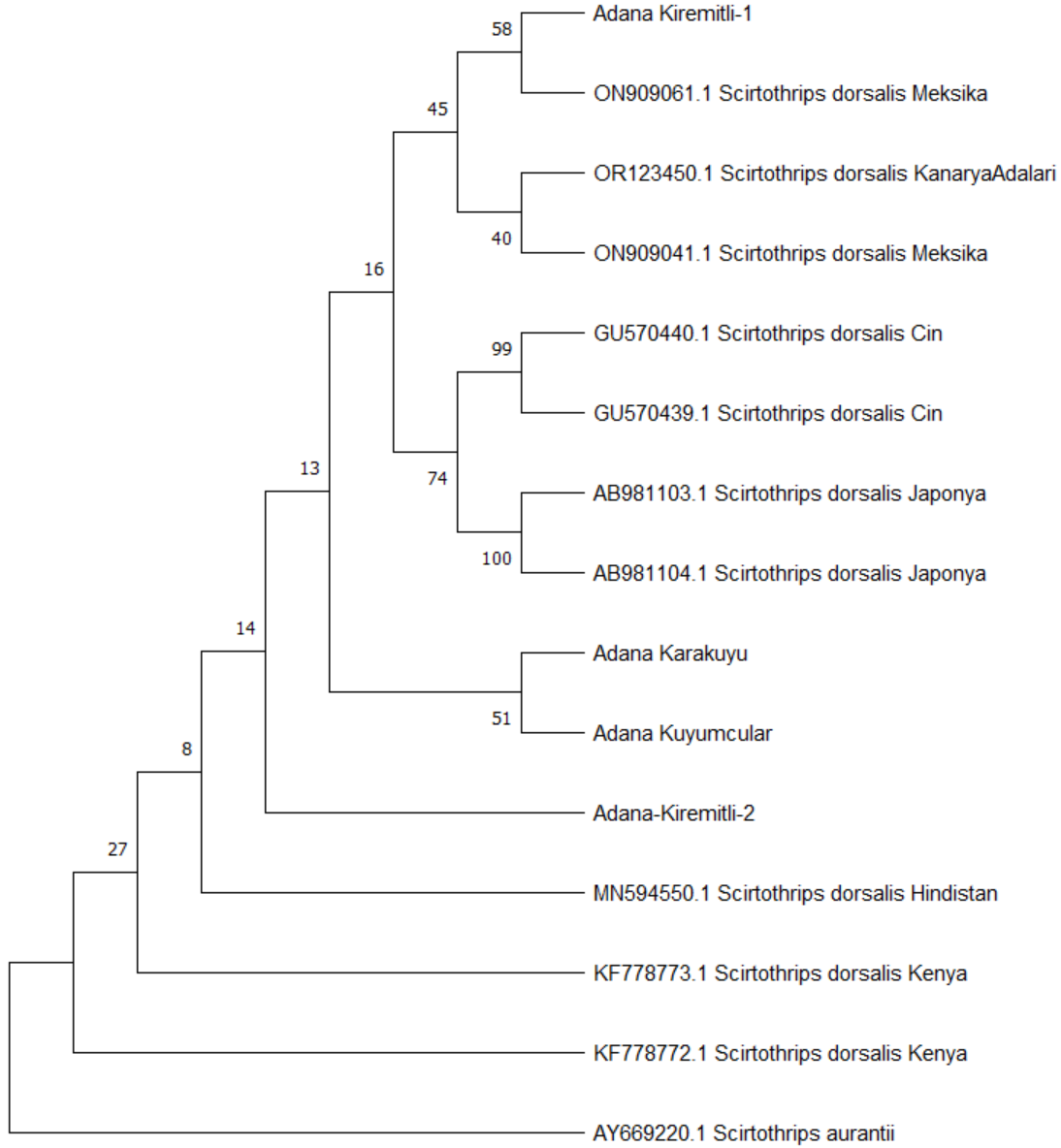
Şekil 3. *Scirtothrips dorsalis*'in, a) yaprak üzerindeki ergin bireyi, b) Zagara Bianca çeşidi limonda beslenmesi sonucunda yaprak üzerinde oluşan zararlanma, c) 2021, d) 2024 yılında yapılan gözlemlerde tangor genç sürgünlerinde bulunan yapraklarda neden olduğu zarar.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı



Şekil 4. *Scirtothrips dorsalis*'in a) ejder meyvesinin meyvesi, b) narın sürgünleri, c) biberin yapraklarında ve d) çileğin yapraklarında neden olduğu zararın görünümleri.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı



Şekil 5. *Scirtothrips dorsalis*'in bu çalışmada elde edilen ve Dünya'daki COI gen dizilerinin Neighbor-Joining metoduna göre çizilen filogenetik ağacı. Dalların üzerinde bulunan sayılar nodlar için bootstrap değerlerini göstermektedir (1000 bootstrap).

Sonuç

Scirtothrips dorsalis'in 2020 yılında Adana'da tespit edilmesinin ardından şu anda geniş alanlara yayıldığı belirlenmiş ve yayılımına devam

edeceği öngörülmektedir. 2021 yılında Adana'nın sınırlı bir alanında turunçgillerde tespit edilen *S. dorsalis*, 2024 yılına kadar önemli bir dağılım göstermemiştir. Ancak Ağustos ve Eylül 2024'te

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

turunçgil sürgünlerinin büyüme döneminde zararlı popülasyonunda önemli bir artış olmuştur. Bu durum zararlının 2024 yılında ani bir yükseliş göstermesi nedeniyle farklı bir tür cryptic türünün girmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu konunun derinlemesine araştırılabilmesi amacıyla geniş çaplı moleküler araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer yandan Çukurova Bölgesi'nde zararlının her mevsim üremesine uygun bitki bulabilmesi nedeniyle popülasyon artışının sürekli izlenmesi ve daha geniş alanlara yayılmadan mücadele stratejilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Zararlının Türkiye'de biyolojisi, doğal düşmanları, konukçu dizisi ve dağılım gösterdiği alanlar henüz tam olarak bilinmemektedir. Bunları da belirlemek amacıyla çalışmalar yürütülmesi önem arz etmektedir.

Kaynakça

- Arthurs, S., McKenzie, C. L., Chen, J., Dogramaci, M., Brennan, M., Houben, K., Osborne, L. (2009) Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agents of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. *Biol Control* 49(1):91-96.
- Atakan, E., Pehlivan, S. (2021a) First report of the chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) in Turkey. *Turk J Zool* 45(2):156-160.
- Atakan, E., Pehlivan, S. (2021b). A new harmful thrips species in orange in Antalya Province: *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Mediterr Agric Sci* 34(3):273-277.
- BKÜ, (2024). Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı. <https://bku.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: 20/10/2024).
- Cao, Y., Yang, Y., Wang, C., Li, M., Chen, L., Xie, H., Wang, L., Reitz, S. R., Li, C. (2024) Development and reproduction of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on six host plant species. *J Econ Entomol* 117(4):1439-1446.
- Chu, C. C., Ciomperlik, M. A., Chang, N. T., Richards, M., Henneberry, T. J. (2006) Developing and evaluating traps for monitoring *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Fla Entomol* 89(1):47-55.
- Dickey, A. M., Kumar, V., Hoddle, M. S., Funderburk, J. E., Morgan, J. K., Jara-Cavieres, A., Jr. Shatters, R. G., Osborne, L. S., McKenzie, C. L. (2015) The *Scirtothrips dorsalis* species complex: endemism and invasion in a global pest. *PLoS One* 10(4):e0123747.
- Doğramacı, M., Arthurs, S. P., Chen, J., McKenzie, C., Irrizary, F., Osborne, L. (2011) Management of chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on peppers by *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Biol Control* 59(3):340-347.
- Durna, Ü. (2024) Adana İli Yüreğir İlçesinde Limon ve Portakal Bahçelerinde *Thrips* (Thysanoptera) Türleri, Popülasyon Değişimleri ve Zararının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- EPP0 (2024). <https://gd.eppo.int/taxon/SCITDO/categorization> (Access date: 17/10/2024)
- FinchTV 1.4.0 (Geospiza, Inc.; Seattle, WA, USA; <http://www.geospiza.com>)
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R. (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol Mar Biol Biotechnol* 3:294-299.
- Google Earth™ (2024) [Eastern Mediterranean Region of Turkey]. 05/11/2024 <http://earth.google.com/>
- Hoddle, M. S., Mound, L. A. (2003). The genus *Scirtothrips* in Australia (Insecta, Thysanoptera, Thripidae). *Zootaxa* 268(1), 1-40.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

- Holtz, T. (2006) *Scirtothrips dorsalis* Hood: Chili thrips Thysanoptera/Thripidae. New pest Addisory Group, USDA/Aphis/Ppq/Cphst/Peral.
- Hyun, J. W., Hwang, R. Y., Lee, K. S., Song, J. H., Yi, P. H., Kwon, H. M., Hyun, D. H., Kim, K. S. (2012) Seasonal occurrence of yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) in citrus orchards and its damage symptoms on citrus fruits. *Korean J Appl Entomol* 51(1):1-7.
- Kang, S. H., Lee, J. H., Kim, D. S. (2015). Temperature-dependent fecundity of overwintered *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) and its oviposition model with field validation. *Pest Manag Sci* 71(10):1441-1451.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. (2018) MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol* 35(6):1547-1549.
- Kumar, V., Kakkar, G., McKenzie, C. L., Seal, D. R., Osborne, L. S. (2013) Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges: *An overview of chilli thrips, Scirtothrips dorsalis (Thysanoptera: Thripidae) biology, distribution and management*. S. Soloneski and M. Larramendy (Ed.), 53-77, Intech, Croatia
- Kumar, V., Kakkar, G., Seal, D. R., McKenzie, C. L., Colee, J., Osborne, L. S. (2014) Temporal and spatial distribution of an invasive thrips species *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Crop Prot* 55:80-90.
- Kumar, V., Kakkar, G., Seal, D. R., McKenzie, C. L., Osborne, L. S. (2017) Evaluation of insecticides for curative, preventive, and rotational use on *Scirtothrips dorsalis* South Asia 1 (Thysanoptera: Thripidae). *Fla Entomol* 100(3):634-646.
- Kumar, V., Xiao, Y., Borden, M. A., Ahmed, M. Z., McKenzie, C. L., Osborne, L. S. (2023) Distribution of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) cryptic species complex in the United States and reproductive host assessment of its dominant member. *J Econ Entomol* 116(5):1715-1726.
- López-Lima, D., Tejada-Reyes, M. A., Rodríguez-Málaga, R. D., López-Bautista, E., Salinas-Castro, A., Illescas-Riquelme, C. P. (2023) New Hosts, Distribution, and Color Trap Preferences of the Invasive Thrips *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) in Mexico. *J Entomol Sci* 58(4):400-411.
- Megharaj, K., Ajjappalavara, P., Revanappa, R. S., Tatagar, M., Satish, D. (2016) Study on morphological and biochemical bases for thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood) resistance in Chilli (*Capsicum annum* L.). *Res Environ Life Sci* 9:1200-1202.
- Mound, L. A., Marullo, R. (1996) *The thrips of Central and South America: an introduction*. Memoirs on Entomology, International, Gainesville, FL. pp. 6, 488.
- Nietschke, B. S., Borchert, D. M., Magarey, R. D., Ciomperlik, M. A. (2008) Climatological potential for *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) establishment in the United States. *Fla Entomol* 91(1):9-86.
- Satar, S., Tiring, G., Aslan, E., Yiğit, İ., Atakan, E. (2024). Loquat, a non-native plant in Türkiye, is a key seasonal host in the life cycle of *Thrips hawaiiensis* (Morgan, 1913) (Thysanoptera: Thripidae). *Phytoparasitica* 52:30.
- Satar, S., Tusun, A., Yayla, M., Tiring, G. (2019) *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot ve *Euseius scutalis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae)'e Tau-Fluvalinatin Etkisi. *TURJAF* 7(12):2190-2197.
- Schoeller, E. N., McKenzie, C. L., Osborne, L. S. (2020) Comparison of the phytoseiid mites *Amblyseius swirskii* and *Amblydromalus limonicus* for biological control of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Exp Appl Acarol* 82(3):309-318.

Türkiye'nin Çukurova Bölgesi Turunçgillerinde Yeni Zararlı *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae)'in Dağılımı ve Zararı

- Seal, D. R., Ciomperlik, M., Richards, M. L., Klassen, W. (2006) Comparative effectiveness of chemical insecticides against the chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on pepper and their compatibility with natural enemies. *Crop Prot* 25(9):949-955.
- Seal, D. R., Klassen, W., Kumar, V. (2010) Biological parameters of *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on selected hosts. *Environ Entomol* 39(5):1389-1398.
- Shibao, M. (1996) Effects of temperature on development of the chillie thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on grape. *Appl Entomol Zool* 31(1):81-86.
- Shibao, M., Ehara, S., Hosomi, A., Tanaka, H. (2004) Seasonal fluctuation in population density of phytoseiid mites and the yellow tea thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae) on grape, and predation of the thrips by *Euseius sojaensis* (Ehara)(Acari: Phytoseiidae). *Appl Entomol Zool* 39(4):727-730.
- Skendžić, S., Zovko, M., Pajač Živković, I., Lešić, V., Lemić, D. (2021) Effect of climate change on introduced and native agricultural invasive insect pests in Europe. *Insects* 12(11):985.
- Tatara, A. and K. Furuhashi (1992) Analytical study on damage to satsuma mandarin fruit by *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), with particular reference to pest density. *Jpn J Appl Entomol Zool* 36:217-223
- Tatara, A. (1994) Effect of temperature and host plant on the development, fertility and longevity of *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae). *Appl Entomol Zool* 29(1):31-37.
- Tsuchiya, M., Furunishi, K., Masui, S. (1995) Behavior of yellow tea thrips (*Scirtothrips dorsalis* Hood) on a reflective sheet. *Appl Entomol Zool* 39(4):289-297.
- Wittenberg, R., Cock, M. J. W. (2001) *Invasive alien species. How to address one of the greatest threats to biodiversity: A toolkit of best prevention and management practices.* CAB International, Wallingford, Oxon, UK.



Araştırma Makalesi

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

Arife YAĞCI¹*, Davut Soner AKGÜL², Rüstem CANGİ³

ÖZ

Bu çalışma, asma gövde hastalıkları ile ilişkili patojen funguslara karşı Tokat koşullarında yetiştirilen asma çeşit ve anaçlarından elde edilen endofitik fungusların *in vitro* antagonistik etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Antagonistik etkilerin ortaya çıkarılmasında PDA (patates dekstroz agar) besi yerinde ikili kültür metodu takip edilmiş, izolatlar arasındaki engelleme mesafeleri ölçülmüştür. Fungal izolatların patojenitesi Narince üzüm çeşidinin dormant kalemleri üzerinde test edilmiş, izolatlar tepeden inokulasyon yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. İnokule edilmiş kalemler 1 litrelik saksılara dikilmiş, 25°C sıcaklık ve %85 nispi nemde 3 ay süreyle büyütülmüştür. Endofitik funguslarla *Botryosphaeria dothidea* arasında 0-13.3 mm; *Cadophora lutea-olivacea* arasında 0-6.3 mm; *Cytospora salicacearum* arasında 0-0.7; *Diatrype stigma* ile 0-5.0 mm; *Truncatella angustata* arasında 0-8.7 mm'lik engelleme mesafesi ölçülmüştür. Hiçbir endofit izolat fungal patojenlerin tamamını aynı ölçüde engelleyememiş, bazı patojenlere karşı güçlü bazılarında da zayıf derecede etki ortaya çıkmıştır. Tüm endofitlerin inhibisyon performansı birbiriyle kıyaslandığında *Fusarium avenaceum*'un en etkili, *Penicillium commune* ise tamamen etkisiz olduğu bulunmuştur. Patojenite testlerinde endofitik türler kayda değer bir nekroz yaratmazken, *B. dothidea*, *C. lutea-olivacea*, *C. salicacearum*, *D. stigma* ve *T. angustata* 23.6-65.0 mm'lik nekrozlar meydana getirmiştir. Bu çalışma asmadaki farklı endofit türlerin, asma gövde hastalıklarıyla ilişkili farklı patojenlerin biyolojik mücadelesi için ümitvar olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Asma, anaç, biyokontrol, endofitik funguslar, asma gövde hastalıkları

***In Vitro* Antagonistic Effects of Endophytic Fungi Isolated from Grapevine Rootstocks and Cultivars Against Some of the Fungal Pathogens Associated with Grapevine Trunk Diseases**

ABSTRACT

This study was carried out to determine the *in vitro* antagonistic effects of endophytic fungi obtained from grapevine cultivars and rootstocks grown in Tokat conditions against some pathogenic fungi associated with grapevine trunk diseases. The dual culture method was followed on a PDA (potato dextrose agar) medium to reveal the antagonistic effects, and the distances in inhibition zones between the isolates were measured. The pathogenicity of the fungal isolates was tested on dormant canes of the Narince grape cultivars, and the isolates were inoculated using the top inoculation method. Inoculated cuttings were planted in one-liter pots and grown at 25°C and 85% relative humidity for 3 months. Inhibition distances of 0-13.3 mm between endophytic fungi and *Botryosphaeria dothidea*, 0-6.3 mm between *Cadophora lutea-olivacea*, 0-0.7 mm between *Cytospora salicacearum*, 0-5.0 mm between *Diatrype stigma*, and 0-8.7 mm between *Truncatella angustata* occurred. No endophytic isolate inhibited all pathogens to the same extent, with solid effects against some pathogens and weak effects against others. When the inhibition performance of all endophytic species was compared with each other, *Fusarium avenaceum* was the most effective, while *Penicillium commune* was found to be completely ineffective. Endophytic species did not cause significant necrosis in pathogenicity tests, while *B. dothidea*, *C. lutea-olivacea*, *C. salicacearum*, *D. stigma* and *T. angustata* caused necroses of 23.6-65.0 mm.

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 17.09.2024

Kabul Tarihi: 08.11.2024

¹ Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tokat

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana

³ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat

*E-posta: arife.yagci@tarimorman.gov.tr

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

This study indicates that different endophytes in grapevine may be promising for biologically controlling pathogens associated with grapevine trunk diseases.

Keywords: biocontrol, endophytic fungi, grapevine trunk diseases, rootstock, vine

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-0458-8385, 0000-0002-9990-4194, 0000-0002-8264-9844

Giriş

Son 50 yılda asma gövde hastalıklarının yaygınlaşmasında çeşitli faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir. Son yıllarda dünyada ve ülkemizde asma fungal gövde hastalıkları ciddi bir sorun olmaya başlamıştır. Bunlar; çeşitli üretim materyallerinin ülkeler arasında taşınması, makineli tarımın yaygınlaşması, terbiye sistemlerinin yaygınlaşması, sodyum-arsenit ile metil bromidin yasaklanması sayılabilir. Asma gövde hastalıkları birçok ülkede kayıplara neden olmaktadır. Dolayısı ile üreticilerin kazançlarında azalma meydana gelmektedir. Asma gövde hastalıkları sebebiyle bağların yaklaşık %1'inin yenilediği ve maliyetinin (harcanan zaman, ürün azalışı vb.) 1.132 milyar Euro civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda 133 farklı fungus türü, bu hastalıklara neden olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, genel olarak asma gövde hastalıklarının, *Botryosphaeria*, Esca Sendromu, *Phomopsis*, *Eutypa*, Petri, Kara Bacak Hastalıkları ve Geriye Ölüm Hastalıkları şeklinde gruplandırmışlardır (Gramaje ve ark., 2018).

Tarımda sorun olan hastalıklara karşı ilaç kullanımı ile hem doğal denge bozulmakta hem de çevre kirliliği meydana gelmektedir. Doğal dengenin bozulması ile insan sağlığı doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Ayrıca sürekli kullanılan pestisitler nedeni ile zamanla bitki patojenleri ve zararlılarda dayanıklılık ortaya çıkmaktadır. Bu durum kimyasal mücadelenin zayıf yönlerinden biri olarak gösterilmektedir (Eken ve Demirci, 1997). Fungal bitki hastalıklarına karşı fungusit denilen kimyasal bileşikler kullanılmaktadır. Fungisitlerin yanlış kullanımı ya patojenlerin dayanıklılık göstermesine (patojende genetik değişiklik yaratarak ilacın etkinliğinin azalmasına) ya da hedef olmayan organizmalar

üzerinde istenmeyen sonuçlar oluşturmaktadır (Tjamos ve ark., 1992). Bu sebeplerden dolayı araştırmacılar alternatif mücadele olanaklarına yönelmektedir.

İnsan ve çevre sağlığına duyarlı, sürdürülebilir tarım için biyolojik mücadele son yıllarda büyük önem arz etmektedir. Uzun vadede tüm canlılığa fayda sağlayan biyolojik mücadele yöntemi mikroorganizmalar arasındaki etkileşimin bir ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Bu etkileşim tipleri; hipovirulens, çapraz koruma, antibiyosis, rekabet, hiperparazitizm ve uyarılmış dayanıklılık şeklinde belirtilmiştir (Bora ve Özaktan, 1998). Uyarılmış dayanıklılık sistemi; konukçu bitki ve endofitik etkileşim tiplerinden birisidir. Bu durum bitkide var olan doğal savunma sisteminin uyarılması ile gerçekleşmektedir. Antagonistin ortaya çıkardığı bazı salgılar veya kimyasal maddeler, konukçu bitkinin patojene karşı tepki vermesine neden olmaktadır. Bu durum biyolojik savaş olanağı olarak görülmektedir (Trejo-Estrada ve ark, 1998; Aslan ve Özaktan, 2005).

Bitkinin kök bölgesinde bulunan çürükçül özellikteki bazı fungus ve bakterilerin rekabetçi özellikleri; bazı metabolik maddeler üretmeleri, hastalık etmeni mikroorganizmalara karşı engelleyici etki yapmaktadır. Bu mikroorganizmaların bitki gelişimine göstermiş oldukları olumlu etkileri ve ekosisteme olan uyumları nedeni ile birçok araştırmacı tarafından değerli bulunmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar bunları incelemekte, özelliklerini ortaya koymakta ve ticari olarak üretilmesine katkı sağlamaktadırlar (Özaktan ve ark., 2010). Bu nedenle Biyolojik Mücadele Etmeni (BME) konumundaki mikroorganizmaların, bitki patojeni organizmalara karşı kullanımları yaygınlaşmaktadır. Son yıllarda BME olarak kullanımı yaygınlaşmakta olan endofitler, bitki

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

dokularında bulunan mikrobiyal toplulukların birer parçası olup Alman botanikçi Anton de Bary tarafından ilk defa 1886 yılında adlandırılmıştır (Wilson,1995). Endofitler, konukçu bitkide herhangi bir belirti göstermeden, bitkinin intra/interselüler dokularında yaşamlarını devam ettiren mikroorganizmalardır. Başka bir tanıma göre ise Endofitler, bitkilerin iç dokularında herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadan yaşayan mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Freeman, 1904; Bacon ve White, 2000). Endofitik mikroorganizmalar bitkilerin gelişmesine, büyümesine, biyotik ver abiyotik strese karşı toleransında da rol oynayabilmektedir (Sülü ve ark., 2016). Özellikle endofitik mikorganizmalar, tarım, tıp ve endüstri tarafından ortaya çıkan bazı sorunların çözümlenmesine de aracılık edebilmektedir. Ayrıca endofitik mikorganizmaların yeni doğal ürünleri sentezleyebilme potansiyelinin olması, bunların umut verici bir kaynak olarak görülmesine de neden olmaktadır (Tonial ve ark., 2016). Bu sebepten dolayı endofitlere verilen önem gün geçtikçe artmaktadır (Beram ve ark., 2016).

Türkiye’de bağlarda endofitik fungusların belirlenmesi, tanımlanması ve bunların BME olarak kullanılması konusunda sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Farklı üzüm çeşitlerinin dormant döneminde alınan kalem ya da çeliklerinde bulunan endofit türlerinin belirlenmesi, bunların biyolojik mücadele ajanı olarak asma gövde hastalıklarına karşı kullanılması konusunda yapılan bu çalışma ülkemizde bu konuda yapılacak diğer çalışmalar için yararlı olacaktır. Bu çalışma; Tokat

koşullarında asma çeşitleri ve anaçlarında belirlenen endofitik fungusların patojenik funguslara karşı antagonistik etkilerinin *in vitro* koşullarda belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Yağcı ve ark. (2023)’nın Tokat ilinde asma çeşitleri ve anaçlarında morfolojik ve moleküler olarak tanımladıkları, endofitik ve patojen funguslar kullanılmıştır. Kullanılan fungal türler, izolat kodları, ITS Gen Bankası erişim numaraları ve izole edildikleri çeşitler Çizelge 1’de verilmiştir (Yağcı ve ark., 2023).

Patojenisite testi

Fungal etmenlerin virülensini belirlemeye yönelik olarak Narince üzüm çeşidine ait 3 gözlü dormant kalemler kullanılmıştır (Şekil 1). İnokulasyon işlemi kalemlere tepeden disk (KLTD) yöntemine göre yapılmıştır (Akgül, 2020) (Şekil 2). Bu yöntemde asma kalemlerinin tepe noktaları kesildikten sonra üzerine 5 mm’lik miseliyal agar diskleri konulup parafilm ile sarılmıştır. İnokulasyon işlemi tamamlanan kalemler, içerisinde torf ve perlit (1:1 hacimde) bulunan 1 litrelik tüplere (poşetlere) dikimleri yapılmış (Şekil 3) daha sonra 25 °C (±2 °C) ve %85 nem içeren yetiştirme odasında gelişmeye bırakılmıştır (Şekil 4). Teknik ve kültürel işlemler (sulama, gübreleme, havalandırma vb) yetiştirme süresince standart olarak gerçekleştirilmiştir. Dikimden 90 gün sonra oluşan fidanların içsel dokularında oluşan lezyon uzunlukları (mm) ölçülmüştür. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre üç tekerrürlü ve her tekerrürde beş adet çelik olacak şekilde düzenlenmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan fungal türler ve NCBI GenBank erişim numaraları

Fungal Türler	İzolat Kodu	ITS Gen Bankası Erişim No	İzole edildiği çeşit ve genotipler
<i>Acremonium aegyptiacum</i>	AY86	OL691159	1616C (<i>V. longii</i> x <i>V. riparia</i>)
<i>Acremonium fusidioides</i>	AY88	OL691160	1613C (<i>V. solonis</i> x <i>Othello</i>)
<i>Acremonium hyalinum</i>	AY51	OL691150	Victoria (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	AY42	OL691147	Narince (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Aspergillus piperis</i>	AY110	OL691168	Narince (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Athelia bombacina</i>	AY65	OL691154	Patlak Kara (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Epicoccum nigrum</i>	AY50	OL691149	Boduroğlu (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Fusarium avenaceum</i>	AY113	OL691170	Narince (<i>Vitis vinifera</i>)

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

<i>Neosetophoma clematidis</i>	AY90	OL691161	Narince (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Oidiodendron cerealis</i>	AY82	OL691157	Aktaş Çavuş (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Penicillium commune</i>	AY109	OL691167	Narince (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Pseudogymnoascus pannorum</i>	AY85	OL691158	1616C (<i>V. solonis</i> x <i>Othello</i>)
<i>Sarocladium strictum</i>	AY107	OL691166	1103P (<i>V. berlandieri</i> x <i>V. Rupestris</i>)
<i>Botryosphaeria dothidea</i>	AY57	OL691152	Tekirdağ Çekirdeksizi (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Cadophora luteo-olivacea</i>	AY91	OL691162	140 Ruggeri (<i>V.berlandierixV.Rupestris</i>)
<i>Cytospora salicacearum</i>	AY41	OL691146	Trakya İlkeren (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Diatrype stigma</i>	AY70	OL691155	Karüzüm Çepni (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Neonectria ramularia</i>	AY47	OL691148	Misket Çavuş (<i>Vitis vinifera</i>)
<i>Truncatella angustata</i>	AY92	OL691163	Patlak Üzüm (<i>Vitis vinifera</i>)



Şekil 1. Patojenisite tesiti için Narince üzüm çeşidine ait omcalardan kalem alımı



Şekil 2. Miseliyal agar disk ile kaleme inokulasyonu



Şekil 3. İnoküle edilmiş dormant kalemlerin tüplere dikilmesi



Şekil 4. Dikimden 90 gün sonra fidanların gelişimi

Endofitik türlerin bazı patojenlere karşı *in vitro* antagonistik etkisinin belirlenmesi

Endofitik funguslarla patojen fungusların antagonistik bir etkiye sahip olup olmadıkları belirlenmesi amacıyla; öncelikle izolatlar PDA besi ortamında 10 gün süreyle geliştirilmişlerdir. Bu izolatlardan steril bistüri ile kesitler alınıp Petri kabının bir tarafına endofitik, karşı tarafına patojen fungus yerleştirilmiş ve gelişmeye bırakılmıştır. Kontrol olarak alınan petri kaplarının kenarına sadece endofitik izolat veya

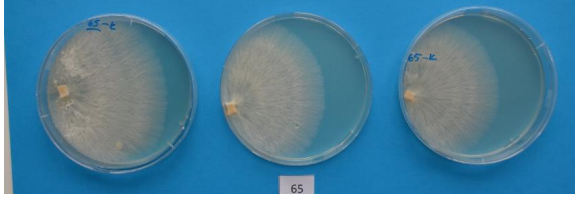
sadece patojen diski konulmuştur (Şekil 5, 6 ve 7). İkili kültür şeklinde oluşturulan Petri kapları, 6-18 gün boyunca 25°C sıcaklıkta ve karanlık koşullarda inkübasyon için bekletilmiştir. Aynı petriye yerleştirilen endofitik ve patojen fungusların gelişimleri neticesinde, iki tür arasında meydana gelen engelleme mesafesi cetvelle ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseninde, her bir Petri kabı bir tekrür olacak

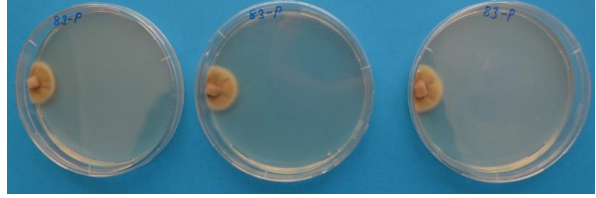
Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

şekilde 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulduktan

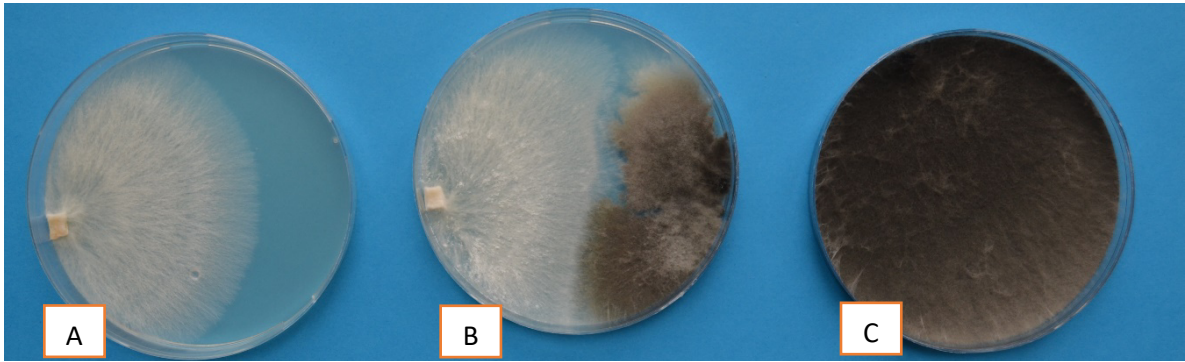
sonra ortalamalar arasındaki istatistiksel farklar LSD_(0.05) testiyle ortaya konmuştur.



Şekil 5. Petri kenarına konulmuş tek endofitik türün yayılımı



Şekil 6. Petri kenarına konulmuş tek patojen türün yayılımı



Şekil 7. Endofitik fungus (A), ikili kültür (B) ve patojen fungus (C) gelişimi

Bulgular ve Tartışma

Patojenisite test sonuçları

Asma çeliklerinin odun dokusunda meydana gelen lezyon uzunlukları, inokulasyondan 90 gün sonra belirlenmiş (Şekil 8) ve meydana gelen lezyon uzunlukları ölçülmüştür (Çizelge 2). Patojenisite test sonuçlarında *Acremonium aegyptiacum*, *A. hyalinum*, *A. fusidioides*, *A. sclerotigenum*, *Aspergillus piperis*, *Athelia bombacina*, *Fusarium avenaceum*, *Epicoccum nigrum*, *Neosetophoma clematidis*, *Penicillium commune* ve *Oidiodendron*

cerealis, *Pseudogymnoascus pannorum* ve *Sarocladium strictum*'da 0,9-1,9 mm lezyon oluşumu meydana gelmiştir. Lezyon uzunluğu düşük olan bu türler, birçok çalışmada biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılmaktadır. Patojen funguslarda lezyon uzunlukları 6-65 mm arasında meydana gelmiştir. En virulent tür 65 mm'lik lezyon uzunluğuyla *Botryosphaeria dothide* olurken, en az virulent tür ise 6 mm'lik ortalama lezyon ile *Neonectria ramularia* olmuştur (Çizelge 2).



Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri



Şekil 8. İnokülasyon sonrası meydana gelen lezyon uzunlukları (a) *Truncatella angustata* b) *Diatrype stigma* c) *Cytospora salicacearum* d) *Cadophora luteo-olivacea* e) *Botryosphaeria dothidea* f) kontrol

Çizelge 2. Endofitik ve patojen türlere ait izolatların odun dokuda meydana getirdiği lezyon uzunlukları (mm)

Endofitik türler	Lezyon uzunluğu (mm)	Patojen türler	Lezyon uzunluğu (mm)
<i>Acremonium aegyptiacum</i>	1.2 a	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	65.0 a
<i>Acremonium fusidioides</i>	1.3 a	<i>Cadophora luteo-olivacea</i>	45.0 b
<i>Acremonium hyalinum</i>	0.9 a	<i>Cytospora salicacearum</i>	23.6 ab
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	1.5 a	<i>Diatrype stigma</i>	25.0 ab
<i>Aspergillus piperis</i>	1.3 a	<i>Neonectria ramularia</i>	6.0 c
<i>Athelia bombacina</i>	0.9 a	<i>Truncatella angustata</i>	24.8 ab
<i>Epicoccum nigrum</i>	1.5 a		
<i>Fusarium avenaceum</i>	1.6 a		
<i>Neosetophoma clematidis</i>	1.6 a		
<i>Oidiodendron cerealis</i>	1.9 a		
<i>Penicillium commune</i>	0.9 a		
<i>Pseudogymnoascus pannorum</i>	1.1 a		
<i>Sarocladium strictum</i>	1.2 a		

* İstatistiksel olarak farklı harfler ile ifade edilen ortalamalar LSD (0,05) testine göre birbirinden farklıdır.

Çeşitli faktörler patojenisite testlerinde meydana gelen lezyon uzunluklarını etkileyebilmektedir. Urbez-Torres ve ark. (2009) Üzüm çeşitlerinin duyarlılıklarının farklı olabileceğini bildirmektedir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmada; *Neofusicoccum parvum*, *Botryosphaeria dothidea* ve *Diplodia seriata*'ya ait izolatları Red Globe ve Syrah üzüm çeşitlerine ait omcalarda patojenisite testine tabii tutmuşlardır. İzolatların lezyon uzunlukları çeşitlere göre *N. parvum*'da 75.1- 63.8 mm, *B. dothidea*'da 47.8-42.6 mm, *D. seriata*'da 40.2 - 35.9 mm arasında değişmiştir. Nitekim Güler ve Akgül (2020) 11 üzüm

çeşidinde *N. parvum*'un 49 nolu izolatu ile patojenisite testi yapmışlardır. Çeşitlere göre meydana gelen lezyon uzunluklarının değişebildiğini, lezyon uzunluğu en az Cardinal (12.5 mm) çeşidinde meydana geldiğini ve kullanılan izolata göre Cardinal çeşidinin daha tolerant olabileceğini bildirmişlerdir. Yine Güler ve Akgül (2020) Prima üzüm çeşidinde 4 farklı *N. parvum* izolatını patojenisite testine tabii tutmuş ve lezyon uzunluklarının 47.4 mm (izolat no: 49) ile 9 mm (izolat no: 84) arasında değiştiğini, lezyon uzunluğu fazla olan 49 nolu izolatu daha virulent olduğunu bildirmişlerdir.

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

Úrbez-Torres ve ark. (2009) Crimson Seedless çeşidine ait 1 yaşındaki fidanla yaptıkları patojenisite çalışmalarında; *Neofusicoccum parvum*'da 178.0-335.7 mm, *Botryosphaeria dothidea* izolatlarında 86.0-277.8 mm; *Diplodia seriata*'da 17.3-148.0 mm arasında lezyon uzunluklarının değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarda patojenik türlerin lezyon oluşturması, yukarıda bahsedilen önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Patojenisite testi sonuçlarına göre herhangi bir lezyon oluşturmayan *Acremonium aegyptiacum*, *A. hyalinum*, *A. fusidioides*, *A.*

sclerotigenum, *Aspergillus piperis*, *Athelia bombacina*, *Epicoccum nigrum*, *Neosetophoma clematidis*, *Fusarium avenaceum*, *Oidiodendron cerealis*, *Penicillium commune*, *Pseudogymnoascus pannorum* ve *Sarocladium strictum* fungusları ile lezyon oluşturan *Cadophora lutea-olivacea*, *Botryosphaeria dothidea*, *Cytospora salicacearum*, *Diatrype stigma* ve *Truncatella angustata* ikili kültür çalışmasında kullanılmak üzere seçilmişlerdir.

Antagonistik etki sonuçları

Çalışmada elde edilen endofitik fungus izolatlarının PDA ortamında, patojenlerle olan etkileşimleri Çizelge 3'de verilmiştir

Çizelge 3. Endofitik fungus türleri ile patojen türlerin kolonileri arasındaki engelleme mesafeleri (mm)

Endofitik türler	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	<i>Cadophora lutea-olivacea</i>	<i>Cytospora salicacearum</i>	<i>Diatrype stigma</i>	<i>Truncatella angustata</i>
<i>Acremonium aegyptiacum</i>	13.0 a	3.7 bc	0.1 cd	2.0 f	2.3 ef
<i>Acremonium fusidioides</i>	3.3 de	3.3 bcd	0.3 bc	2.3 ef	2.0 fg
<i>Acremonium hyalinum</i>	2.0 de	2.3 cd	0.2 cd	3.0 def	4.7 d
<i>Acremonium sclerotigenum</i>	4.3 cd	0.0 e	0.0 d	3.3 cde	4.3 d
<i>Aspergillus piperis</i>	0.4 e	0.0 e	0.0 d	0.1 g	0.4 gh
<i>Athelia bombacina</i>	1.7 de	0.0 e	0.0 d	2.3 ef	6.7 bc
<i>Epicoccum nigrum</i>	10.0 ab	3.7 bc	0.7 a	3.7 bcd	8.7 a
<i>Fusarium avenaceum</i>	13.3 a	1.7 de	0.5 ab	5.0 a	7.0 ab
<i>Neosetophoma clematidis</i>	10.0 ab	6.3 a	0.1 cd	4.3 abc	4.0 de
<i>Oididendron cerealis</i>	7.0 bc	5.0 ab	0.1 cd	4.0 abcd	5.0 cd
<i>Penicillium commune</i>	0.0 e	0.0 e	0.0 d	0.0 g	0.0 h
<i>Pseudogymnoascus pannorum</i>	13.3 a	3.7 bc	0.0 d	4.7 ab	5.3 bcd
<i>Sarocladium strictum</i>	10.0 ab	1.7 de	0.0 d	3.0 def	3.7 def
LSD (0,05)	3.42	1.70	0.31	1.31	1.80

* İstatistiksel olarak farklı harfler ile ifade edilen ortalamalar LSD (0,05) testine göre birbirinden farklıdır.

Çalışmada kullanılan endofitik funguslar *B. dothidea*'nin miseliyal büyümesini 0-13.3 mm arasında, *C. lutea-olivacea*'nin miseliyal büyümesini 0-6.3 mm arasında, *C. salicacearum*'nin miseliyal büyümesini 0-0.7 mm arasında, *D. stigma*'nin miseliyal büyümesini 0-5.0 mm arasında, *T. angustata*'nin miseliyal büyümesini 0-8.7 mm arasında inhibe etmiştir. Patojen fungusları engelleme bakımından

endofitik fungusların etkileri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte patojenlere göre endofitiklerin etkileri değişebilmiştir. *B. dothidea*'nin büyümesini *Acremonium aegyptiacum* (13.0 mm) ve *Pseudogymnoascus pannorum* (13.3 mm) en fazla engellerken, *Penicillium commune* (0.0 mm) ve *Aspergillus piperis*'in (0.4 mm) ise engelleyici özelliklerinin olmadığı görülmüştür. *C. lutea-olivacea*'nin

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

büyümesini *N. clematidis* (6.3 mm) ve *Oididendron cerealis* (5.0 mm) en fazla engellerken *A. sclerotigenum*, *A. piperis*, *A. bombacina* ve *P. commune*'nin ise engelleyici özelliklerinin olmadığı görülmüştür. *C. salicacearum*'nin büyümesini *Epicoccum nigrum* (0.7 mm) ve *Fusarium avenaceum* (0.5 mm) en fazla engellerken *A. sclerotigenum*, *A. piperis*, *A. bombacina*, *P. commune*, *P. pannorum*, *S. strictum*'un engelleyici özelliklerinin olmadığı bulunmuştur. *D. stigma*'nin büyümesini *Fusarium avenaceum* (5.0 mm) ve *Pseudogymnoascus pannorum* (4.6 mm) en fazla engellerken *Penicillium commune* ve *Aspergillus piperis*'in (0.1 mm) ise engelleyici özelliklerinin olmadığı anlaşılmıştır. *T. angustata*'nin büyümesini *Epicoccum nigrum* (8.7 mm) ve *Fusarium avenaceum* (7.0 mm) en fazla engellerken *Penicillium commune* (0.00 mm) ve *Aspergillus piperis*'in (0.36 mm) ise engelleyici olmadıkları saptanmıştır.

Fungal endofitler konukçu bitkilerin büyüme ve gelişmesini teşvik ettikleri gibi böceklerden ve patojenlerden de koruma özelliklerine sahip olabilirler. Bazıları endofitler konukçunun direnç mekanizmasını ve bazı patojenlere karşı var olan savunma genlerinin ekspresyonunu teşvik edebilirler. Ayrıca endofitler, patojenlere karşı önemli bir biyokontrol kaynak olan sekonder metabolitler de üretebilir (Arnold ve ark. 2003; Gwinn ve Gavin 1992; Kongue Tatong ve ark., 2014; Piccolo ve ark., 2015). Endofitik türlerin sekonder metabolit üretme nedeni olarak bitki içerisindeki diğer organizmalarla rekabet etmelerinden de kaynaklanmaktadır (Sturz ve ark., 2000). Birçok araştırmacı *V. vinifera*'larda endofitik fungusların çeşitliliği, etkinliği ve rolleri konusunda çalışmalar yapmıştır (Casieri ve ark., 2009; Mostert ve ark., 2000; González ve Tello 2011). Özellikle son yıllarda *Acremonium*, *Alternaria*, *Epicoccum* ve *Fusarium* türleri üzerindeki çalışmalar yoğunlaşmaktadır.

Piccolo ve ark. (2015), Inzolina üzüm çeşidinde *A. persicinum* ve *A. sclerotigenum* türlerini izole ederek *in vitro*'da *Plasmopara viticola* ile olan antagonistik etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, kullanılan türlerin *P. viticola*'nın sporangium çimlenmesini engellediğini; aynı tür içerisinde farklı izolatların farklı etki derecesine sahip olabileceğini bildirmişlerdir.

Botrytis cinerea, üzümlerde büyük oranda ekonomik kayıplara yol açan hastalıktır. Hastalığın kimyasal mücadelesi olmasına rağmen biyolojik kontrol yöntemleri üzerinde de ciddi araştırmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, ipliksi funguslar tarafından çıkarılan metabolitlerin, *B. cinerea*'ya karşı etkili mücadelede kullanılabileceğini göstermektedir. Antibiyotiklerin, hidrolitik enzimlerin ve antifungal peptitlerin kültürlerinde bulunan metabolit üreticileri, genel olarak *Penicillium* ve *Aspergillus* türlerine aittirler. Bu nedenle *Penicillium* ve *Aspergillus* türleri *B. cinerea*'nın baskılanmasında ciddi bir role sahip olabilir (Diénez ve ark., 2007; Khokhar ve ark., 2011; Jovičić-Petrović ve ark., 2016a). Jovičić-Petrović ve ark. (2016b) tarafından yapılan bir çalışmada; *P. paneum*, *P. chrysogenum* ve *A. fumigatus* türleri *B. cinerea*'nin gelişimini sırasıyla %38.2, %39.8 ve %23.8 oranında engellemiştir.

Del Frari ve ark. (2019) tarafından *Epicoccum* türleri ile Esca sendromuyla ilişkilendirilen patojen türler arasında (*Phaeomoniella chlamydospora*, *P. minimum* ve *Fomitiporia mediterranea*) *in vitro* ve *in vivo*'da antagonistik çalışmalar yapılmıştır. *In vitro* çalışma sonucuna göre, test edilen tüm *Epicoccum* türleri, *P. chlamydospora* ve *F. mediterranea* patojenlerini engellemekte; *P. minimum*'u ise sadece bazı *Epicoccum* türlerinin inhibe ettiğini bildirmişlerdir. *In vivo* çalışmada sera koşullarında Cabernet Sauvignon ile Touriga Nacional çeşitleri kullanılmıştır. *In vivo* çalışmada *P. chlamydospora* ve *P. minimum*'a karşı *Epicoccum layuense* test edilmiştir. Araştırma sonucunda *E. layuense*'nin, üzüm çeşitlerine inoküle olma kabiliyetinin yüksek olduğunu, omca büyümesini etkilenmediği, odun dokuda veya yapraklarda herhangi bir belirtiye neden olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca patojen bulaştırılan ve *E. layuense* tarafından kolonize edilen omcalarda patojen/çesit kombinasyonuna bağlı olarak odun dokudaki belirtilerde %31-82 oranında bir azalma meydana geldiği bildirilmiştir.

Yapılan diğer çalışmalarda; *Epicoccum nigrum*'un *Pomopsis viticola*'ya karşı *in vitro*'da fazla, sera ve arazi koşullarında ise daha az etkili olduğu (Kortekamp, 1997); *Albifimbria verrucaria* endofitik fungusun *B. cinerea*'nin büyümesini inhibe ettiği, *A. verrucaria* kültür ekstraktlarının

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

ise Red Globe üzüm çeşidi yapraklarındaki hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığı (Li ve ark., 2020); *in vitro*'da *Bionectria ochroleuca*, *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium spirochaete*, *Alternaria* sp. ve *Acremonium strictum*'un patojen funguslara karşı etkili olduğu (Cosoveanu ve ark., 2014); *in vitro*'da *Plasmopora viticola*'nın spor çimlenmesini *Acremonium persicium* türünün inhibe ettiği fakat *A. sclerotigenum*'un herhangi bir inhibe edici bir özellik göstermediği (Giambrol ve ark., 2015); hasat sonrası *Botrytis* salkım çürüklüğü üzerine *Metschnikowia pulcherrima* ve *Wickerhamomyces anomalus* türlerinin etkili olduğu (Parafati ve ark., 2015); *in vitro*'da *Aureobasidium pullulans*'ın asma gövde hastalıklarından biri olan *Diplodia seriata*'nın miselyum büyümesini %33.41 oranında azaltabildiği (Pinto ve ark., 2018) yönünde çalışmalar da bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen çalışmalar, endofitik fungusların biyolojik mücadele etmeni olarak kullanılmasının mümkün olabileceğini göstermektedir.

İkili kültür çalışmasına göre en yüksek inhibisyon etkisi gösteren tür *Fusarium avenaceum* (*D. stigma* için 5 mm *B.dothidea* için 13.0 mm;) ve *Epicoccum nigrum* (*T. angustata* için 8.7 mm) olmuştur. Ayrıca biyolojik mücadele kullanım imkânı bakımından diğer umut verici türler ise *A. aegyptiacum*, *N. clematidis*, *O. cerealis* ve *P. pannorum* dur. Yapılan bu çalışma sonucunda; endofitik fungusların, patojenlere karşı önemli bir biyokontrol potansiyeli olduğu kanaatine varılmıştır. Çalışmada kullanılan endofitik fungusların patojen fungusları inhibe etme özelliklerinin nedenlerini belirlemeye yönelik yeni çalışmalar yapılması önerilebilir. Yapılacak çalışmaların endofitik türler ve sekonder metabolit üretimi konusunda olması yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bitkisel materyallerin alındığı Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Merkezi ve Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne; ayrıca bu projeyi destekleyen Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu Başkanlığı'na da (2021/07) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akgül D.S. (2020) Asmalarda fungal gövde hastalıklarının araştırılmasında farklı inokulasyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25 (2): 262-270.
- Arnold, A. E., Mejía, L. C., Kyllö, D., Rojas, E. I., Maynard, Z., Robbins, N., Herre, E. A. (2003) Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Ecology*. 100:15649–15654.
- Aslan, E., Özaktan, H. (2005) Kök bakterileri tarafından konukçu bitkide hastalıklara karşı sistemik dayanıklılığın uyarılması. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 15,1.
- Bacon, C. W. ve White, J. F.(2000) Microbial endophytes. *New York: Marcel Dekker*.
- Beram, R. C., Beram, A., Doğmuş-Lehtijarvi, H. T. (2016) Fungal endofitler ve etkileşimleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 7(2) 161-166.
- Bora, T., Özaktan, H.(1998) Bitki Hastalıklarıyla Biyolojik Savaş. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü. 205 s, İzmir.
- Casieri, L., Hofstetter, V., Viret, O., Gindro, K. (2009) Fungal communities living in the wood of different cultivars of young *Vitis vinifera* plants. *Phytopathol Mediterr*. 48:73–83.
- Cosoveanu, A., Gimenez-Mariño, C., Cabrera, Y., Hernandez, G., Cabrera, R. (2014) Endophytic fungi from grapevine cultivars in Canary Islands and their activity against phytopathogenic fungi. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 7(15), 1497.
- Del Frari, G., Cabral, A., Nascimento, T., Ferreira, R., B., Oliveira, H.(2019) *Epicoccum layuense* a potential biological control agent of esca-associated fungi in grapevine. *PLoS ONE* 14 (3): e0213273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213273>.
- Diánez, F., Santos, M., Tello, J., C.(2007) Suppressive effects of grape marc compost on phytopathogenic oomycetes. *Arch Phytopathol Plant Prot* 40 (1): 1–18.
- Eken, C. ve Demirci, E.(1997) Fungusların biyolojik mücadele kullanımını. *Atatürk*

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

- Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 28(1),138-152.
- Freeman, E. M. (1904) The seed-fungus of *Lolium temulentum*, L., the Darnel. Phill. Trans R. Soc. B 196s,1-27
- Giambal, S., Piccolol, S., Alfonzol, A., Conigliarol G., Llorca, L. V. L., Burruano, S. (2015) Identification of *Acremonium* isolates from grapevines and evaluationism of their antagonism *Plasmopora viticola*. *Annals of Microbiology*. 65:2393-2403.
- González, V., Tello, M. L. (2011) The endophytic mycota associated with *Vitis vinifera* in central Spain. *Fungal diversity*. 47(1), 29-42.
- Gramaje D., Urbez-Torres J. R., Sosnovski M. (2018) Managing grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: current strategies and future prospects. *Plant Dis*. 102: 12-39.
- Güler D., Akgül, D.S. (2020) Tarsus bağ alanlarında *Neofusicoccum parvum*'un yaygınlığı ve bazı sofralık üzüm çeşitlerinin patojene duyarlılıkları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7 (3): 691-698.
- Gwinn, K., D., Gavin, A. M.(1992) Relationship between endophytic infection level of tall fescue seed lots and *Rhizoctonia zeae* seedling disease. *Plant Dis* 76:911–914.
- Jovičić-Petrović, J. S., Jeremić, I., Vučković, S., Vojnović, A., Bulajić, V., Raičević, J., Nikodinovic-Runic, H. (2016a) *Aspergillus piperis* A/5 from plum-distilling waste compost produces a complex of antifungal metabolites active against the phytopathogen. *Pythium aphanidermatum*. Arch Biol Sci. DOI:10.2298/ABS150602016J.
- Jovičić-Petrović, J., Stankovic, I., Bulajic, A., Krstic, B., Kikovic, D., Raicevic, V. (2016 b) Filamentous Fungi Isolated From Grape Marc As Antagonists of *Botrytis cinerea*. *Genetika*, Vol. 48, No.1, 37-48, Doi: 10.2298/Gensr1601037j
- Khokhar, I., Mukhtar, I., Mushtaq, S. (2011) Comparative studies on the amylase and cellulase production of *Aspergillus* and *Penicillium*. *J Appl Sci Environ Manage*. 15 (4): 657 – 661.
- Kongue Tatong, M. D., Talontsi, F. M., Abdel Rahim, H. M. D., Tofazzal Islam, M., Oswald, R. B., Laatsch, H.(2014) Banchromene and other secondary metabolites from the endophytic fungus *Fusarium sp.* obtained from *Piper guineense* inhibit the motility of phytopathogenic *Plasmopara viticola* zoospores. *Tetrahedron Lett* 55:4057–4061
- Kortekamp, A. (1997) *Epicoccum nigrum* LINK: A biological control agent of *Plasmopara viticola* (BERK. et CURT.). *Vitis*. 36(4), 215-216.
- Li, Z., Chang, P., Gao, L., Wang, X.(2020)The Endophytic Fungus *Albifimbria verrucaria* from Wild Grape as an Antagonist of *Botrytis cinerea* and Other Grape Pathogens. *Phytopathology*. 110(4), 843-850.
- Mostert, L., Crous P.W., Petrini, O.(2000) Endophytic fungi associated with shoots and leaves of *Vitis vinifera*, with specific reference to the *Phomopsis viticola* complex. *Sydowia* 52:46–58
- Özaktan, H., Aysan, Y., Yıldız, F. ve Kınay, P.(2010) Fitopatolojide biyolojik mücadele. *Türk Biyolojik Mücadele Dergisi*.1(1),61-78
- Parafati L, Vitale, A., Restuccia, C., Cirvilleri, G.(2015) Biocontrol ability and action mechanism of food-isolated yeast strains against *Botrytis cinerea* causing post-harvest bunch rot of table grape. *Food Microbiol*.47:85–92. doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.013
- Piccolo, S., Alfonzo, A., Giambra, S., Conigliaro, G., Lopez-Llorca, L., Burruano, S.(2015) Identification of *Acremonium* isolates from grapevines and evaluation of their antagonism towards *Plasmopara viticola*. *Annals of Microbiology*. 65, 2393-2403, DOI: 10.1007/s13213-015-1082-5
- Pinto, C., Custódio, V., Nunes, M., Songy, A., Rabenoelina. F., Courteaux, B., Clément, C., Gomes, A.C., Fontaine, F. (2018) Understand the Potential Role of *Aureobasidium pullulans*, a Resident Microorganism From Grapevine, to Prevent the Infection Caused by *Diplodia seriata*. *Front. Microbiol*. 9:3047. doi: 10.3389/fmicb.2018.03047
- Sturz, A. V., Christie, B. R., Nowak, J. (2000) Bacterial endophytes: Potential role in developing sustainable systems of crop production. *Critical reviews in plant sciences*. 19(1):1-30pp
- Sülü, S. M., Bozkurt, İ. A., Soyulu, S. (2016) Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler. *Mustafa*

Asma Anaç ve Çeşitlerinden İzole Edilen Endofitik Fungusların Asma Gövde Hastalıklarıyla İlişkili Bazı Fungal Patojenlere Karşı *In Vitro* Antagonistik Etkileri

- Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 21(1).
- Tjamos, E. C., Papavizas, G. C., Cook, R. J. (1992) Biological control of plant diseases. Progress and challenges for the future. *New York: Plenum Press*.
- Tonial, F., Maia, B. H., Gomes-Figueiredo, J. A., Sobottka, A. M., Bertol, C. D., Nepel, A., Glienke, C. (2016) Influence of Culturing Conditions on Bioprospecting and the Antimicrobial Potential of Endophytic Fungi from *Schinus terebinthifolius*. *Current microbiology*. 72(2), 173-183.
- Trejo-Estrada, S. R., Sepulveda, I. R., Crawford, D. L. (1998) In vitro and in vitro antagonism of *Streptomyces violaceusniger* YCED9 against fungal pathogens of turfgrass. *World Journal Microbiology*, 14:865-872
- Úrbez-Torres J. R., Adams, P., Kamas, J., Gubler, W. D. (2009) Identification, incidence, and pathogenicity of fungal species associated with grapevine dieback in Texas. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60, 497–507.
- Wilson, D. (1995) Endophyte: The evolution of a term, and Clarification of its use and definition 73(2): 274-76
- Yağcı, A., Akgül, D.S., Cangi, R (2023) Dormant asma kalemlerinin endofitik ve patojenik funguslar yönünden incelenmesi. *Bahçe* 52 (Özel Sayı): 309-318



Araştırma Makalesi

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

Melis ÇELİK GÜNEY*¹, Serap GÖNCÜ¹

ÖZ

Hayvansal gıdalardan biri olan süt, zengin besin madde içerikleri nedeniyle zihin ve beden sağlığı için çok önemlidir. Ancak, modern dünyada süt tüketim alışkanlıkları, bireylerin beslenme tercihleri, yaşam tarzları, ekonomik durumları ve sağlık bilinçleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenerek değişim göstermektedir. Bu çalışmada, hayvansal üretim konusunda eğitim alan Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü öğrencilerinin süt tüketim alışkanlıklarını belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla öğrencilere demografik özellikleri ve süt tüketim alışkanlıkları ile ilgili sorular içeren bir anket yapılmıştır. Hayvansal üretim konusunda eğitim alan Zootekni Bölümü öğrencilerinin %85.05'i süt tüketmektedir. Ancak sadece %16.48'i günlük, %28.47'si haftada bir, %47.25'i 2-3 haftada bir süt tükettiğini ifade etmektedir. Günlük süt tüketen öğrencilerin %73.33'ü bir bardak süt tüketmektedir. Ayrıca, öğrencilerin sütle bulaşan hastalık risklerine karşı yeterli bilgiye sahip olmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan ki kare analiz sonucuna göre, annelerin eğitim düzeyi ile öğrencilerin hastalıklar hakkında bilgi sahibi olup olmaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.01$). Bu doğrultuda, hem öğrenciler hem de ebeveynleri için sağlık ve hastalıklar hakkındaki bilgilerini artırmaya yönelik bilgilendirici programlar geliştirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Alışkanlık, anket, öğrenci, süt, süt tüketim.

Determination of Milk Consumption Habits of Students of Animal Science Department, Cukurova University

ABSTRACT

Milk, one of the animal foods, is very important for mental and physical health due to their rich nutritional content. However, in the modern world, milk consumption habits are influenced by various factors such as individuals' dietary preferences, lifestyles, economic status and health awareness. This study aims to determine the milk consumption habits of the students from Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Cukurova University. For this purpose, a survey was conducted to the students, including questions about their demographic characteristics and milk consumption habits. It was found that 85.05% of the students in the Animal Science Department consume milk. However, only 16.48% reported consuming it daily, 28.47% weekly, and 47.25% every 2-3 weeks. Among the students who consume milk daily, 73.33% drink one glass of milk. Furthermore, it was found that the students do not have sufficient knowledge about the risks of diseases transmitted through milk. The chi-square analysis revealed a statistically significant difference between the education level of mothers and the students' knowledge about diseases ($p<0.01$). In this regard, informative programs should be developed for both students and their parents to enhance their knowledge about health and diseases.

Keywords: Habit, survey, student, milk, milk consumption,

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0002-6825-6884, 0000-0002-0360-2723

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 30.07.2024

Kabul Tarihi: 12.11.2024

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana

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

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

Giriş

Bir insanın hayatında üniversite dönemi sosyal, kişisel ve akademik deneyimler ile birlikte önemli açılımlar sağlamaktadır. Bu süreç, gençlerin ilgi alanlarını keşfetmelerine, yeteneklerini geliştirmelerine ve gelecekleri için sağlam bir temel oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Üniversite dönemi birçok genç için aileden ayrılarak kendi başına kararlar aldığı bir süreci kapsar. Bu kararlar, kişisel, sosyal, ekonomik ve psikolojik açıdan geniş bir yelpazeye yayılır. Her karar, bireyin yaşamındaki bir sonraki adımı belirler ve genellikle gelecekteki seçenekleri sınırlar veya açar. Ancak bu kararlarda geçmişten gelen alışkanlıklar önemli yer tutar. Bu alışkanlıklardan biri de beslenmedir. Üniversite döneminde öğrenciler ailelerinden ayrılarak tek başına yaşadıkları için beslenme alışkanlıklarında değişiklikler olabilmektedir (Sağlam ve Yürükçü, 1996; Sevindi ve ark., 2007; Arslan, 1985'den). Hem bireysel sağlık hem de toplum sağlığı açısından önemli bir besin kaynağı olan sütün tüketimi de bu değişimden etkilenebilir.

Süt, A, D, B₁₂, B₂ (riboflavin) vitaminleri ve kalsiyum, fosfor, protein, magnezyum, enerji kaynağı karbonhidrat (laktoz) ve yağ gibi içerikleri nedeniyle zihinsel ve beden sağlığı için çok önemlidir (Miller ve ark., 2004; Scholz-Ahrens ve ark., 2020). Sütün %87'si su olması sebebiyle vücudun sıvı ihtiyacını büyük ölçüde karşılar (Kubicová ve ark., 2019). Beck ve Coad (2017), sütte ana mineraller kalsiyum, fosfor ve potasyum olduğunu ancak demir ve bakırın ise çok daha düşük düzeylerde olduğunu ifade etmektedir. Sütün beslenmede yeri bu kadar önemliyken son yıllarda süt tüketim alışkanlıkları değişiklik göstermektedir.

Süt tüketim alışkanlıklarını etkileyen başlıca faktörlerden birisi beslenme bilinci ve eğitimidir. Ha ve ark. (2009), öğrencilerin erken yaşta beslenme ile ilgili eğitim almaları, süt tüketimi alışkanlıklarını değiştirdiğini gözlemlemiştir. Süt tüketim alışkanlığını etkileyen faktörlerden diğeri tat alma alışkanlıkları ve kişisel tercihlerdir. Tarakçı ve ark. (2003), Derin ve Emdirme (2012), Öztürk ve ark. (2016), öğrencilerin süt tüketmeme sebeplerinden en çok sütün tadını beğenmeme olduğunu

bildirmişlerdir. Bireylerin ekonomik durumu da süt tüketim alışkanlığını etkilemektedir. Durmaz ve ark. (2002), Tarakçı ve ark. (2003), çalışmalarında öğrencilerin sütü pahalı bulması, ekonomik sebeplerden dolayı istenilen oranda sütün tüketilemediğini ortaya koymuşlardır. Terzioğlu ve Bakırcı (2019), yaptıkları anket çalışmasında öğrencilerin yarısından çoğunun süt fiyatlarının süt tüketim alışkanlığını etkileyeceğini bildirmiştir. Aileden gelen beslenme alışkanlıkları ve kültürel etkiler de süt tüketim alışkanlıkları üzerinde etkilidir. Yalçın ve Argun (2017), çalışmasında ankete katılanların çoğunluğu süt tüketim alışkanlığını okul öncesi dönemde kazandığını bildirmişlerdir. Okul öncesi dönemde süt tüketimine önem veren bir ailede yetişen öğrenciler, sonraki yıllarda da bu oranın artırılmasında büyük önem taşımaktadır. Şahinöz ve Özdemir (2017), süt içme alışkanlığı kazanma yaşlarının en çok 0-6 yaş aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Sosyal medya ve reklamlar da süt tüketim alışkanlığını etkilemektedir. Süt ürünleri ile ilgili yapılan tanıtımlar, kampanyalar ve sağlık içerikleri süt tüketimini teşvik etmektedir. Şimşek ve ark. (2005), çalışmasında süt içmenin yeterince teşvik edilmediğini ve sütün teşvik edilmesinin en iyi yolunun radyo ve televizyon olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, hayvansal üretim konusunda eğitim alan Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü öğrencilerinin süt tüketim alışkanlıklarının incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmanın materyalini hayvansal üretim konusunda eğitim alan Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü lisans öğrencilerine yapılan anket verileri oluşturmuştur. Anket formunda öğrencilerin demografik, sosyo-ekonomik özellikleri ve süt tüketim alışkanlıkları ile ilgili sorular yer almıştır. Çalışmanın örneklem hacmi gayeli örnekleme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Zootekni bölümüne kayıtlı aktif 146 adet öğrenciden toplam 107 adet öğrenciye (%73) anket yapılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler SPSS paket programı kullanılarak analiz

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

edilmiştir. Anket verilerinin değerlendirilmesinde ortalama, standart sapma, sayı (n) ve yüzde (%) değerleri, Ki kare (χ^2) testi ve Friedman testi kullanılmıştır. Çalışma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından onaylanmıştır (Tarih: 10.07.2024, Sayı: 1051446).

Bulgular ve Tartışma

Araştırmaya katılan öğrencilerin bazı demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Buna göre araştırmaya katılan öğrencilerin %63.55’inin erkek, %36.45’inin kadın olduğu belirlenmiştir. Öğrencilerin yaş ortalaması 25.91 olup, %69.16’sı 18-24 yaş aralığında, %12.15’i 25-31 yaş aralığında, %18.69’u 32 yaş ve üzerinde yer

almaktadır. Ankete katılan öğrencilerin %22.43’ü düzenli, %58.88’i ara sıra spor yapmakta olup, %18.69’u hiç spor yapmamaktadır.

Öğrencilerin yaşadıkları yerler sorulduğunda %62.61’i evde yaşadığını belirtmiştir. Öğrencilerin ailelerinin yaşadıkları yerler sorulduğunda %89.71’i il merkezinde yaşadığını ifade etmişlerdir. Ailedeki birey sayısına göre bir değerlendirme yapıldığında 4 kişilik aile en yüksek oranda bulunmuştur (%27.10). Ankete katılanların %99.06’sının sütte alerjisi yoktur. Öğrencilerin annelerinin eğitim düzeyi incelendiğinde en yüksek oranda (%35.52) ilkokul mezunu olduğu; babalarının eğitim düzeyi incelendiğinde ise ilkokul ve ortaokul mezunu sayılarının eşit ve en yüksek oranda (%26.17) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Öğrencilerin bazı demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri

Özellikler	Sayı (n)	Yüzde (%)
Cinsiyet		
Kadın	39	36.45
Erkek	68	63.55
Yaş		
18-24	74	69.16
25-31	13	12.15
≥ 32	20	18.69
Öğrenci yaşam yeri		
Ev	67	62.61
Yurt	22	20.56
Aile yanı	17	15.89
Diğer	1	0.94
Birey sayısı		
1	11	10.28
2	11	10.28
3	24	22.43
4	29	27.10
5	19	17.76
6 ve üzeri	13	12.15
Ailenin yaşadığı yer		
İl	96	89.71
İlçe	1	0.94
Köy	10	9.35
Anne eğitim düzeyi		
Okuryazar değil	6	5.60
İlkokul	38	35.52
Ortaokul	18	16.82
Lise	30	28.04

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

Üniversite	15	14.02
Baba eğitim düzeyi		
Okuryazar değil	2	1.87
İlkokul	28	26.17
Ortaokul	17	15.89
Lise	28	26.17
Üniversite	32	29.90
Ailenin gelir durumu (TL)		
<17 000	7	6.54
17 000-29 999	29	27.10
30 000-42 999	20	18.69
43 000-55 999	16	14.96
56 000-68 999	11	10.28
69 000-81 999	7	6.54
≥82 000	17	15.89
Öğrenci gelir durumu (TL)		
<2 000	18	16.82
2 000-3 999	24	22.43
4 000-5 999	20	18.70
6 000-7 999	6	5.60
8 000-9 999	8	7.48
≥10 000	31	28.97
Spor yapma durumu		
Yapmam	20	18.69
Ara sıra yaparım	63	58.88
Düzenli yaparım	24	22.43
Alerji durumu		
Evet	1	0.94
Hayır	106	99.06

Çizelge 1’de verilen ailelerin gelir durumu incelendiğinde %6.54’ünün 17 000 TL altında (2024 yılı asgari ücretin altında), %27.10’unun 17 000-29 999 TL aralığında, %18.69’u 30 000-42 999 TL aralığında, %14.96’sı 43 000-55 999 TL aralığında, %10.28’inin 56 000-68 999 TL aralığında, %6.54’ünün 69 000-81 999 TL aralığında, %15.89’unun ise 82 000 TL ve üzerinde aylık gelire sahip oldukları belirlenmiştir. Öğrencilerin gelir durumu incelendiğinde %16.82’sinin 2 000 TL altında (2024 yılı lisans öğrencileri burs/kredi ücretinin altında), %22.43’ünün 2 000-3 999 TL aralığında, %18.70’inin 4 000-5 999 TL, %5.60’ının 6 000-7 999 TL, %7.48’inin 8 000-9

999 TL, %28.97’sinin ise 10 000 TL ve üzerinde aylık gelire sahip oldukları bulunmuştur.

Ankete katılan öğrencilerin süt tüketim bilgileri Çizelge 2’de yer almaktadır. Bu öğrencilerin %85.05’i süt tüketmektedir. Süt tüketen öğrencinin %16.48’i günlük, %28.57’si haftada bir, %47.25’i 2-3 haftada bir, %7.70’i ayda bir süt tüketmektedir. Günlük süt tüketen öğrencilerin %73.33’ü bir bardak, %13.33’ü iki bardak, %6.67’si üç bardak, %6.67’si dört bardak ve daha fazla süt tükettiği saptanmıştır. Öğrenciler sütü en çok sabah tüketmektedir (%38.46). Öğrencilerin %92.30’u inek sütünü tüketmektedir.

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

Çizelge 2. Öğrencilerin süt tüketim bilgileri

Özellikler		Sayı (n)	Yüzde (%)
Süt tüketme durumu	Evet	91	85.05
	Hayır	16	14.95
En çok tüketilen öğün	Sabah	35	38.46
	Öğlen	16	17.58
	Akşam	27	29.67
	Yatmadan önce	13	14.29
Tüketilen sütün kaynağı	İnek	84	92.30
	Keçi	3	3.30
	Koyun	3	3.30
	Manda	1	1.10
Süt tüketim sıklığı	Günlük	15	16.48
	Haftada bir	26	28.57
	2-3 haftada bir	43	47.25
	Ayda bir	7	7.70
Günlük süt tüketim miktarı	1 bardak	11	73.33
	2 bardak	2	13.33
	3 bardak	1	6.67
	4 bardak ve daha fazlası	1	6.67

Ankete katılan öğrencilerin sütü tüketme ve tüketmeme nedenleri Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre çalışmaya katılan öğrencilerin yarıya yakını (%45.83) tadı hoşuna gitmediği için sütü tüketmediğini belirtmiştir. Tarakçı ve ark. (2003), Derin ve Emdirme (2012), Öztürk ve ark. (2016)'nın farklı üniversitelerde eğitim gören lisans öğrencilerine yaptıkları anket çalışmaları incelendiğinde ankete katılan öğrencilerin sütü sevmeme nedenleri arasında sütün tadı ilk sırada yer almıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerin %31.43'ü sütün kalsiyum

kaynağı olması, kemik ve diş gelişimine olumlu etkisinin olması, %25.30'u vücutlarındaki mineral ve vitamin değerlerini arttırması, %22.04'ü büyüme ve gelişime katkı sağlaması, %20'si hastalıklardan koruması, %1.23'ü aile baskısı nedeniyle sütü tükettiklerini bildirmişlerdir. Platkin ve ark. (2015), Stearns ve Rabinowitz (2021), öğrencilerin en çok sütün kalsiyum kaynağı olması, kemik ve diş gelişimine olumlu etkisinin olması nedeniyle sütü tükettiklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Öğrencilerin süt tüketme ve tüketmeme nedenleri

Özellikler*	Sayı (n)	Yüzde (%)
Süt tüketme nedenleri		
Kalsiyum kaynağı, kemik ve diş gelişimi için	77	31.43
Mineral ve vitamini arttırmak için	62	25.30
Büyüme ve gelişim için	54	22.04
Hastalıklardan koruduğu için	49	20.00
Aile baskısı	3	1.23
Süt tüketmeme nedenleri		
Kokusu hoşuma gitmediği için	5	20.83
Tadı hoşuna gitmediği için	11	45.83
Sindirim sorunu sebebiyle	7	29.17
Alerji nedeniyle	1	4.17

*Birden fazla cevap verilmiştir.

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

Öğrencilerin sütü alırken dikkat ettikleri özelliklere verdikleri yanıtlar Çizelge 4'te verilmiştir. Öğrencilerin sütü alırken dikkat ettikleri en önemli özellikler sırasıyla son kullanma tarihinin geçip geçmemesi, sütün tazeliği ve sütün kalitesi olarak saptanmıştır. Ayhan ve ark. (2018), üniversite öğrencilerine yaptıkları anket çalışmasında öğrencilerin %68'i her zaman sütün son kullanma tarihine dikkat ettiğini belirtmişlerdir. Selçuk ve ark. (2003), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisans Öğrencilerine yaptıkları çalışmada, öğrenciler süt ve süt ürünlerini alırken en çok son kullanma tarihine

dikkat ettiklerini belirtmişlerdir (%47.80). Benzer şekilde Tarakçı ve ark. (2003), lisans öğrencileri süt alırken en fazla (%39.33) sütün son kullanma tarihine dikkat ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada, süt alırken dikkat edilen özelliklerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.01$). Arslan ve ark. (2020), tüketicilerin çiğ süt satın almalarında etkili olan özellikleri inceledikleri çalışmada özelliklerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4. Süt alırken dikkat edilen özellikler

Özellikler	Ortalama	Standart Sapma	Friedman Testi	
			Ortalama Sıralaması	P
Marka	3.13	1.31	3.06	0.000
Son kullanma tarihi	3.94	1.17	5.01	
Yağ oranı	3.29	1.27	3.62	
Ambalaj	2.91	1.34	2.93	
Fiyat	3.43	1.23	3.83	
Kalite	3.84	1.18	4.67	
Tazelik	3.88	1.23	4.88	

1: Hiçbir zaman, 2: Bazen, 3: Ara sıra, 4: Çoğu zaman, 5: Her zaman

Ankete katılan öğrencilerin %30.84'ü süt ile bulaşan hastalıklar hakkında bilgiye sahipken, %69.16'sı bu bilgiye sahip değildir. Terzioğlu ve Bakırcı (2019), ankete katılan lisans öğrencilerinin %26.5'inin, Çetinkaya (2010) ise ankete katılan lisans öğrencilerin %57'sinin süt ile bulaşan hastalıklar hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. Literatür bilgisi ve bu çalışmanın sonuçları öğrencilerin sütle bulaşan hastalık risklerine karşı yeterli bilgiye sahip olmadığını ortaya koymaktadır. Ebeveynlerin eğitim düzeyine göre öğrencilerin süt ile bulaşan hastalıklar hakkında bilgi sahibi olup olmaması arasındaki farklılık ki kare analizi ile tespit edilmiştir. Testin sonucuna göre, annelerin eğitim düzeyi ile öğrencilerin hastalıklar hakkında bilgi sahibi olup olmaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($\chi^2=16.268$, $p<0.01$). Ancak babaların eğitim düzeyi ile öğrencilerin hastalıklar hakkında bilgiye sahip olup olmaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($\chi^2=1.876$, $p>0.05$). Bu doğrultuda, hem öğrenciler hem de

ebeveynleri için sağlık ve hastalıklar hakkındaki bilgilerini artırmaya yönelik bilgilendirici programlar geliştirilmelidir.

Ayrıca öğrencilerin buldukları sınıflar ile öğrencilerin hastalıklar hakkında bilgi sahibi olup olmaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($\chi^2=8.85$, $p<0.05$). Burada en çok süt ile bulaşan hastalıkları bildiğini söyleyen öğrenciler, 4. sınıfta okuyan öğrenciler olduğu saptanmıştır.

Sonuç

Hayvansal üretim konusunda eğitim alan Çukurova Üniversitesi, Zootekni Bölümü öğrencilerinin büyük bir çoğunluğu (%85.05) süt tüketse de, günlük olarak süt tüketenlerin oranı oldukça düşüktür (%16.48). Bu, öğrencilerin süt tüketim alışkanlıklarının düzenli olmadığını göstermektedir. Öğrenciler sütü alırken dikkat ettikleri en önemli özellikler sırasıyla son kullanma tarihinin geçip geçmemesi, sütün tazeliği ve sütün kalitesidir. Bu bulgular, öğrencilerin süt seçerken öncelikli olarak

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

güvenlik ve sağlık faktörlerine önem verdiklerini göstermektedir. Süt üreticileri ve satıcıları bu özelliklere uygun olarak ürünlerini pazarlamaları, öğrencilerin süt tüketimini artırmada etkili olabilir. Bununla birlikte, süt tüketmeyenlerin önemli bir kısmı, tadını beğenmedikleri için süt tüketmemektedir (%45.83). Bu sonuçlar ise öğrencilerin süt tüketim alışkanlıklarını artırmak için tat algısının iyileştirilmesi ve günlük düzenli tüketimi teşvik edici önlemler alınması gerektiğini göstermektedir.

Kaynaklar

- Arslan, P., Pekcan G. (1985). Yurtta kalan yüksek öğrenim gençlerinin beslenme durumları ve sorunları Diabet Yıllığı 4. Temel Matbaası, İstanbul.
- Arslan, Ö., Sevim, A., Güler, D., Saner, G. (2020). İzmir ilinde tüketicilerin çiğ süt satın alma kararlarını etkileyen faktörlerin analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 51(3):279-287.
- Ayhan, N. Y., İplikçi, A. G. G., Şimşek, I. (2018). Üniversite öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketimi üzerine bir araştırma. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi* 6(67):370-380.
- Beck, K. L., Coad, J. (2017). Dairy product (calcium) consumption and iron nutrition. In Watson, R. et al. *Nutrients in dairy and their implications on health and disease*. Cambridge, USA: Academic Press, p. 149-160. ISBN-13: 9780128097625.
- Çetinkaya, A. (2010). Kafkas üniversitesi öğrencilerinin içme sütü ve süt ürünlerini tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi* 5(2):73-84.
- Derin, D. Ö., Emdirme, N. (2012). Selçuk üniversitesi öğrencilerinin süt ve fermente süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Akademik Gıda* 10(4):37-44.
- Durmaz, H., Sağun, E., Tarakçı, Z. (2002). Yüksekökol öğrencilerinin içme sütü tüketim alışkanlıkları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 13(1-2): 69-73.
- Ha, E. J., Caine-Bish, N., Holloman, C., Lowry-Gordon, K. (2009). Evaluation of effectiveness of class-based nutrition intervention on changes in soft drink and milk consumption among young adults. *Nutrition Journal* 8:1-6.
- Kubicová, L., Predanociová, K., Kádeková Z. (2019). The importance of milk and dairy products consumption as a part of Rational Nutrition. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* 13(1):234-243.
- Miller, G. D., Jarvis, J. K., McBean, L. D (2004) Handbook of dairy foods and nutrition. National Dairy Council, CRC Press, New York.
- Öztürk, D., Karakaş, G., Bostancı, Ş. (2016). Determination of influencing factors on milk and milk products of students' consuming preferences (unye pattern). *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi* 4(22):188-198.
- Platkin, C., Yeh, M. C., Estrella, P., MacShane, C., Allinger, D. (2015). Milk consumption and health beliefs and its relation to BMI in college students. *Journal of Obesity & Weight Loss*, 1(002):2-7.
- Sağlam, F., Yürükçü S. (1996). Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Yüksek Okul öğrencilerinin besin tüketim durumu, beslenme alışkanlıkları ve beslenme bilgi düzeylerinin saptanması. *Beslenme Diyet Dergisi* 25(2):16-23.
- Scholz-Ahrens, K. E., Ahrens, F., Barth, C. A. (2020). Nutritional and health attributes of milk and milk imitations. *European Journal of Nutrition* 59: 19-34.
- Selçuk, Ş., Tarakçı, Z., Şahin, K., Coşkun, H. (2003). Yüzüncü yıl üniversitesi lisans öğrencilerinin süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* 13(1): 23-31.
- Sevindi, T., Yılmaz, G., İbiş, S., Yılmaz, B. (2007). Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu öğrencilerinin beslenme ve kahvaltı alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi* 11(3):77-90.
- Stearns, S. F., Rabinowitz, A. N. (2021). Understanding milk consumption habits among college students in order to redesign outreach. *The Journal of Extension* 59(2).
- Şahinöz, S., Özdemir, M. (2017). Üniversite öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim

Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi

- alışkanlıkları ve etkileyen faktörler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 6(4):106-112.
- Şimşek, O., Çetin, C., Bilgin, B. (2005). İstanbul ilinde içme sütü tüketim alışkanlıkları ve bu alışkanlıkları etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(1): 23-35.
- Tarakçı, Z., Selçuk, S., Sahin, K., Coskun, H. (2003). Üniversite öğrencilerinin içme sütü tüketim alışkanlıkları üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi* 13(1):15-21.
- Terzioğlu, M. E., Bakırcı, İ. (2019). Lisans öğrencilerinin süt tüketim alışkanlıklarının ve davranışlarının belirlenmesi. *Gıda* 44(1):163-172.
- Yalçın, M., Argun, M. Ş. (2017). Bitlis Eren üniversitesi sağlık yüksekokulu öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarının ve etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 6(1):51-60.



Research Article

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Tomato-Growing Areas of Muğla

Yaşar Mutlu TÜRKMEN^{1*}, Cengiz KAZAK²

ABSTRACT

This study investigated the effects of tomato plant residues that remained in the field after harvest on the population growth of adult *Tuta absoluta* in open-field tomato growing areas of Muğla province. The research was conducted in Çamköy (Milas, Muğla) and Kızlan (Datça, Muğla) between 2015 and 2017 in a total of four fields, including one field with field cleaning and tillage after harvest and one field without field cleaning and tillage in each location. Pheromone traps were used to determine the development of adult *T. absoluta* populations. During the studies, a total of 3.670 and 5.423 *T. absoluta* adults were captured in Çamköy in the fields with and without field cleaning and tillage, respectively. Based on these findings, the total mean number of *T. absoluta* adults was found to be 159.57 and 235.78, respectively. The difference between the two means was determined to be statistically significant. In Kızlan, another region where sampling was conducted, a total of 3.127 and 5.440 *T. absoluta* adults were captured in fields that underwent post-harvest field cleaning and tilling, respectively. The mean number of adults in these fields was 142.14 and 247.27, respectively, showing a statistically significant difference between the two means. These results indicate that cultural treatments aimed at reducing *T. absoluta* populations in post-harvest production areas effectively decreased pest population density in the following season.

Keywords: *Tuta absoluta*, population, vegetative residue, tomato, Muğla.

Muğla İli Açık Tarla Domates Üretim Alanlarında Hasat Sonrası Bitki Artıkları Temizliğinin Domates Yaprak Güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın Ergin Popülasyon Yoğunluğuna Etkisi

ÖZ

Bu çalışmada, Muğla ilinde açık alanda domates yetiştirilen alanlarda hasat sonrası tarlada kalan domates bitki artıkları ile yabancı otların ergin *Tuta absoluta* (Meyrick)'nın popülasyon gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar, 2015-2017 yılları arasında Çamköy (Milas, Muğla) ve Kızlan (Datça, Muğla)'da, hasat sonrası tarla temizliği ve toprak işlenmesi yapılan bir tarla ile tarla temizliği ve toprak işlenmesi yapılmayan bir tarla olmak üzere toplam dört tarlada yürütülmüştür. Ergin *T. absoluta* popülasyonlarının gelişimini belirlemek için feromon tuzakları kullanılmıştır. Çalışmalar sırasında Çamköy'de tarla temizliği ve toprak işlenmesi yapılan ve yapılmayan tarlalarda sırasıyla toplam 3.670 ve 5.423 *T. absoluta* ergini yakalanmıştır. Bu bulgulara dayanarak, toplam ortalama *T. absoluta* ergin sayısı sırasıyla 159.57 ve 235.78 adet olarak bulunmuştur. İki ortalama arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Örnekleminin yapıldığı bir diğer bölge olan Kızlan'da, hasat sonrası tarla temizliği ve toprak işleme yapılan ve yapılmayan tarlalarda sırasıyla toplam 3.127 ve 5.440 adet *T. absoluta* ergini yakalanmıştır. Bu tarlalardaki ortalama ergin sayısı sırasıyla 142.14 ve 247.27 adet olarak gerçekleşmiş ve iki ortalama arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu sonuçlar, hasat sonrası üretim alanlarında *T. absoluta* popülasyonlarını azaltmayı amaçlayan kültürel uygulamaların bir sonraki sezonda zararlı popülasyon yoğunluğunu azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 03.10.2024

Kabul Tarihi: 15.11.2024

¹ Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ar-Ge Birimi, Menteşe/Muğla

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana

*E-posta: y.mutlutarckmen@gmail.com

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

Anahtar kelimeler: *Tuta absoluta*, popülasyon, bitki artıkları, domates, Muğla.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-6683-9392, 0000-0002-2810-0244

Introduction

The tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) is a major pest that poses a significant threat to tomato crops worldwide, including Turkey (Desneux et al., 2010; Silva et al., 2015; Nouri-Ganbalani et al., 2016). This pest can cause significant damage to both the yield and quality of tomatoes by tunnelling into leaves, stems and fruit, creating feeding galleries. These galleries can lead to secondary infections and significant economic losses (Harizanova et al., 2009; Cuthbertson et al., 2013, Aygel and Aslan, 2023). *T. absoluta* was first identified in Turkey from tomato plants in İzmir in 2009, and since then various studies have reported different levels of damage to tomatoes in almost all regions of the country (Kılıç, 2010; Erler et al., 2010; Karut et al., 2011).

Since the identification of *T. absoluta* in Turkey, intensive chemical control measures have been implemented to manage its population. Insecticide applications targeting this pest, which adversely affects both field and protected tomato production, were basis counted weekly and subsequently increased to every three days (Nouri-Ganbalani et al., 2016; Polat et al., 2016). Although these chemical methods demonstrate short-term efficacy in suppressing pests, their frequent use has resulted in several significant problems, including pesticide residues on crops, environmental pollution and the development of resistance in the pest to the insecticides used (Siqueira et al., 2000; Lietti et al., 2005; Desneux et al., 2010).

Several control methods can serve as alternatives to chemical control, one of which is cultural methods (Chhetri, 2018, Walgenbach, 2018). This approach involves the manipulation of artistic practices within the crop production process to reduce or eliminate pest arthropod populations. Cultural methods encompass a variety of strategies, ranging from straightforward interventions, such as adjusting sowing or planting dates to mitigate pest infestations, to more intricate approaches that

involve reorganizing the spatial and temporal dimensions of an agroecosystem, as well as employing resistant crop varieties (EPPO, 2005; Silva et al., 2015).

An important cultural practice is the disposal of plant residues following the growing season, which role is critical in mitigating pest populations. This practice significantly aids in minimizing potential economic losses attributed to pests in subsequent growing seasons (Bashyal et al., 2022). By physically removing and appropriately disposing of infested plants, growers can effectively disrupt the pest's life cycle, consequently decreasing the number of overwintering stages that persist and reproduce. This disruption not only influences the reproductive cycle of the pest but also diminishes its population density, lowering the risk of future infestations (Cloyd and Herrick, 2022).

The effects of these preventive measures are often observed in the following growing season (Capinera 2001). By eliminating *T. absoluta*-infested plant material, growers can reduce the initial pest load, resulting in lower incidence rates and less damage to new crops. The effectiveness of this strategy is enhanced when combined with other control measures, such as biological control agents and targeted insecticides, creating a more robust and resilient pest management system. Consequently, the removal of infected plant material not only contributes to immediate pest control but also enhances the long-term sustainability of tomato production by minimizing the risk of recurrent infestations and supporting healthier crop development in the following season (Dara, 2019). In this context, the removal and destruction of pest-infested plant residues from the production area, along with deep tillage, play an important role in controlling *T. absoluta* (EPPO, 2005).

Due to its extensive host range, *T. absoluta* is capable of persisting in both natural and agricultural environments, even in the absence of

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

specific host plants. In addition to its impact on cultivated species, this pest is also known to feed on various weeds (EPPO, 2009; Straten et al., 2011; Ögür et al., 2014; Polat et al., 2015). Moreover, the presence of plant residues remaining in production areas post-harvest plays a vital role in sustaining the pest's biology by offering essential habitats and protection from adverse climatic conditions (Tores et al., 2001). Furthermore, studies have shown that removing and properly disposing of leaves and other plant parts infested with *T. absoluta* can effectively reduce the incidence of damaged fruit (Estay, 2000; Illakwahhi and Sarivastava, 2017). Therefore, this study investigates the impact of plant residues left in the field after harvest in the tomato production areas of Muğla province on the adult population development of *T. absoluta*. The aim is to highlight the role of cultural practices in enhancing overall pest control efforts.

Material and Method

This study investigated the effects of tomato plant residues remaining in the field after harvest on the population growth of adult *T. absoluta* in open field tomato growing areas of Muğla province. The research was conducted in four different fields located in Çamköy (altitude: 177 m, 37.192312° N, 27.827447° E; altitude: 150 m, 37.195441° N, 27.795141° E, Milas, Muğla) and Kızlan (altitude: 20 m, 36.758438° N, 27.69291° E; altitude: 29 m, 36.761625° N, 27.678263° E, Datça, Muğla). Each study site included a tomato growing area with field cleaning, post-harvest tillage, and another area without these practices.

In Çamköy, the treatments were applied on plots of 2 da each, while in Kızlan, they were used on plots of 7 da with cleaned crop residues and 10 da with uncleaned residues.

In the designated study areas, tomato seedlings were planted on 23.04.2015 in Çamköy and harvested between 2 July and 10 August 2015. In Kızlan, the seedlings were planted on 30.07.2016 and harvested between 18 October and 10 December 2016. The spatial distance between the fields for both treatments was 2 km in Çamköy and 6 km in Kızlan. All vegetation was retained through the sampling period in fields where tomato plants and weeds were not removed after the harvest. In contrast, deep plowing was initially conducted in fields where vegetation was cleared post-harvest, followed by the collection and incineration of all remaining vegetation.

To follow *T. absoluta* adult population development, specially prepared 1 m long platforms were used in the middle of tomato growing areas; delta trap tables were placed 60 cm above the ground; 1 pheromone capsule (0.76 mg. E3, Z8, Z11-tetradecatrienyl acetate+0.04 mg E3, Z8-tetradecadienyl acetate, Chemtica Internacional, S.A., importer: SMC A.Ş., Turkey) were placed (Figure 1). According to the producer's recommendation, pheromone capsules were replaced with new ones every eight weeks. The adults caught in the traps were counted weekly, the trap plate was cleaned and insect trapping gum (Polyisobutylene, SMC Blapi, Manufacturer: SMC İlaç Kimya Yapı San. ve Tic. A.Ş.) was applied.

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

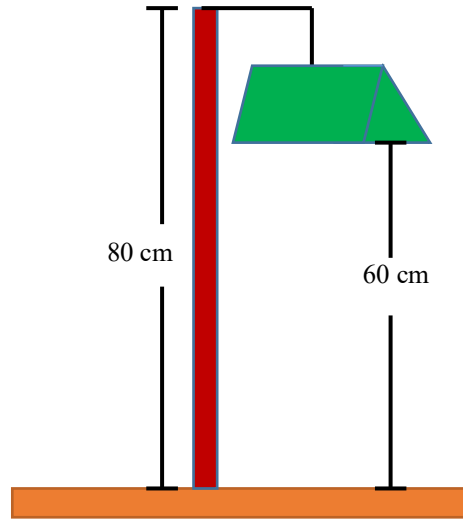


Figure 1. Trap used for monitoring *Tuta absoluta* adult population development

In Çamköy, traps were set on 26.10.2015 and adult sampling was carried out for 23 weeks. In Kızlan, traps were first set on 28.10.2016 and adult sampling was carried out for 22 weeks. The first sampling was carried out one week after trap installation (Çamköy: 2.11.2015, Kızlan: 3.11.2016) to monitor the development of the adult *T. absoluta* population. Trap counts were continued weekly and the number of adult individuals was recorded.

Data Analysis

A two-way factorial analysis of variance was conducted on the data, considering two factors: location (Çamköy and Kızlan) and treatment (with and without post-harvest cleaning). After the analysis of variance, if a statistical difference was identified between the factors, the difference between the means was assessed using an independent t-test. Logarithmic transformation was applied to the data before statistical analysis, and the original data was presented in the evaluations.

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

Results and Discussion

The number of adult individuals of *T. absoluta* caught in pheromone traps were not statistically different between Çamköy and Kızlan (F: 0.903; df: 1; P: 0.345). However, the total mean number of *T. absoluta* in fields with and without post-harvest cleaning were statistically different (F: 9.371; df: 1; P: 0.003). The interaction between

the two factors (location x treatment) was not statistically significant (F: 0.042; df: 1; P: 0.837). The population growth of adult *T. absoluta* caught in pheromone traps during the sampling periods of 2015-2016 in Çamköy and 2016-2017 in Kızlan is shown in Figures 2 and 3.

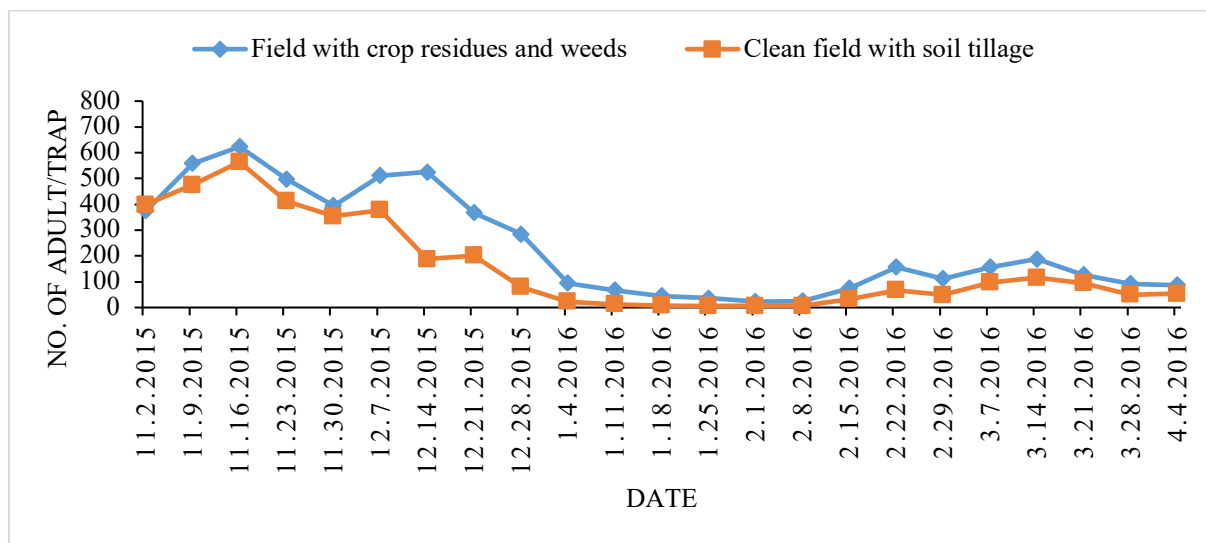
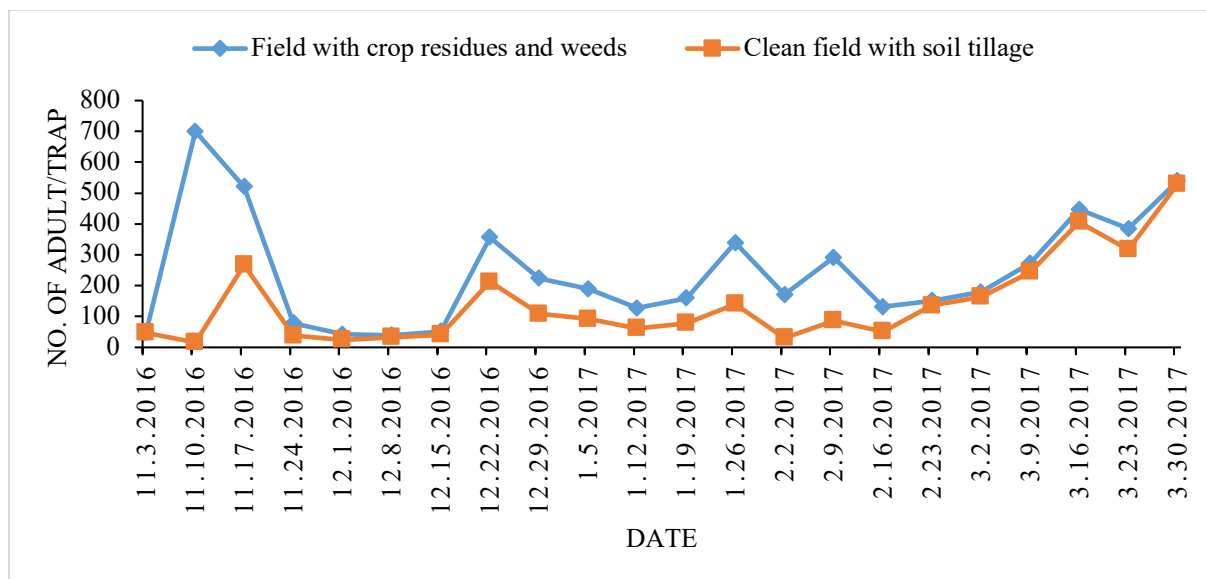


Figure 2. Population development of *Tuta absoluta* in a field with and without tomato plant residues and weeds in Çamköy (Milas, Muğla) between 2015 and 2016



The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

Figure 3. Population development of *Tuta absoluta* in a field with and without tomato plant residues and weeds in Kızlan (Datça, Muğla) between 2016-2017

Weekly sampling of adults trapped in the fields revealed that 3.670 *T. absoluta* adults were caught in Çamköy in fields with post-harvest cleaning and tillage, while 5.423 adults were captured in fields without these practices. Consequently, the total mean number of *T. absoluta* adults was 159.57 in the cleaned fields and 235.78 in the uncultivated fields. The difference between these means was statistically significant (t: 2.039; df: 44; P: 0.047).

In the field where cleaning and soil tillage were conducted after the harvest/production season, the lowest *T. absoluta* adult population was recorded at six adults/trap on 25.01.2016, and the highest adult population was recorded at 564 adults/trap on 16.11.2015. In the fields where no cleaning and tillage were performed after the harvest/production season, the lowest *T. absoluta* adult population was observed at 23 adults/trap on 01.02.2016 in Çamköy. In comparison, the highest adult population was observed at 623 adults/trap on 16.11.2015 (Table 1).

Table 1. Highest and lowest *Tuta absoluta* adult densities and dates of occurrence in clean fields with harvest residues + weeds and tillage in Çamköy (Milas) and Kızlan (Datça)

Locations	Highest population				Lowest population			
	With harvest residue		Without harvest residue		With harvest residue		Without harvest residue	
	Date	No. of adults	Date	No. of adults	Date	No. of adults	Date	No. of adults
Çamköy	16.11.2015	623	16.11.2015	564	01.02.2016	23	25.01.2016	6
Kızlan	10.11.2016	700	30.3.2017	529	08.12.2016	39	10.11.2016	16

In Kızlan, another tomato growing area where sampling was conducted, a total of 3.127 and 5.440 *T. absoluta* adults were caught in the fields with and without post-harvest field cleaning and tillage, respectively. According to these results, the total mean number of adult individuals was 142.14 and 247.27, respectively, and the difference between the two means was statistically significant (t: 2.436; df: 42; P: 0.019). The lowest *T. absoluta* adult population was 16 adults/trap on 10.11.2016 and the highest adult population was 529 adults/trap on 30.3.2017. These tomato-growing areas were where field cleaning and tillage were done after the harvest/production season. In the growing areas where no field cleaning and tillage was done after the harvest/production season, the lowest *T. absoluta* adult population was 39 adults/trap on 08.12.2016 and the highest adult

population was 700 adults/trap on 10.11.2016 (Table 1).

When evaluating the total *T. absoluta* population density in the context of fields with cleaned crop residues and fields with uncleaned crop residues,

the statistical analysis revealed that the treatments in both locations showed similar results and were not statistically different based on location. When the treatments conducted in Çamköy and Kızlan were evaluated separately, the population density of adult *T. absoluta* was found to be statistically lower in the plots where crop residues had been removed. Based on these results, the population density of *T. absoluta* was found to be 47.77% and 73.97% higher in Çamköy and Kızlan, respectively, in the growing areas where field cleaning and tillage were not carried out during the production season/after

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

harvest than in the areas where cleaning and tillage were carried out.

In light of the findings from the study, a significant difference in *T. absoluta* population densities was observed between the two fields

These plant residues at the end of the cropping season have an important role in the control of *T. absoluta*. It has been reported that these processes can be executed through the incineration of plant residues, their burial in the soil, or by encasing them in an airtight manner using transparent plastic wrap, followed by exposure to elevated temperatures to facilitate their decomposition (Illakwahhi and Sarivastava (2017).

In the case of *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lep.,: Gelechiidae), which shares similar biological characteristics with *T. absoluta* regarding overwintering, it was observed that removing plant stems and other residues after harvest in cotton production areas effectively reduced the pest population in the following season (Chu et al., 1996). Similarly, Attique et al. (2000) found that plowing post-harvest plant residues into cotton production areas reduced *P. gossypiella* adult population/emergence by 33% compared to leaving them on the soil surface. In addition to mixing the plant residues into the soil, it was

where post-harvest plant residues were removed and tillage practices were implemented, in contrast to the fields where these practices were not applied. Illakwahhi and Sarivastava (2017) reported that plant residues infested with *T. absoluta* in tomatoes provide an important habitat for overwintering the pest and destroying.

reported that shredding them was more effective in reducing the adult population pest emergence. Estay (2000) reported that removing leaves infested with *T. absoluta* from the growing area greatly reducing the adult population.

Based on the results obtained from four relatively independent small tomato fields, it was concluded that removing and eradicating plant residues infested with *T. absoluta* significantly contributed to the reduction of the adult population of this pest in the subsequent growing season. It is hypothesized that a similar large-scale study focused on of removing plant residues across broader areas post-harvest will yield a comparable decrease in the adult population of *T. absoluta* in the following season. Furthermore, by integrating this method with other environmentally sustainable control strategies, it may be possible to achieve a more effective and sustainable management of *T. absoluta* (Başpınar et al., 2014).

References

- Attique, M. R., Ahmad, M. M., Ahmad, Z., Rafiq, M., 2001. Sources of carry-over and possibilities of cultural control of *Pectinophora gossypiella* (Saunders) in the Punjab, Pakistan. *Crop Protection*, 20: 421-426.
- Aygel, G., Aslan, M. M., 2023. Mersin ili tarla koşullarında yetiştirilen farklı domates çeşitlerinde Domates güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın popülasyon yoğunluğu ve bulaşıklık oranı. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(1): 27-37.
- Bashyal, S., Poudel, D, Gautam, B., 2022. A review on cultural practice as an effective pest management approach under integrated pest management, *Tropical Agroecosystems*, 3(1): 34-40.
- Başpınar, H. Yıldırım, E. M., Şenel, M., 2014. Domates güvesi, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın mücadelesinde zararlı ile bulaşık yaprakların ortamdan uzaklaştırılması ve azadirachtin uygulamasının birlikte etkisinin araştırılması. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5 (2): 111-120.
- Capinera, J., 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, New York.
- Chhetri, L. B., 2018. Tomato Leafminer (*Tuta absoluta*) an emerging agricultural pest:

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

- Control and management strategies: A Review. *World Scientific News*, 114: 30-43.
- Chu, C. C., Henneberry, T. J., Weddle, R., C., Natwick, E., T., Carson, J., R., Valenzuela, C., Birdsall, S., L., Staten, R., T., 1996. Reduction of Pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) populations in Imperial Valley, California, following mandatory short-season cotton management systems. *Journal Economic Entomology*, 89: 175-182.
- Cloyd, R. A., Herrick, N. J., 2022. The case for sanitation as an insect pest management strategy in greenhouse production systems. *Journal of Entomological Science*, 57(3): 315-322.
- Cuthbertson, A.G.S., Mathers, J.J., Lisa, F., Blackburn, L.F., Anastasia Korycinska, A., Luo, W., Jacobson, R.J. and Northing, P., 2013. Population development of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under simulated UK glasshouse conditions. *Insects*, 4: 185-197.
- Dara, S. K., 2019. The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1):1-9.
- Desneux N., Wajnberg E., Burgio G., Arpaia S., Wyckhuys K. A. G., Narváez-Vasquez C. A., González-Cabrera J., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Urbaneja, A., 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83: 197–215.
- EPPO, 2005. *Tuta absoluta*. Data sheets on quarantine pests. *EPPO Bulletin*, 35: 434-435.
- EPPO, 2009. Pests and diseases. In European and Mediterranean Plant Protection Organisation Reporting Service. <http://archives.eppo.org/EPPOreporting/2009/Rse-0908.pdf> (Erişim tarihi: 11 Mart 2015).
- Erlor, F., Can, M., Erdogan, M., Ates, A. O., & Pradier, T., 2010. New record of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on greenhousegrown tomato in southwestern Turkey (Antalya). *Journal of Entomological Science*, 45(4): 392-393.
- Estay, P., 2000. The South American tomato pinworm *Tuta absoluta* (Meyrick). <http://www.inia.cl/link.cgi/Platina/Documentos/DPlatina/Informativos/1367> [accessed on 1 October 2024] (in Spanish).
- Harizanova, V., Stoeva, A., Mohemedova, M., 2009. Tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) first record in Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*, 1 (3): 95-98.
- Illakwahhi, D., T., Saristava, B., B., L., 2017. Control and Management of tomato leafminer - *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) A review. *Journal of Applied Chemistry*, 10 (6) 1: 14-22.
- Karut, K., Kazak, C., Döker, İ., Ulusoy, M.R., 2011. Mersin ili domates seralarında Domates yaprak galeri güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)'nın yaygınlığı ve zarar durumu. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35 (2): 339-447.
- Kılıç, T., 2010. First record of *Tuta absoluta* in Turkey (Meyrick, 1917). *Phytoparasitica*, 38 (3): 243-244.
- Lietti, M.M.M., Botto, E. and Alzogaray, R.A., 2005. Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34(1):113-119.
- Nouri-Ganbalani, G., Shahbaz, M., Fathi, S., A., A., 2016. Life history and life table parameters of the *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on twelve commercial tomato cultivars under laboratory conditions. *Journal of Crop Protection*, 5 (2): 273-282.
- Öğür, E., Ünlü, L., Karaca, M., 2014. *Chenopodium album* L.: A new host plant of *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae). *Türk Entomoloji Bülteni*, 4 (1): 61-65.
- Polat, B., Özpınar, A., Şahin, A. K., 2015. Çanakkale ilinde domates güvesi [*Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)]'nin konukçuları ve bulaşma

The Impact of Post-Harvest Removal of Vegetative Residues on the Adult Population Density of the Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in the Tomato-Growing Areas of Muğla

- oranının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 55 (4): 331-339.
- Polat, B., Özpınar, A., Şahin, A.K., 2016. Studies of selected biological parameters of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick.) (Lepidoptera: Gelechiidae) under natural conditions. *Phytoparasitica*, 44: 195-202.
- Silva, D.B., Bueno, V.H.P., Jr. Lins, C.J., Van Lenteren, J.C., 2015. Life history data and population growth of *Tuta absoluta* at constant and alternating temperatures on two tomato lines. *Bulletin of Insectology* 68 (2): 223-232.
- Siqueira, H., Alvaro A., Guedes, R., & Picanço, M. (2000). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural Forest Entomology*, 2: 147-153.
- Straten, V.M.J., Potting, R.P.J., Linden, A., 2011. Introduction of the tomato leafminer *Tuta absoluta* into Europe. *Proceeding of the Netherlands Entomological Society Meeting*, 22: 23-30.
- Torres, J. B., Faria, C. A., Evangelista, W. S., Pratisoli, D., 2001. Within-plant distribution of the leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. *International Journal Pest Management*, 47: 173-178.
- Walgenbach, J. F., 2018. Integrated Pest Management Strategies for Field-Grown Tomatoes. *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*: 323-339.



Araştırma Makalesi

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Esra ÇAKIR*¹

ÖZ

Bu çalışma, 2018-2019 buğday yetiştirme sezonunda, Akdeniz'e kıyısı olan 5 ülkeye ait (Cezayir, Fas, Suriye, Tunus ve Türkiye) 1296 adet yerel makarnalık buğday genotipinin agro-morfolojik, dane ve kalite özelliklerinin saptanması amacıyla Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma alanında alfa latis deneme desenine göre iki tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. İncelenen özelliklerle ilgili veriler kullanılarak yapılan varyans analizi sonuçları, incelenen özelliklerin makarnalık buğday genotiplerinin orijin ülkelerine göre istatistiki olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışmada; yerel makarnalık buğday genotiplerinde başaklanma süresinin 120.20-122.34 gün, bitki boyunun 96.04-114.40 cm, üst boğum arası (pedinkul) uzunluğunun 24.72-27.58 cm, başak uzunluğunun 7.47-8.63 cm, başaktaki başakçık sayısının 23.95-25.19 adet, başakta dane sayısının 41.25-50.84 adet, başakta dane ağırlığının 1.83-2.35 g ve bin dane ağırlığının 41.76-48.84 g arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırma bulguları, incelenen makarnalık buğday genotiplerinin incelenen özellikler açısından geniş bir varyasyon gösterdikleri, bu bulguların ışığında söz konusu genotiplerin küresel iklim değişiklikleri ile uyumluyeni makarnalık buğday çeşitlerinin geliştirilebilmesi için gen kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Makarnalık Buğday, Yerel Çeşit, Akdeniz Ülkeleri, Agro-morfolojik Özellikler, Varyasyon

Characterization of Agro-Morphological Traits of Local Durum Wheat (*Triticum durum* L.) Genotypes Collections from Five Mediterranean Countries under Adana Conditions

ABSTRACT

This study was carried out in the 2018-2019 wheat growing season to determine the agro-morphological, grain and quality traits of 1296 local durum wheat genotypes from 5 Mediterranean coastal countries (Algeria, Morocco, Syria, Tunisia and Turkey) according to the alpha lattice design with two replications in Çukurova University Faculty of Agriculture Field Crops Research Area, using an alpha lattice design with two replications. Results of the study showed that the number of days to heading for local durum wheat varied from 120.20 to 122.34 days, plant height ranged from 96.04 to 114.40 cm, peduncle length ranged from 24.72 to 27.58 cm, spike length ranged from 7.47 to 8.63 cm, spikelet number per spike varied from 23.95 to 25.19, grain number per spike ranged from 41.25 to 50.84, grain weight per spike ranged from 1.83 to 2.35 g, and the TKW ranged from 41.76 to 48.84 g. Results of the variance analysis indicated that the origin countries of genotypes statistically significant affected the examined traits. From the results of the study, it was concluded that the studied genotypes indicating significant variations in the studied agro-morphological traits could serve as a genetic resource for developing new durum wheat varieties adapted to global climate changes.

Keywords: Durum Wheat, Local Variety, Mediterranean Country, Agro-morphological Traits, Variation

ORCID ID 0000-0002-8948-2485

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi:12.09.2024

Kabul Tarihi: 18.11.2024

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye

* Sorumlu Yazar: ecakir@cu.edu.tr

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Giriş

Makarnalık buğday (*Triticum turgidum* L.) yıllık 40 milyon tonun üzerindeki üretimiyle dünya çapında en önemli onuncu üründür (Sall ve ark., 2019). İrmik, makarna, kuskus, bulgur ve Akdeniz geleneğinin diğer birçok yemeğine hammadde sağlayan ana kaynaktır (Oliveira ve ark., 2012). Buğdayın kültüre alınması yaklaşık 10.000 yıl önce, İsrail, Ürdün, Lübnan, Suriye Türkiye topraklarını oluşturan, Fırat ve Dicle Nehri arasında Irak ve İran'a uzanan 'Verimli Hilal' denilen bölgede gerçekleşmiştir (Özkan ve ark., 2005). Dünyada başlıca ticari olarak yetiştirilen buğdaylar ekmeklik (*Triticum aestivum* L.) ve makarnalık (*Triticum durum* L.) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Tetraploid buğdaylar makarnalık grubu olarak bilinmektedir. Farklı iki genoma sahip olan bu gruptaki buğdayların kromozom sayısı $2n=28$ 'dir. Buğday tanesi, beslenme ve sağlığa faydalı proteinler, karbonhidratlar ve karotenoidler gibi çok sayıda bileşik içeren temel bir gıdadır (Kimball ve ark., 2001). Dünyada buğday ekili alanların %8-10'unda makarnalık buğday yetiştirilmekte olup, geri kalan alanlarda ekmeklik buğday tarımı yapılmaktadır (Hanson ve ark., 1982). Tetraploid buğdayın yetiştirildiği başlıca bölgeler Güney Avrupa, Doğu Asya ve Kuzey bölgeler dahil olmak üzere Akdeniz bölgesini kapsamaktadır. Diğer üretim alanları Kuzey Amerika ve Kanada'nın yanı sıra Orta Avrupa, Orta Doğu ve Güney Avustralya'dır. Akdeniz Havzası dünya çapında en büyük üretim alanı ve Kuzey Afrika en büyük ithalat pazarıdır (Bonjean ve ark., 2016). Dünyada yaşanan küresel iklim krizinin ülkemiz dahil tüm dünyada makarnalık buğday üretimini de etkileyeceği ve bu etkinin azaltılması için mevcut genetik kaynakların değerlendirilmesi gerektiği birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Mevcut gen kaynaklarının en önemlilerinden birisi de yerel makarnalık buğday populasyonlarıdır. Bu populasyonlar yıllar öncesinden farklı araştırmacılar tarafından toplanmış ve belli başlı tohum gen bankalarında korumaya alınmıştır. Ancak yerel makarnalık buğday

populasyonlarının karakterizasyon çalışması yoğun emek gerektirmesi nedeniyle göz ardı edilmiş ve karakterizasyon çalışmaları azalmıştır. Son yıllarda gen bankalarındaki bu yerel populasyonların fenotipik ve genotipik olarak karakterize edilmesi ve makarnalık buğday ıslah çalışmalarında kullanılması planlanmaktadır. Dünyada buğdayın makarna şeklinde tüketimi, ekmek şeklinde tüketimine oranla artmaktadır. Makarnanın uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmesi, çeşitliliği, kolayca hazırlanması, lezzeti, besleyici ve ekonomik bir gıda maddesi olması tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Makarnalık buğday, Akdeniz bölgesindeki başlıca tahıl ürünüdür ve çoğunlukla makarna üretiminde kullanılır. Makarnalık buğday çeşitlerinin geliştirilmesinde elde edilen başarılarla rağmen, son yıllarda ortalama tahıl verimi 1950'lerden 1990'lara kadar kaydedilen hızda artmamıştır (Calderini ve Slafer, 1998; Conway ve Toenniessen, 1999; De Vita ve Maggio, 2006; Patrignani ve ark., 2014; Okur ve Aktaş, 2024). Durum buğdayında yetersiz verimin, özellikle de kurak ortamlarda verim potansiyeli ile gerçek verim arasındaki farktan sorumlu temel faktörlerden biri olduğu kabul edilmiştir (Tollenaar ve Lee, 2002, Cattivelli ve ark., 2008). Islahçılar, yüksek verim ve geniş adaptasyon yeteneğine sahip çeşitler geliştirmeyi hedeflemektedirler (Duvick ve ark., 2004). Makarnalık buğday genotipinin verim stabilitesi, farklı lokasyonlarda gösterdiği yıllar içindeki tutarlılıkla, adaptasyon ise genotipin farklı koşullara uyum sağlama yeteneği ile tanımlanır (Barah ve ark., 1981; Lin ve Binns, 1988; Evans, 1993; Romagosa ve Fox, 1993; Simmonds, 1991; Ceccarelli, 1996). Genotip ve çevre etkileşimi (GÇ), verim dalgalanmalarına yol açmakta ve bu durum genotiplerin değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, belirli koşullarda yüksek verim potansiyeline sahip genotipler dar bir adaptasyon yeteneğine sahipken, sabit verim gösterenler geniş adaptasyona sahiptir. Verim stabilitesindeki mekanizmalar üzerine yapılan çalışmalar yetersiz kalmaktadır (Lin ve Binns,

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

1988; Hamid ve Grafius, 1978). Bununla birlikte, buğdayda ve özellikle makarnalık buğdayda yeni çeşitlerin piyasaya sürülmesiyle verim stabilitesinin ne ölçüde değiştirildiğini belirleyen niceliksel analizler mevcut değildir. Kullanılan bu istatistiksel yöntemler, regresyon eğimi, regresyondan sapma ve çevresel varyans gibi tek değişkenli parametrik modellerden toplama ana etkisi ve çarpımsal etkileşim gibi çok değişkenli modellere kadar uzanır (Finlay ve Wilkinson, 1963; Eberhart ve Russell, 1966). Bu araştırma; Türkiye ve farklı Akdeniz ülkelerinden toplanmış olan yerel buğday populasyonlarından seçilen ve kendilenmiş olan makarnalık buğday genotiplerinde bazı agro-morfolojik özelliklerini karakterize etmek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve yöntem

Bitki materyalleri ve yetiştirme koşulları

Çalışmada ICARDA gen bankasından temin edilen 1296 adet yerel makarnalık buğday popülasyonu materyal olarak kullanılmıştır. Bu popülasyonların her birisinden popülasyonu temsilen bir genotip seçilmiş ve iki defa tek tohum soy yöntemi ile homozigot hale getirilmiştir. Bu genotiplerden 540 adedi Türkiye, 211 adedi Cezayir, 225 adedi Suriye, 233 adedi Tunus ve 87 adedi Fas orijinlidir. Çalışma ile ilgili tarla denemesi 2018-2019 yetiştirme sezonunda, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama alanında yürütülmüştür. Makarnalık buğday genotipleri, alfa latis deneme desenine göre 2 tekerrürlü olarak

20 cm sıra aralıklı 2.5 m uzunluğundaki 6 sıradan oluşan 3 m²'lik (2.5 m x 1.2 m) parsellere el ile 2-3 cm derinliğe ekilmiştir. Her sıraya yaklaşık 40-50 civarında tohum ekilmiştir. Ekim işlemi 26.11.2018 tarihinde yapılmıştır. Deneme alanına dekara toplam 16 kg saf N ve 8 kg P₂O₅ gelecek şekilde gübreleme yapılmıştır. Deneme parsellerinde düzenli olarak yabancı ot kontrolü yapılmış ve hasat el ile yapılmıştır.

İncelenen agro-morfolojik özellikler

Deneme parsellerinde; başaklanma süresi, bitki boyu, pedinkul uzunluğu, başak uzunluğu, fertil başakçık sayısı, toplam başakçık sayısı, başakta dane sayısı, başaktaki dane ağırlığı ve bin dane ağırlığı gibi agro-morfolojik özellikler Genç (1974) tarafından açıklanan yöntemlere göre incelenmiştir.

Verilerin değerlendirilmesi

İncelenen tüm özellikler için varyans analizi (ANOVA) ve tanımlayıcı analizleri sırası ile RBio (Bhering, 2017), JASP (<https://jasp-stats.org/>) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Başaklanma süresi

İncelenen genotipler için saptanan başaklanma süresi değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları başaklanma süresinin genotiplere bağlı olarak önemli farklılık göstermediğini ortaya koymuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başaklanma süresi (gün) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	2420.92	2.6117
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	841.85	0.9082
Genotip (düzeltilmiş)	1295	959.18	1.0348
Hata	1225	926.94	
CV (%)	24.85436		

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde; ortalama başaklanma süresinin orijin ülkelere göre 120.20 ile 122.34 gün arasında değiştiği, en kısa başaklanma süresine sahip makarnalık buğday

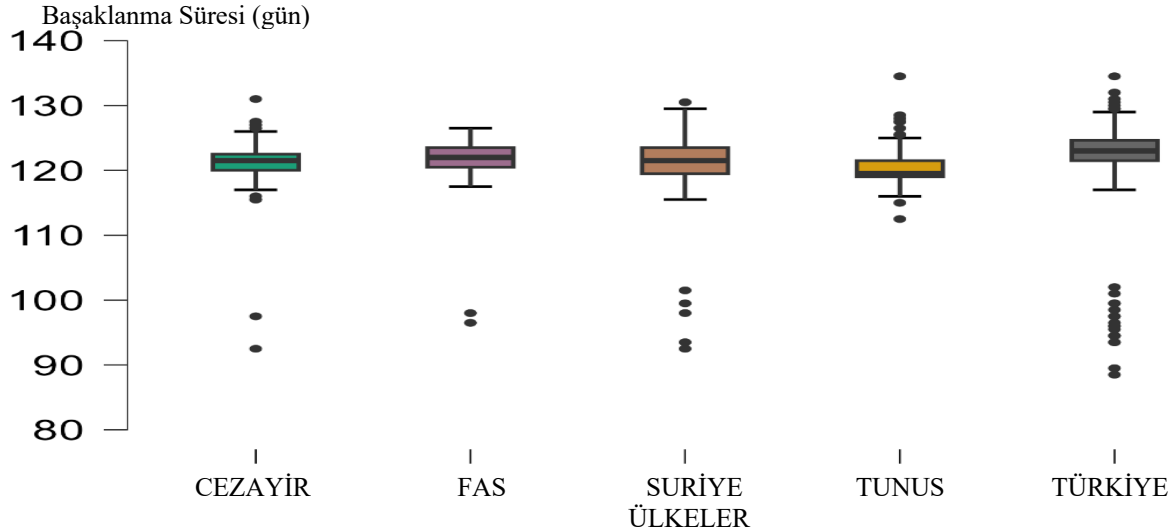
genotipinin 88.50 gün ile Türkiye, en uzun başaklanma süresine sahip genotiplerin ise 134.50 gün ile Türkiye ve Tunus orijinli genotipler olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başaklanma süresi (gün) ile ilgili istatistikî değerler

	Başaklanma Süresi (gün)				
	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	121.16	121.45	121.12	120.20	122.34
Standart Sapma	3.48	4.21	4.54	2.21	5.54
Minimum	92.50	96.50	92.50	112.50	88.50
Maksimum	131.00	126.50	130.50	134.50	134.50

Başaklanma süresi özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde genotiplerin orijinlerinden kaynaklı varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 1). Damania ve ark. (1996), Türkiye'nin 28 ilinin, 172 lokasyonundan topladıkları yerel makarnalık buğday hatlarından seçilen 2420 adet tek başak örneğini, 9 özellik bakımından ICARDA'da değerlendirdikleri araştırmalarında; Türkiye makarnalık buğdaylarında başaklanma süresi açısından önemli varyasyonlar tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, inceledikleri yerel

buğdaylar içinde buğday ıslah programlarında yararlanılabilecek hem iyi hem de kötü çevreler için hedeflenen erken başaklanan materyaller olduğunu rapor etmişlerdir. Başaklanma süresi ile ilgili elde ettiğimiz bulgular Damania ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara yakın bulunduğu, ancak bazı farklılıkların da bulunduğu, bunun nedeninin çalışmada kullanılan genotiplerin farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotiplerinin başaklanma süresi (gün) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Bitki Boyu

İncelenen genotiplerde saptanan bitki boyu değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları

bitki boyunun genotiplere bağlı olarak $P < .001$ seviyesinde istatistiki olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde bitki boyu (cm) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	114.59	4.652 *
Blok/Tekerrür(düzeltilmiş)	70	75.92	3.082 ***
Genotip (düzeltilmiş)	1295	260.4	10.573 ***
Hata	1225	24.6	
CV (%)	4.827618		

***: $P < .001$ hata sınırları içerisinde önemli

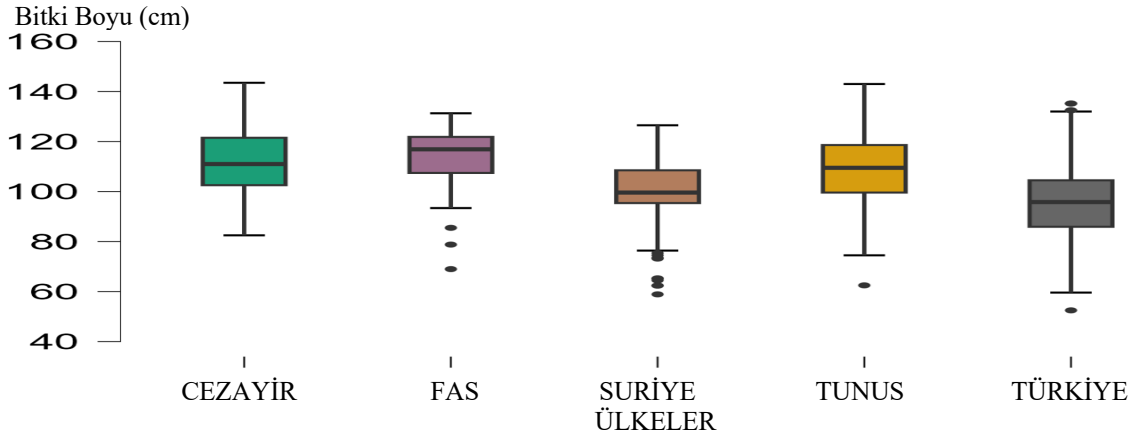
Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde; ortalama bitki boyunun 96.04 ile 114.40 cm arasında değiştiği, en uzun bitki boyuna sahip makarnalık buğday genotipinin 143.50 cm ile Cezayir, en kısa bitki boyuna sahip genotipin ise 52.50 cm ile Türkiye orijinli olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bitki boyu özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde genotiplerin orijinlerinden kaynaklı geniş bir varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 2). Doğan ve Çetiz (2015) makarnalık buğdayda yapmış oldukları çalışmada bitki boyunun 88.2-112.9 cm arasında değiştiğini saptamalarına karşılık, Kara ve ark. (2008), makarnalık buğday genotiplerinin bitki boyunun 84.5-118.7 cm arasında değiştiğini

belirlemişlerdir. Öner ve ark. (2024), Diyarbakır ili koşullarında aşırı sıcak ve kurak geçen sezonda, makarnalık buğday genotiplerinin yağışa dayalı ve ilave sulama yapılan koşullarında, yağışa dayalı koşulda yetiştirilen buğday genotiplerinin ortalama bitki boyunu, 53.18 cm olarak ölçerken, ilave sulama yapılan koşulda yetiştirilen buğday genotiplerinin ortalama bitki boyunu ise 87.96 cm olarak ölçtüklerini belirtmişlerdir. Bu değerlerin çalışmayla yakın bulunduğu, ancak bazı farklılıkların da bulunduğu bunun nedeninin çalışmada kullanılan genotiplerin ve lokasyonların farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır

Çizelge 4. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde bitki boyu (cm) ile ilgili istatistiki değerler

	Bitki Boyu (cm)				
	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	111.81	114.40	99.91	109.14	96.04
Standart Sapma	13.09	11.36	12.51	13.65	14.30
Minimum	82.50	69.00	58.90	62.50	52.50
Maksimum	143.50	131.30	126.50	143.00	135.20

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi



Şekil 2. Araştırmada incelenen yerel makarnalık buğday genotiplerinde bitki boyu (cm) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Üst Boğum Arası Uzunluğu (Pedinkul)

İncelenen genotiplerde saptanan üst boğum arası (pedinkul) uzunluk değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları, üst boğum arası uzunluğunun

genotiplere bağlı olarak $P < .001$ seviyesinde istatistiki olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde üst boğum (pedinkul) arası uzunluğu (cm) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	40.450	8.8621 **
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	3.288	0.7205
Genotip (düzeltilmiş)	1295	37.848	8.2921 ***
Hata	1225	4.564	
CV (%)		7.982929	

***: $P < .001$ hata sınırları içerisinde önemli

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde ortalama üst boğum arası (pedinkul) uzunluğunun 24.72 ile 27.58 cm arasında değiştiği, en uzun üst boğum arası uzunluğuna sahip makarnalık buğday

genotipinin 45.20 cm ile Türkiye orijinli, en kısa üst boğum arası uzunluğuna sahip genotipin ise 11.00 cm ile yine Türkiye orijinli olduğu görülmektedir (Çizelge 6).

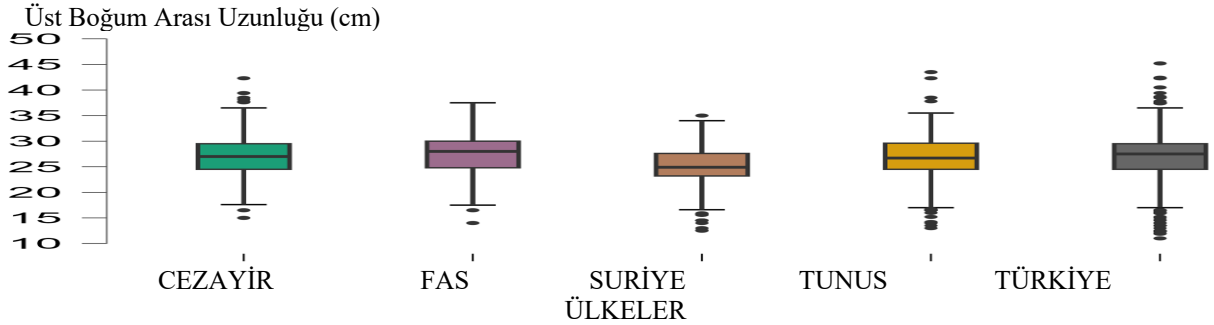
Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 6. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde üst boğum (pedinkul) arası uzunluğu (cm) ile ilgili istatistiki değerler

	Üst Boğum Arası Uzunluğu (cm)				
	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	27.14	27.58	24.72	26.92	27.02
Standart Sapma	4.35	4.78	4.19	4.99	5.21
Minimum	15.00	14.00	12.50	13.00	11.00
Maksimum	42.30	37.50	35.00	43.50	45.20

Üst boğum arası (pedinkul) uzunluğu özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde genotiplerin orijinlerinden kaynaklı geniş bir varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 3). Durmaz ve Aktaş (2023), bazı makarnalık buğday genotipleri ile yaptıkları çalışmada üst boğum aralığı uzunluğu

ortalamasının 27.60 cm olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotiplerinde saptanan üst boğum arası değerleri Durmaz ve Aktaş (2023)'in elde ettiği değerler ile benzerlik göstermiştir.



Şekil 3. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotipine ait üst boğum arası (pedinkul) uzunluğu (cm) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Başak Uzunluğu

İncelenen genotiplerde saptanan başak uzunluğu değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları başak uzunluğunun genotiplere bağlı

olarak $P < .001$ seviyesinde istatistiki olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başak uzunluğu (cm) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	165.443	698.9584 ***
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	0.801	3.3838 ***
Genotip (düzeltilmiş)	1295	2.952	12.473 ***
Hata	1225	0.237	
CV (%)	5.956716		

***: $P < .001$ hata sınırları içerisinde önemli

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde ortalama başak uzunluğunun 7.47 ile 8.63 cm arasında değiştiği, en uzun başak uzunluğuna sahip makarnalık buğday genotipinin 13.78 cm ile

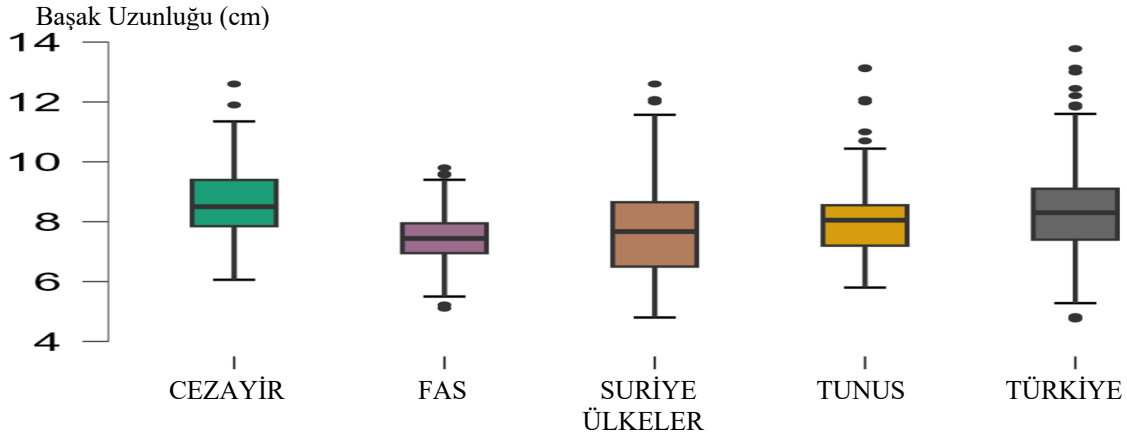
Türkiye, en kısa başak uzunluğuna sahip genotipin ise 4.75 cm ile yine Türkiye orijinli olduğu görülmektedir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başak uzunluğu (cm) ile ilgili istatistik değerler

	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	8.63	7.47	7.78	8.06	8.30
Standart Sapma	1.11	0.94	1.58	1.18	1.27
Minimum	6.06	5.11	4.80	5.80	4.75
Maksimum	12.60	9.80	12.60	13.14	13.78

Başak uzunluğu özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde ülkelerin bulunduğu coğrafya ve genotiplerin orijinlerinden kaynaklı geniş bir varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 4). Başkonuş ve ark. (2022) yapmış oldukları araştırmada makarnalık buğday genotiplerinde başak uzunluğunun 6.96-8.82 cm arasında değişiklik gösterdiğini, en kısa başak uzunluğu ZDM209 (6.96 cm) genotipinden elde edilirken,

en uzun başak uzunluğunu Burgos (8.82 cm) çeşidinden elde etmiş olduklarını bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan yerel makarnalık buğdaylarından elde edilen değerler, Başkonuş ve ark (2022)'nin elde ettiği değerler ile benzerlik göstermiştir. Başak uzunluğu bakımından oluşan farklılıkların incelenen genotiplerin farklılığından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotiplerinde başak uzunluğu (cm) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Başaktaki Toplam Başakçık Sayısı

Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde saptanan başaktaki toplam başakçık sayısı değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçları yerel makarnalık buğday

genotiplerinin başakta toplam başakçık sayısı açısından $P < .001$ seviyesinde istatistik olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 9).

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 9. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başaktaki toplam başakçık sayısı (adet) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	762.47	593.8188 ***
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	3.13	2.4364 ***
Genotip (düzeltilmiş)	1295	11.39	8.8731 ***
Hata	1225	1.28	
CV (%)	4.566818		

***: P < .001 hata sınırları içerisinde önemli

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde ortalama başaktaki toplam başakçık sayısının 23.95 ile 25.19 adet arasında değiştiği, en fazla başaktaki toplam başakçık sayısına sahip

makarnalık buğday genotipinin 49.44 adet ile Türkiye orijinli, en az başaktaki toplam başakçık sayısına sahip genotipin ise 15.90 adet ile Tunus orijinli olduğu saptanmıştır (Çizelge 10)

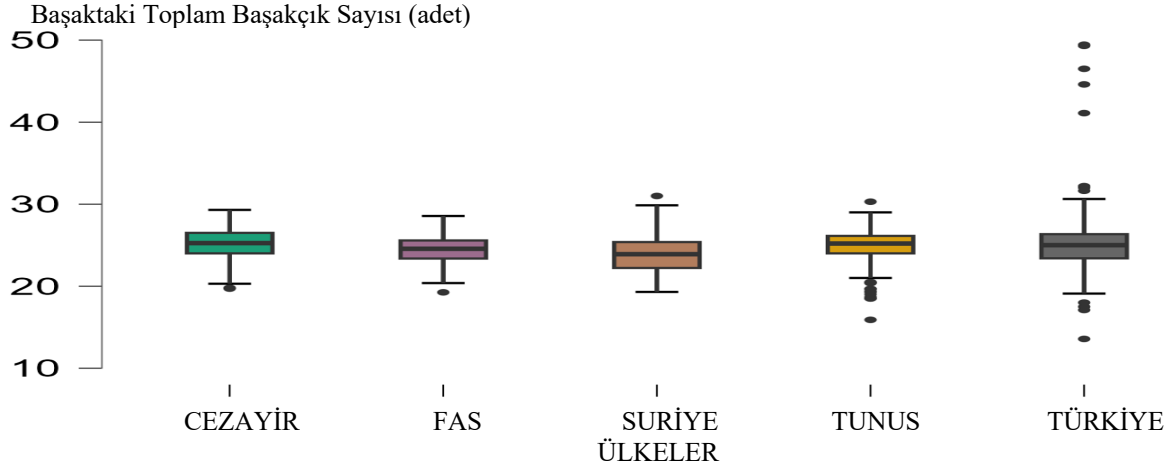
Çizelge 10. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başaktaki toplam başakçık sayısı (adet) ile ilgili istatistiki değerler

	Başaktaki Toplam Başakçık Sayısı (adet)				
	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	25.19	24.55	23.95	24.92	25.03
Standart Sapma	1.78	1.81	2.34	2.03	3.03
Minimum	19.70	19.25	19.30	15.90	13.57
Maksimum	29.30	28.56	31.00	30.30	49.44

Başaktaki toplam başakçık sayısı özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde; ülkelerin bulunduğu coğrafya ve genotiplerin orijinlerinden kaynaklı geniş bir varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 5). Sözen ve Yağdı (2005), Bursa şartlarında geliştirilmiş bazı makarnalık buğday çeşitlerinin agronomik karakterlerini belirlemek amacıyla yürüttükleri iki yıllık

çalışmada, başakta başakçık sayısı ortalamasının 18.3-20.9 adet arasında değiştiğini bulmuşlardır. Başaktaki toplam başakçık sayısı ile ilgili elde ettiğimiz bulgular Sözen ve Yağdı (2005) tarafından yapılan çalışmada saptanan değerlerden daha yüksek olduğu, bunun nedeninin çalışmada kullanılan genotiplerin farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi



Şekil 5. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotiplerinde başaktaki toplam başakçık sayısı(adet) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Başakta Dane Sayısı

İncelenen makarnalık buğday genotiplerinde saptanan başakta dane sayısı değerlerine

uygulanan varyans analizi sonuçları, başakta dane sayısı değerinin genotiplere bağlı olarak $P < .001$ seviyesinde istatistiki olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 11).

Çizelge 11. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başakta dane sayısı (adet) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	11348.5	597.0008 ***
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	53.4	2.8089 ***
Genotip (düzeltilmiş)	1295	157.1	8.2662 ***
Hata	1225	19.0	
CV (%)	9.442271		

***: $P < .001$ hata sınırları içerisinde önemli

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde ortalama başakta dane sayısının 41.25 ile 50.84 adet arasında değiştiği, en fazla başakta dane sayısına sahip makarnalık buğday genotipinin

87.33 adet ile Suriye orijinli, en az başakta dane sayısına sahip genotipin ise 15.50 adet ile Türkiye orijinli olduğu görülmektedir (Çizelge 12).

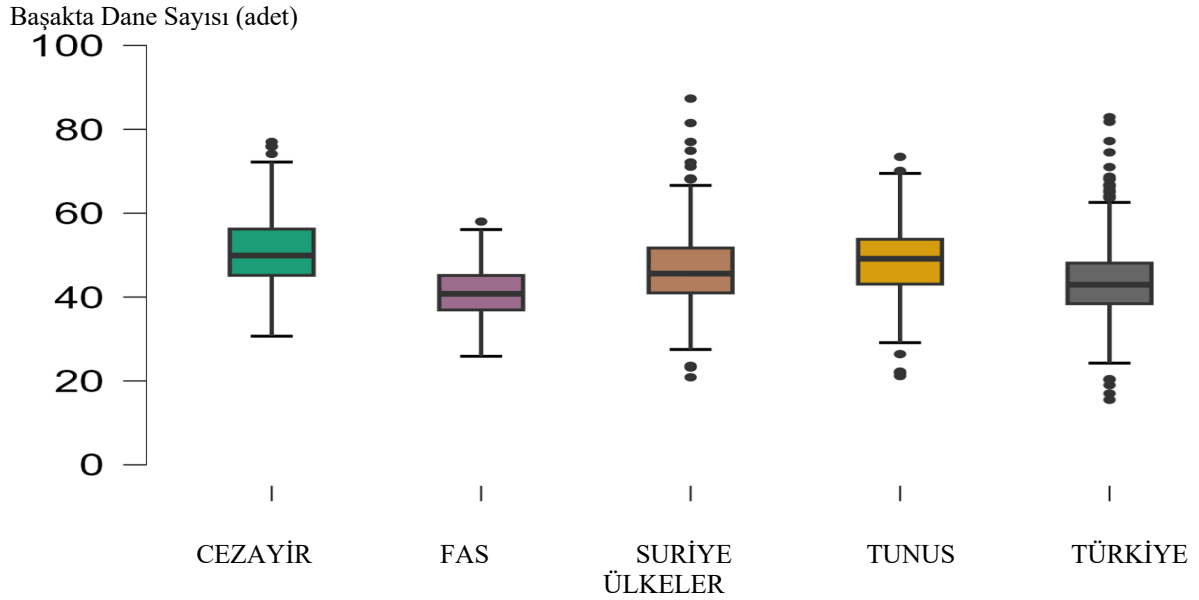
Çizelge 12. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başakta dane sayısı (adet) ile ilgili istatistiki değerler

	Başakta Dane Sayısı (adet)				
	CEZAYİR	FAS	SURIYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	50.84	41.25	46.97	48.68	43.73
Standart Sapma	8.92	6.18	9.88	9.20	9.22
Minimum	30.67	25.88	20.87	21.17	15.50
Maksimum	77.00	58.00	87.33	73.44	82.90

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Başakta dane sayısı özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde genotiplerin orijinlerinden kaynaklı geniş bir varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 6). Akgün ve ark. (2011), 2004-2006 yılları arasında Isparta koşullarında bazı ekmeklik (Altay-2000 ve Gün-91) ve makarnalık (Kundur-1149 ve Kızıltan-91) buğday çeşitlerinin uygun ekim zamanını belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmalarında elde ettikleri iki yıllık sonuçlara göre başaktaki tane sayısı ortalamasını 36.87 adet olarak

hesaplamışlardır. Ekim zamanının geç olmasının verimi olumsuz yönde etkilediğini ve araştırmalarındaki çeşitler arasında Altay-2000 (ekmeklik) çeşidinin ön plana çıktığını ortaya koymuşlardır. Başakta dane sayısı ile ilgili elde ettiğimiz bulgular Akgün ve ark. (2011) tarafından saptanan sonuçlara yakın olduğu, ancak bazı farklılıkların da bulunduğu bunun nedeninin çalışmada kullanılan genotiplerin ve denemelerin yürütüldüğü ekolojik koşulların farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır



Şekil 6. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotipinde başakta dane sayısı (adet) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Başakta Dane Ağırlığı

Araştırmada incelenen makarnalık buğday genotiplerinde saptanan başakta dane ağırlığı değerleri kullanılarak yapılan varyans analizi

sonuçları başakta dane açısından $P < .001$ seviyesinde istatistiki olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 13).

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 13. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başakta dane ağırlığı (g) ile ilgili varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	30.7263	538.6392 ***
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	0.2038	3.5727 ***
Genotip (düzeltilmiş)	1295	0.7056	12.370 ***
Hata	1225	0.0570	
CV (%)	11.90126		

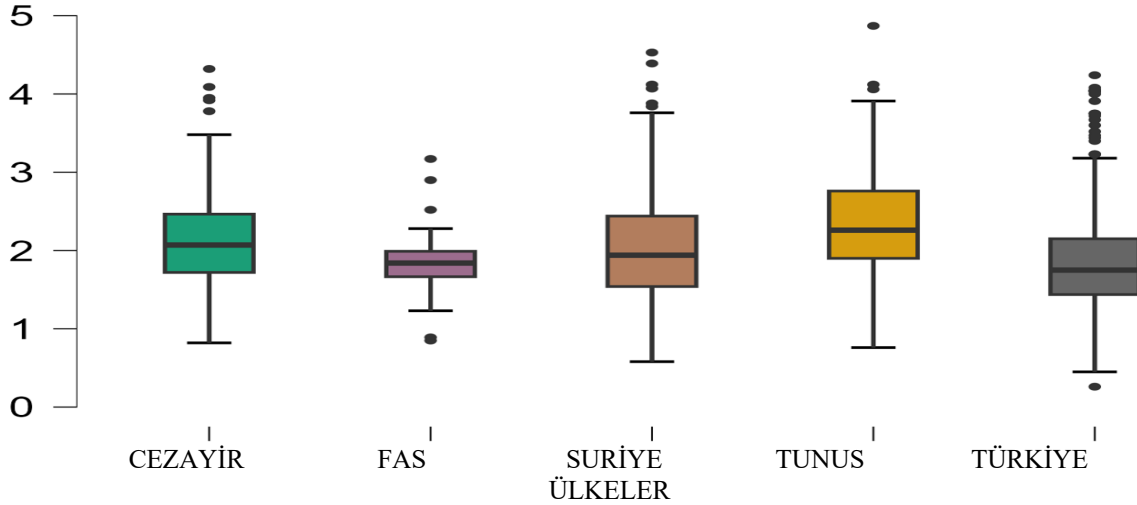
***: P < .001 hata sınırları içerisinde önemli

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde ortalama başakta dane ağırlığının 1.83 ile 2.35 g arasında değiştiği, en fazla başaktaki dane ağırlığına sahip makarnalık buğday genotipinin 4.87 g ile Tunus orijinli, en az başaktaki dane ağırlığına sahip genotipin ise 0.26 g ile Türkiye orijinli olduğu görülmektedir (Çizelge 14).

Çizelge 14. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde başakta dane ağırlığı (g) ile ilgili istatistik değerler

	Başakta Dane Ağırlığı (g)				
	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	2.14	1.85	2.02	2.35	1.83
Standart Sapma	0.61	0.33	0.69	0.68	0.65
Minimum	0.82	0.85	0.58	0.76	0.26
Maksimum	4.32	3.17	4.53	4.87	4.24

Başakta Dane Ağırlığı (g)



Şekil 7. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotiplerinde başakta dane ağırlığı (g) dağılımını gösteren boxplot grafiği

Başakta dane ağırlığı (g) özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde genotiplerin orijinlerinden kaynaklı varyasyonun olduğu görülmektedir

(Şekil 7). Çetin ve Ayrancı (2021) tarafından yapılan bir çalışmada farklı makarnalık buğday genotiplerinde başakta dane ağırlığının 0.86-1.37

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

g arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada saptanan başakta dane ağırlığı değerlerinin Çetin ve Ayrancı (2021) tarafından saptanan değerlerden farklı olduğu, bunun nedeninin çalışmada

kullanılan genotiplerin ve denemelerin yürütüldüğü ekolojik koşulların farklı olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır

Bin Dane Ağırlığı

Araştırmada incelenen genotiplerde saptanan bin dane ağırlığı değerleri kullanılarak yapılan varyans

analizi sonuçlarına göre, bin dane ağırlığı genotiplere bağlı olarak $P < .001$ seviyesinde istatistiki olarak farklılık göstermiştir (Çizelge 15)

Çizelge 15. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde bindane ağırlığı (g) ile ilgili varyans tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Kareler Ortalaması	F- Değeri
Tekerrür	1	385.03	26.3045 ***
Blok/Tekerrür (düzeltilmiş)	70	17.48	12.1100 ***
Genotip (düzeltilmiş)	1295	141.50	9.6673 ***
Hata	1225		
CV (%)		8.865511	

***: $P < .001$ hata sınırları içerisinde önemli

Tanımlayıcı istatistik tablosu incelendiğinde ortalama bin dane ağırlığının 41.76 ile 48.84 g arasında değiştiği, en fazla bin dane ağırlığına sahip makarnalık buğday genotipinin 79.32 g ile

Tunus, en az bin dane ağırlığına sahip genotipin ise 21.47 g ile Türkiye orijinli olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 16).

Çizelge 16. Farklı ülkelerden toplanmış yerel makarnalık buğday genotiplerinde bindane ağırlığı (g) ile ilgili istatistiki değerler

	Bin Dane Ağırlığı (g)				
	CEZAYİR	FAS	SURİYE	TUNUS	TÜRKİYE
İncelenen Genotip Sayısı	211	87	225	233	540
Ortalama	41.76	45.32	42.23	48.84	41.23
Standart Sapma	7.97	8.03	8.99	10.80	8.64
Minimum	24.71	29.00	23.74	24.23	21.47
Maksimum	72.08	70.42	70.14	79.32	69.64

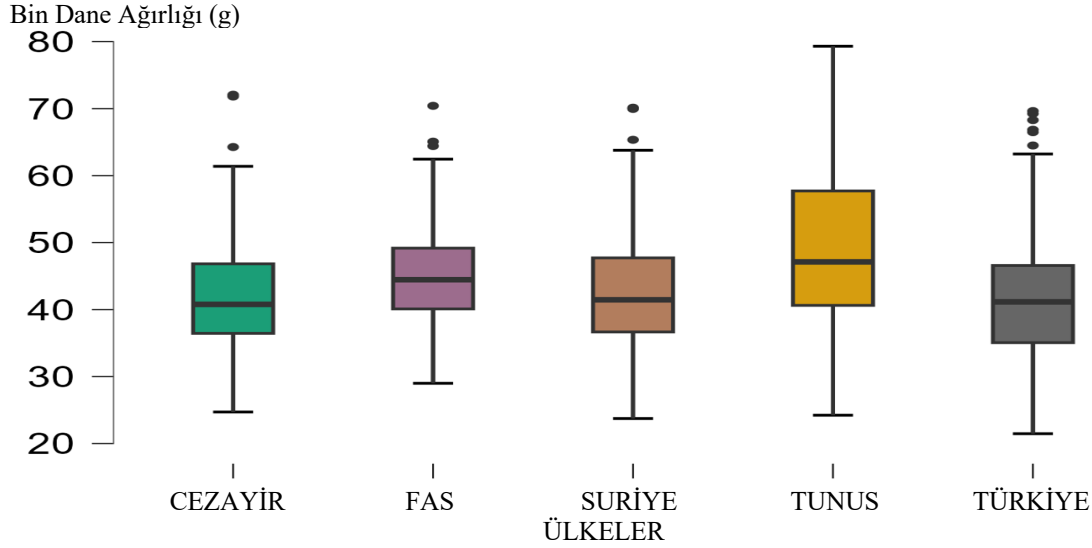
Bin dane ağırlığı özelliği ile ilgili boxplot grafiği incelendiğinde genotiplerin orijinlerinden kaynaklı varyasyonun olduğu görülmektedir (Şekil 8). Yazar ve Karadoğan (2008), 1999-2000 ve 2000-2001 yetiştirme sezonunda Ankara'da, taban ve kıraç arazide iki yıl süren bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmalarında 8 adet makarnalık buğday çeşidini ve iki ıslah hattını

materyal olarak kullanmışlardır. Araştırmalarında hat ve çeşitlerin bin dane ağırlıklarının 38.60-47.87 g aralığında değiştiğini saptamışlardır. Aydoğan ve ark. (2012) Konya'da 2006/07-2007/08 ürün yıllarında bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kuru ve sulu koşullardaki verim potansiyellerini incelemek amacıyla kuru koşullarda Kızıltan-91, Kunduru-1149, Mirzabey-

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

2000 ve Altıntaş çeşitlerini; sulu koşullarda ise Meram-2002, Kümbet-2000, Yelken-2000, Ç-1252 ve Selçuklu-97 çeşitlerini test etmişlerdir. Kuru koşullarda incelenen genotiplerin bin dane ağırlıklarının 36.08-38.00 g arasında değiştiğini saptamışlardır. Sulu koşullarda ise bin tane

ağırlığının 33.45-40.14 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bin dane ağırlığı ile ilgili elde ettiğimiz bulgular Yazar ve Karadoğan (2008) ile Aydoğan ve ark. (2012)'nin bulgularına yakın olduğu ancak bazı farklılıkların da bulunduğu (genotip-çevre kaynaklı) sonucuna varılmıştır.



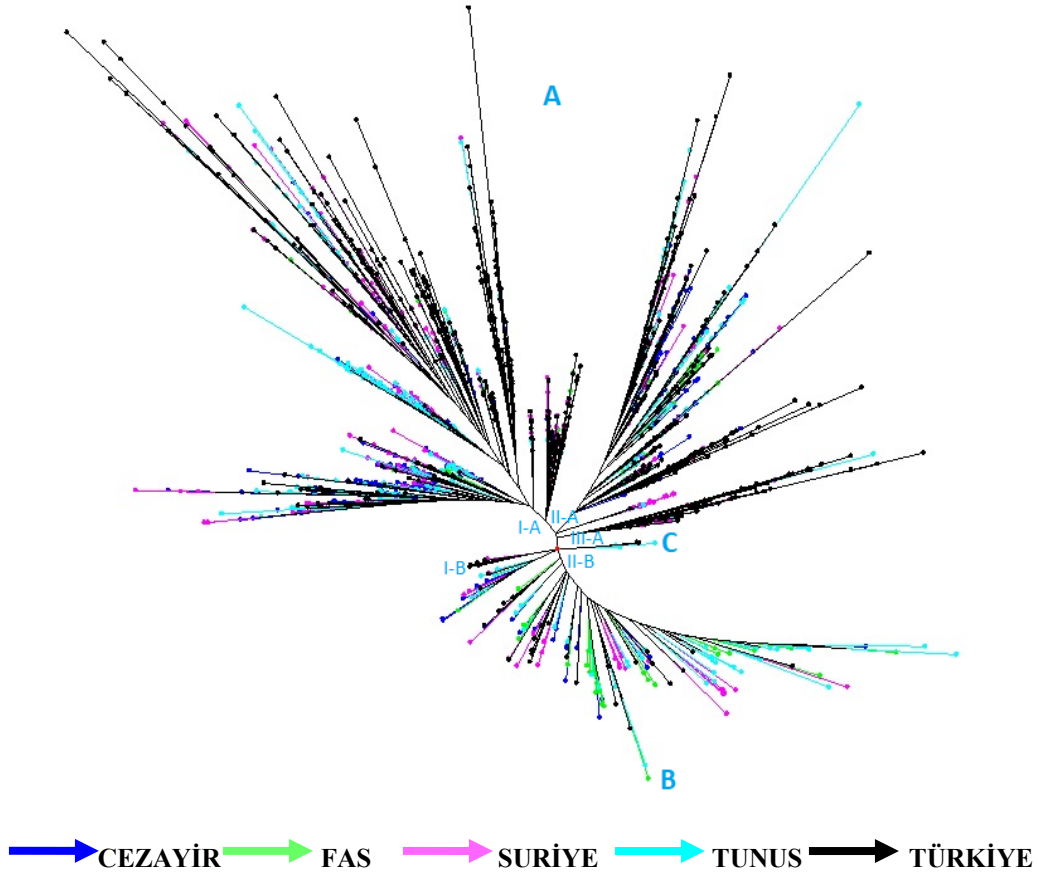
Şekil 8. Araştırmada kullanılan yerel makarnalık buğday genotiplerinde bindane ağırlığı (g) dağılımını gösteren boxplot grafiği

UPGMA yöntemi ile yerel makarnalık buğday genotiplerinin agro-morfolojik özelliklerin değerlendirilmesi

UPGMA yöntemine göre yapılan dendogram Şekil 9'da verilmiştir. Dendogramın incelenmesinden de anlaşılacağı üzere incelenen yerel makarnalık buğday genotipleri üç ana grup (A, B, C) oluşturmuştur. Oluşan A grubu incelediğinde, bu grubun da kendi arasında üç alt gruba ayrıldığı (I-A, II-A, III-A) görülmektedir. I-A ve II-A dikkatle incelendiğinde içinde Cezayir, Fas, Suriye, Tunus ve Türkiye yerel buğday genotipleri yer alırken, III-A alt grubunda Türkiye ve Tunus yerel buğday genotiplerinin yer aldığı gözlenmektedir. B ana grubu içerisinde ise tüm ülkelerden yerel buğday genotipleri gözlenmektedir. B grubunda yer alan

ülkelerin yerel buğday genotipleri iki alt gruba ayrılmıştır. İkinci ana grubun I-B alt grubunda tüm ülkelerin genotipleri açık bir şekilde filogenetik grup oluşturmuştur. İkinci grubun II-B alt grubunda da tüm ülkelerin yerel çeşitlerinin benzer oldukları saptanmıştır. Oluşan üçüncü C ana grubu incelendiğinde bu grupta bulunan Türkiye ve Tunus yerel buğday çeşitlerinin birbirine benzer olduğu anlaşılmaktadır. Ülkelere göre incelenen yerel makarnalık buğday genotiplerinin coğrafik olarak farklılık olsa da birbirlerine benzerlik gösterdiği ortaya konmuştur. Elde edilen gruplamalardan da anlaşıldığı gibi en önemli sonuçlardan birisi yerel populasyonların toplanmış olduğu coğrafya ile ilişkili olmasıdır.

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi



Şekil 9. UPGMA yöntemine göre yerel makarnalık buğday genotiplerine ait fenotipik dendrogram

Sonuç

Bu araştırma; Cezayir, Fas, Suriye, Türkiye ve Tunus orijinli 1296 yerel buğday popülasyonlarından seçilerek kendilenmiş olan makarnalık buğday genotiplerinde bazı agromorfolojik özellikleri karakterize etmek için yapılmıştır. Çalışmada, başaklanma süresi, bitki boyu, en üst boğum uzunluğu (pedinkul), başak uzunluğu, toplam başakçık sayısı, başakta dane sayısı, başakta dane ağırlığı ve bin dane ağırlığı özellikleri incelenmiştir. İncelenen özellikler bakımından hem ülkeler arasında hem ülkeler içinde varyasyonun olduğu saptanmıştır. Araştırmada saptanan değerlerin ve ön plana çıkan ülke genotiplerinin yetiştirme sezonunda yaşanan mevsim olumsuzlukları da gözlemlenerek, birden fazla yılda ve farklı lokasyonlarda denenmesi ve

genetik materyal olarak geri kazanımın sağlanması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlar, incelenen makarnalık buğday genotipleri kullanılarak çekirdek koleksiyonunun oluşturulabileceği, aynı zamanda bu koleksiyonun farklı amaçlar için makarnalık buğday ıslah programlarına entegre edilebileceğini göstermiştir. Bu koleksiyonun farklı amaçlar için ülkemizdeki araştırmacılar tarafından hızlı ve güvenilir bir şekilde kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Çukurova Üniversitesi BAP birimine, Prof. Dr. Hakan Özkan'a, Emre Ölçer'e FYL-2019-11954 nolu projeye vermiş oldukları desteklerden dolayı teşekkür ederim.

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

.Kaynaklar

- Akgün İ., Altındal D., Kara B., (2011). Determination of Suitable Sowing Dates for Some Bread and Durum Wheat Cultivars under Isparta Ecological Conditions. *Journal of Agricultural Sciences-Tarım Bilimleri Dergisi*, Cilt.17, Sa.4, Ss.300-309.
- Aydoğan, S., Sahin, M., Akçacık, A.G., Kaya, Y., Kara, İ., Türköz, M., Akçura, M., (2012). Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5 (1): 82-85, 2012 ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X, www.nobel.gen.tr.
- Barah, B.C., Binswanger, H.P., Rana, B.S., Rao, G.P., (1981). The use of risk aversion in plant breeding; concept and application. *Euphytica* 30, 451–458.
- Başkonuş, T., Yüce, İ., Dokuyucu, T., Akkaya, A., Güngör, H., Dumlupınar, Z., (2022). Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum durum* Desf.) İleri hatlarının karamanmaraş ekolojik koşullarında tarımsal ve kalite özellikleri bakımından değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9 (3), 674-681. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1106305>.
- Bhering, L.L., 2017. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17: 187-190p, 2017.
- Bonjean, A.P., Angus, W.J., Van, G.M., (2016). A History of Wheat Breeding Lavoisier, Paris pp 1279-1296. *The Work Wheat Book Volume: 2*.
- Calderini, D.F., Slafer, G.A., (1998). Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? *Euphytica* 107, 51–59.
- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.-W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A., Stanca, A.M., (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomic. *Field Crop Res.* 15, 1–14.
- Ceccarelli, S., 1989. Wide adaptation: how wide? *Euphytica* 40, 197–205.
- Ceccarelli S. (1996). Adaptation to low/high input cultivation conditions. *Euphytica* 92: 203-214.
- Conway, G., Toenniessen, G., (1999). Feeding the world in the twenty-first century. *Nature* 402, C55–C58.
- Çetin, G. ve Ayrancı, R. (2021). Kırşehir ekolojik koşullarında bazı makarnalık buğday çeşitlerinin verim ve verim bileşenleri bakımından değerlendirilmesi. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, e-ISSN:2797-9161, 2021.
- Damania, A. B., L. Pecetti, C. O. Qulset, and O. B. Humeid. (1996). Diversity and geographic distribution of adapt and traits in *Triticum turgidum* L (durum group) wheat landraces from Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution* 43 (5): 409-442.
- De Vita, P., Maggio, A., (2006). Yield stability analysis in durum wheat: progress over the last two decades in Italy. *Cereal Res. Comm.* 34, 1207–1213.
- Doğan, Y. ve Cetiz, M.B., (2015). Türkiye’de tescil edilmiş bazı makarnalık buğday (*Triticum durum* L.) çeşitlerinin Mardin-Kızıltepe koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3): 304-311.
- Durmaz, A. ve Aktaş, H. (2023). Makarnalık Yerel Buğday Genotiplerinin (*Triticum durum* L.) Bazı Tarımsal Özellikler Bakımından Karakterizasyonu. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Duvick, D.N., Smith, J.S.C., Cooper, M., (2004). Changes in performance, parentage, and genetic diversity of successful corn hybrids, 1930 to 2000. In: Smith, C.W., Betrian, J., Runge, E.C.A. (Eds.), *Corn: Origin, History, Technology and Production*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, pp. 65–97.

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

- Eberhart, S.A., Russell, W.A., (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6, 36–40.
- Evans, L.T., (1993). *Crop evolution, adaptation and yield.* Cambridge University Press, New York.
- Finlay, K.W., Wilkinson, G.N., (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. J. Agric. Res.* 14, 742–754.
- Genç, İ., (1974). Yerli ve yabancı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinde verim ve verime etkili başlıca karakterler üzerinde araştırmalar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 82, Bilimsel İnceleme ve Araştırma Tezleri: 10, A.Ü. Basımevi, 83 s.
- Hamid, Z.A., Grafius, J.E., (1978). Developmental allometry and its implication to grain yield in barley. *Crop Sci.* 18, 83–86.
- Hanson, H.; N.E. Borlaug and R.G. Anderson, (1982). Wheat in the third world. westview press. molecular studies on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) for drought stress tolerance, Genetic Engineering and Biotechnology Research Institute.
- JASP <https://jasp-stats.org/thank-you-for-downloading-jasp-win64-zip/>
- Kara, R., Dumlupınar, Z., Akkaya, A., Dokuyucu, T. (2008). Bazı Makarnalık Buğday Genotiplerinin Kahramanmaraş Kosullarında Fenolojik Dönemler, Bazı Bitkisel Özellikleri ve Tane Verimi Bakımından Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1), 89-96.
- Kimball, B. A., Morris, C. F. P., Pinter, J., G. W., Jr., D. J., WallHunsaker, Adamsen, F. J., LaMorte R. L., Leavitt, S. W., Thompson, T. L., Matthias, A. D. and Brooks, T. J., (2001). Elevated CO₂, Drought and soil nitrogen effects on wheat grain quality. *The New Phytologist* Vol. 150, No. 2, Rising CO₂- Future Ecosystems (May, 2001), pp. 295-303 (9 pages).
- Lin, C.S., Binns, M.R., (1988). A method for analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter. *Theor. Appl. Genet.* 7.
- Okur, D., Aktaş, H., 2024. Observation Barley Landraces (*Hordeum vulgare* L.) Interm of Morphological Traits. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(2): 395–408.
- Oliveira, H. R., Campana, M. G., Jones, H., Hunt, H. V., Leigh, F., Redhouse, Lister D. I., Jones, M.K., (2012). Tetraploid wheat landraces in the Mediterranean basin: taxonomy, evolution and genetic diversity. *PLoS One* 7:e37063. doi: 10.1371/journal.pone.0037063.
- Öner, M Yorulmaz, L., Akıncı, C., Hussem, Y., (2024). Makarnalık buğday genotiplerinin kurak sezonda yağışa dayalı ve ilave sulama yapılan koşullarda verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *MAS JAPS 9 (Özel Sayı): 810–818, ISSN:2757-5675 DOI: http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13918806*
- Özkan, H., Brandolini, A., Pozzi, C., Effgen, S., Wunder, J., and Salamini, F., (2005). A reconsideration of the domestication geography of tetraploid wheats. *Theoretical and Applied Genetics*, 110(6): 1052-1060.
- Patrignani, A., Lollato, R.P., Ochsner, T.E., Godsey, C.B., Edwards, J., (2014). Yield gap and production gap of rainfed winter wheat in the Southern Great Plains. *Agronomy Journal*, 106(4), 1329-1339.
- Romagosa, I., Fox, P.N., (1993). Genotype × environment interaction and adaptation. In: Hayward, M.D., Bosemark, N.O., Romagosa, I. (Eds.), *Plant Breeding: Principles and Prospects.* Chapman & Hall, London, pp. 373–390.
- Sall, A., Chiari, T., Legesse, W., Seid-Ahmed, K., Ortiz, R., van Ginkel, M., et al. (2019). Durum wheat (*Triticum durum* Desf.): origin, cultivation and potential expansion in Sub-Saharan Africa. *Agronomy* 9:263. doi: 10.3390/agronomy9050263.
- Simmonds, N.W., (1991). Selection for local adaptation in a plant breeding programme. *Theor. Appl. Genet.* 82, 3.
- Sözen, E., ve Yağdı, K., (2005). Bazı ileri makarnalık buğday (*Triticum durum* Desf.)

Akdeniz Havzasındaki Ülkelerden Toplanmış Yerel Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Genotiplerinin Adana Koşullarında Agro-Morfolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

- hatlarının kalite özelliklerinin belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, sayı 19 (2): s.69-81.
- Tollenaar, M., Lee, E.A., (2002). Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Res. 75, 161–169.
- Yazar, S. ve Karadoğan, T., (2008). Bazı makarnalık buğday genotiplerinin Orta Anadolu bölgesinin taban ve kıraç arazi koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 3(2): 32-41, 2008 ISSN 1304-9984.



Araştırma Makalesi

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

Sevil CANTÜRK^{1*}, Serpil TANGOLAR¹, Semih TANGOLAR¹,
Ayfer ALKAN TORUN², Rojin GÜLER³

ÖZ

Vermikompost, tarımda sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ve bitki gelişiminin desteklenmesi amacıyla kullanılan en önemli organik gübrelere birisidir. Bu çalışmada, 1103 P anacı üzerine aşılı Prima ve Black Magic üzüm çeşitlerinde yapraktan vermikompost uygulamasının ürün verim ve kalitesi ile yaprak stoma özellikleri ve besin elementi konsantrasyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Vermikompost uygulaması %0.05, %0.1 ve %0.2 dozlarında, çiçeklenme öncesi, tane tutumu ve ben düşme başlangıcında olmak üzere toplam üç kez yapılmıştır. Tüm vermikompost dozları omca verimi ve salkım ağırlığında artış sağlamada birlikte, en güçlü etki %0.2 dozundan elde edilmiştir. Omca verimi her iki çeşitte 3229 g (Kontrol) ile 4530 g (%0.2 dozu), salkım ağırlığı 234.6 g (Kontrol) ve 304.8 g (%0.2 dozu) arasında değişmiştir. Tane özellikleri ve suda çözünebilir kuru maddede de artış sağlayan tek uygulama %0.2 dozu olmuştur. Uygulamalar yaprakların besin elementi konsantrasyonu ile stoma yoğunluğunu etkilememiş, ancak stoma eni ve boyu Kontrol'e göre küçülmüştür. Stoma yoğunluğu Prima'da 200.3-388.3 adet mm⁻², Black Magic'de 320.3-446.9 adet mm⁻² arasında değişmiştir. Sonuç olarak Prima ve Black Magic üzüm çeşitlerinde yapraktan vermikompost uygulamasının verim ve bazı kalite özellikleri üzerinde etkili olduğu, en iyi sonuçların %0.2 dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asma, sofralık üzüm, vermikompost, bitki besleme, kalite, stoma.

The Effects of Foliar Vermicompost Treatment on Yield, Quality, Stoma Characteristics, and Leaf Nutrient Concentrations of Black Magic and Prima Grape Cultivars

ABSTRACT

Vermicompost is one of the most important organic fertilizers used to ensure sustainability in agriculture and support plant growth. In this study, the effects of foliar applied vermicompost on yield, quality and stomatal characteristics, and nutrient element concentration of the leaves of cvs. Prima and Black Magic, which were grafted on 1103 P rootstock, were investigated. Vermicompost treatment was made in 0.05%, 0.1%, and 0.2% doses three times, i.e., pre-flowering, berry set, and beginning of the véraison stages. All the vermicompost doses increased vine yield and cluster weight; however, the best effect was obtained from the dose of 0.2%. Vine yield varied between 3229 g (Control) and 4530 g (0.2%), and cluster weight varied between 234.6 g (Control) and 304.8 g (0.2%) in both varieties. The dose of 0.2% was the only treatment that enhanced berry characteristics and total soluble solids. The treatments had no significant effect on the nutrient concentrations and stomatal density of the leaves. However, stomata width and length tended to decrease compared to the Control leaves. Stomatal density varied between 200.3-388.3 stoma mm⁻² in Prima and 320.3-446.9 stoma mm⁻² in Black Magic. Therefore, it was determined that foliar vermicompost treatment was effective on yield and some quality characteristics in cvs. Prima and Black Magic to some extent, and the best results were obtained from the dose of 0.2%.

Keywords: Grapevine, table grape, vermicompost, plant nutrition, quality, stomata.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-6055-7191, 0000-0002-5563-1972, 0000-0001-7746-4258, 0000-0002-8493-5828, 0009-0003-6422-2227

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 02.07.2024

Kabul Tarihi: 21.11.2024

¹ Bahçe Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana

² Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana

³ Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa

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

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

Giriş

Günümüzde yoğun tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan kimyasal gübreler ve ilaçlar, ürünlerde kalıntı bırakmasının yanı sıra toprağın yapısının bozulmasına ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Giderek artan dünya nüfusuna paralel olarak artan sağlıklı besin ihtiyacının güvenli bir şekilde karşılanabilmesi, sürdürülebilir tarım sistemlerinin uygulanabilmesine bağlıdır. Bu bağlamda tarımda sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için günümüzde kimyasal gübrelerle birlikte organik gübrelerin de kullanımı teşvik edilmektedir (Huang ve ark., 2013; Ceritoğlu ve ark., 2019). Organik tarım ve biyodinamik tarım gibi alternatif tarım sistemlerinin temelinde, doğal kaynaklara zarar vermeyen, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirirken diğer yandan bitki gelişimini destekleyerek ürün verim ve kalitesini artırabilen organik gübrelerin kullanımı önem kazanmaktadır. Vermikompost (solucan gübresi), bu amaçla kullanılan en önemli organik gübrelerden birisidir. Vermikompost, topraktaki organik materyalin solucanlar tarafından sindirilmesi yoluyla üretilen, bitki sağlığı ve gelişimi ile toprak ve çevreye olan olumlu etkilerinin normal komposttan daha fazla olduğu bildirilen bir materyaldir (Fritz ve ark., 2012; Bellitürk, 2016). Vermikompostlama süreci, organik atıkların solucanlar tarafından biyo-gübrelere dönüştürülmesi olarak da tanımlanmakta olup, günümüzde organik katı atık yönetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Manyuchi ve ark., 2013). Organik atıkların dönüştürülmesinde temel olarak altı solucan türü (*Eisenia fetida*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugeniae*, *Perinoyx excavatus* ve *Perionyx hawayana*) kullanılmaktadır (Edwards, 2004). Vermikompost, toprakta yavaş salınımlı olup, avantajları arasında; toprağın yapısını düzenlemesi, yarayışlı bitki besin maddeleri içermesi, bazı pestisit ve bitki

hastalıklarının kontrol etmesi, toprak kalitesini iyileştirerek ürün verimini artırması, doğal, çevre dostu ve uzun vadede kullanıldığında ekonomik olması sayılmaktadır (Bellitürk, 2016).

Vermikompost uygulamasının ürün verim ve kalitesine etkileri konusunda farklı sebze ve meyve türlerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bağcılık alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde, topraktan uygulamanın daha yaygın olduğu görülmektedir. Aşılı fidanlarda ve çeliklerde köklenme, vejetatif gelişme ve yaprak besin elementi konsantrasyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Flores, 2014; Koç ve ark., 2021). Daha az sayıda da yapraktan yapılan uygulamaların verim ve kalite özelliklerine etkisinin araştırıldığı görülmektedir (Sabır ve ark., 2021). Bunların yanı sıra vermikompost uygulaması ile asmada sürgün uzunluğu, sürgün taze ve kuru ağırlığı, yaprak alanı, kök alanı ve uzunluğunda olumlu etkiler bildirilmiştir (Açıkbaş ve Bellitürk, 2016; Abd El-Rahman ve Bakr, 2022; Bilir Ekbiç ve İlhan, 2024).

Bu çalışmada, yapraktan vermikompost uygulamasının, Black Magic ve Prima üzüm çeşitlerinde verim, salkım, tane, şıra ve stoma özellikleri yanında yaprak besin elementi konsantrasyonu üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Bağında 2023 yılı vejetasyon döneminde yürütülmüştür. Araştırma parselinin deniz seviyesinden yüksekliği 70 m olup, 37°01'48'' kuzey enlemi ve 35°22'49'' doğu boylamında yer almaktadır. Çalışmada dikim sıklığı 1.0 m x 1.5 m olan, çift kollu Guyot terbiye şekli verilmiş ve 1103 P anacı üzerine aşılı, yedi yaşlı Black Magic ve Prima (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşitlerine ait omcalar

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

kullanılmıştır. ‘Black Magic’ (Moldova x Marschalskij), siyah renkli, iri, elips şekilli ve kalın kabuklu tanelere sahip, güçlü vejetatif gelişme gösteren verimli bir çeşittir. ‘Prima’ (Lival x Cardinal) orta irilikte salkımlar ve siyah renkli, iri ve oval taneler oluşturmaktadır (VIVC, 2024).

Araştırmada vermikompost olarak “Agrosol” ticari isimli organik sıvı solucan gübresi uygulanmıştır. Kullanılan gübrenin belirtilen içeriği Çizelge 1’de verilmiştir. Bunun dışında topraktan temel bir gübreleme yapılmamıştır. Bitkilerde tane tutumundan ben düşmeye kadarki dönemde iki kez sulama yapılmıştır. Her sulamada damla sulama ile bitki başına yaklaşık 36 litre su verilmiştir. Deneme alanı toprağı killi-tınlı, alkali, tuzsuz, organik madde miktarı düşük, kireçli karakterdedir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan vermikompostun içeriği

İçerik	Birimi	Miktar
pH (25°C)		5.28
Azot (N)	%	2.04
Fosfor (P)	%	0.49
Potasyum (K)	%	1.47
Kalsiyum (Ca)	%	1.95
Magnezyum (Mg)	%	0.78
Bakır (Cu)	mg kg ⁻¹	58
Çinko (Zn)	mg kg ⁻¹	152.5
Mangan (Mn)	mg kg ⁻¹	565
Demir (Fe)	mg kg ⁻¹	5257
Humik-Fulvik asit	%	38

Yöntem

Çalışmada etkisi denenen vermikompostun uygulama dozları %0.05, %0.1 ve %0.2 olarak belirlenmiştir. Belirtilen dozlar, çiçeklenme öncesinde (sürgünler 45-60 cm uzunluğa ve çiçek salkımları 10-15 cm uzunluğa ulaştığında-24/04/2023), tane tutumunda (18/05/2023) ve ben düşme başlangıcında (19/06/2023) olmak üzere üç fenolojik dönemde, sırt pülverizatörü

ile tüm yapraklar ıslanacak şekilde omca başına 1 litre su kullanılarak uygulanmıştır. Kontrol grubu omcalarına herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Olgunluk zamanı, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) değerine göre takip edilmiş ve hasat Prima’da 3 Temmuz, Black Magic’de ise 18 Temmuz tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Vermikompost uygulamasının etkisinin belirlenmesi amacıyla aşağıdaki ölçüm ve analizler yapılmıştır:

Omca verimi: Her omcadan elde edilen ortalama salkım ağırlığı ile salkım sayısının çarpılmasıyla belirlenmiştir (g omca⁻¹) (Ağaoğlu, 2002).

Salkım ve tane özellikleri: Her tekerrürden tesadüfen seçilen 5 salkımın ağırlığı (g) tartılarak belirlenmiş, salkımların uzunluğu ve genişliği (cm) cetvelle ölçülmüştür. Tane ağırlığı (g), her tekerrürden alınan 5 salkımdan tesadüfen seçilen 100 tanenin tartılması ve ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir. Tane hacmi, ölçü silindiri ile mL olarak 100 tane için belirlenmiş, tane uzunluğu ve genişliği (mm) dijital kumpas ile her tekerrürde 10 tanede ölçülmüştür.

Şıra özellikleri: Şıranın SÇKM miktarı (°Brix) bir dijital refraktometre ile, titrasyon asitliği (g 100 mL⁻¹) 0.1 N NaOH kullanılarak titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Şıranın pH değeri pH metre ile ölçülmüştür. Olgunluk indisi, SÇKM/asitlik oranı alınarak hesaplanmıştır (Amerine ve Ough, 1980; OIV, 2021).

Bitki besin elementi analizleri: Yaprakların bitki besin elementi konsantrasyonunu belirlemek amacıyla, yaprak örnekleri ben düşme döneminde salkım karşısından alınmıştır. Alınan örnekler önce iki kez çeşme suyunda, daha sonra da %0.1’lik HCl çözeltisinde yıkandıktan sonra iki kez saf sudan geçirilmiştir. Yaprak örneklerinin fazla nemi kağıt havlu ile alındıktan sonra kese kağıtlarına yerleştirilerek etüvde 65°C’de 48 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler agat değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen örneklerden 0.2 g tartılarak porselen krozeler

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

içinde kül fırınında $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ 'de 6 saat süreyle yakılmıştır. Yanan örneklerin üzerine 2 mL 1/3 oranında seyreltilmiş HCl çözeltisi ve 18 mL saf su eklenerek son hacim 20 mL'ye tamamlanmış ve mavi bant filtre kâğıdı ile süzülmüştür (Kacar, 1972). Yaprakların azot (N) konsantrasyonu Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre, fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn) ve bor (B) konsantrasyonu ise Perkin Elmer ICP-OES dv7000 cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Stoma özelliklerinin belirlenmesi: Vermikompost uygulamasının çalışılan üzüm çeşitlerinin stoma özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla, her uygulamadan bir hafta sonra, 01/05, 25/05 ve 26/06 tarihlerinde yaprak örnekleri alınmıştır. Stoma boyutları (en ve boy) ve birim alanda bulunan stoma sayısı (stoma yoğunluğu) her tekrürde 2 yaprak olmak üzere 3 tekrürlü olarak incelenmiştir. Bunun için her çeşide ait yaz sürgünlerinin orta kısmından güneş gören, sağlıklı ve çeşide özgü formda yapraklar alınarak hemen laboratuvara getirilmiştir. Her yaprakta ana ve yan damarlar arasındaki üç farklı bölgeden kalıp alınmıştır. Bu amaçla yaprakların alt yüzeylerine ince bir tabaka halinde şeffaf tırnak cilası uygulanmış, iyice kuruduktan sonra alanın üzeri şeffaf bantla hava boşluğu kalmayacak şekilde kapatılmıştır. Daha sonra bant, kalıba zarar vermeyecek şekilde yavaşça kaldırılmış ve lam üzerine hava boşluğu kalmamasına dikkat edilerek yapıştırılmıştır. Ölçüm ve sayımlar hazırlanan bu preparatlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Stomaların eni ve boyu ışık mikroskopunda (Olympus BX51, Tokyo, Japan) ölçülmüş (40x) ve “ μm ” olarak ifade edilmiştir. Stoma yoğunluğu ise mikroskopta (40x) belirlenen bir alandaki stomaların sayılması ve orantı yoluyla birim alandaki sayının hesaplanması ile “ adet mm^{-2} ” olarak ifade edilmiştir (Marasalı ve Aktekin, 2003; Kunter ve ark., 2015).

İstatistik analiz: Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrürlü olarak yürütülmüştür. Her tekrürde 4 omca kullanılmıştır. Denemeden elde edilen verilere JMP istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmış, farklı grupların belirlenmesinde LSD testi ($p \leq 0.05$) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada vermikompost uygulamasının verim, salkım, tane ve sıra özelliklerine etkisi Çizelge 2’de sunulmuştur. Uygulamaların verim üzerine etkisi değerlendirildiğinde, %0.1 ve %0.2 dozlarının istatistiki olarak önemli bir artış sağladığı görülmüştür. En yüksek verim 4530 g ile %0.2 vermikompost dozundan, en düşük verim ise 3229 g ile kontrol grubundan elde edilmiştir. Salkım ağırlığı bakımından tüm uygulamalar önemli artış sağlamıştır. Genel olarak vermikompost dozu arttıkça salkım ağırlığının da arttığı görülmekle beraber, tüm dozlar aynı istatistik grup içerisinde yer almıştır. Salkım ağırlığı bakımından en yüksek değer 304.8 g ile %0.2 dozundan, en düşük değer ise 234.6 g ile kontrol grubundan elde edilmiştir. Uygulamalar, salkım uzunluğu ve genişliğinde de istatistik anlamda önemli bulunmayan artışlar sağlamıştır. Çalışılan çeşitlerin uygulamalara bağlı performansı kendi içlerinde karşılaştırıldığında, omca verimi, salkım ağırlığı, uzunluğu ve genişliği parametreleri bakımından interaksiyon olmadığı, vermikompost dozları etkisinin çeşitlere göre değişmediği belirlenmiştir. Prima ve Black Magic çeşitleri birbiri ile karşılaştırıldığında, verim ve salkım ağırlığı bakımından önemli bir farklılık belirlenmemiş, salkım uzunluğu ve genişliği bakımından Prima daha yüksek değerler vermiştir.

Vermikompost uygulaması, tane özelliklerinde de belli ölçüde iyileşme sağlamış, ancak incelenen tüm tane özellikleri bakımından en yüksek ve istatistik olarak da önemli olan

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

Çizelge 2. Vermikompost uygulamasının verim ile salkım, tane ve şıra özelliklerine etkisi

Uygulamalar	Omca verimi (g)	Salkım ağırlığı (g)	Salkım uzunluğu (cm)	Salkım genişliği (cm)	Tane ağırlığı (g)	Tane hacmi (mL)	Tane uzunluğu (mm)	Tane genişliği (mm)	SÇKM (°Brix)	pH	Titrasyon asitliği (g 100 ml ⁻¹)	Olgunluk indisi
Çeşit												
Prima	3 804 ^x	285.7	20.76 a	12.59 a	4.12 b	4.00 b	21.37 b	18.30 a	14.59 b	3.42 b	0.555 a	26.61 b
Black Magic	4 036	264.6	18.02 b	11.21 b	4.45 a	4.29 a	26.04 a	17.13 b	19.81 a	3.69 a	0.467 b	42.55 a
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	1.25	0.7	0.27	0.25	0.73	0.46	0.51	0.06	0.029	2.37
<i>p değeri</i>	0.4151	0.0544	0.0003	0.0007	0.0166	0.0243	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Vermikompost												
%0.05	3 694 bc	276.2 a	19.51	12.19	4.29 b	4.15 a	22.93 b	17.84 b	17.17 b	3.56 ab	0.519	34.27
%0.1	4 228 ab	285.0 a	19.94	12.34	4.04 b	3.93 a	23.78 b	17.19 c	16.80 b	3.54 bc	0.511	34.65
%0.2	4 530 a	304.8 a	18.95	11.61	4.86 a	4.69 a	24.85 a	18.50 a	17.98 a	3.64 a	0.493	36.57
Kontrol	3 229 c	234.6 b	19.16	11.46	3.96 b	3.82 b	23.27 b	17.35 bc	16.85 b	3.48 c	0.522	32.83
LSD %5	832.55	30.5	Ö.D.	Ö.D.	0.38	0.35	1.03	0.65	0.72	0.08	Ö.D.	Ö.D.
<i>p değeri</i>	0.0209	0.0014	0.6571	0.2134	0.0005	0.0003	0.0064	0.0024	0.011	0.0064	0.4495	0.17
İnteraksiyon												
Prima x %0.05	3 376	290.6	21.09	13.11	3.85	3.77	20.56	18.17	14.27	3.41	0.576 a	25.00 c
Prima x %0.1	4 103	295.3	21.37	13.23	4.09	4.00	21.27	17.92	14.50	3.37	0.595 a	24.50 c
Prima x %0.2	4 500	317.6	20.07	12.18	4.70	4.55	22.47	19.21	15.53	3.51	0.492 b	31.67 c
Prima x Kontrol	3 237	239.5	20.51	11.85	3.82	3.70	21.19	17.90	14.07	3.37	0.558 a	25.25 b
Black Magic x %0.05	4 012	261.9	17.93	11.27	4.72	4.53	25.31	17.52	20.07	3.71	0.462 b	43.54 a
Black Magic x %0.1	4 354	274.7	18.52	11.45	3.99	3.87	26.28	16.45	19.10	3.70	0.427 bc	44.79 a
Black Magic x %0.2	4 559	292.1	17.82	11.04	5.01	4.83	27.23	17.78	20.43	3.76	0.495 c	41.47 a
Black Magic x Kontrol	3 220	229.8	17.81	11.07	4.09	3.93	25.36	16.79	19.63	3.59	0.486 b	40.41 a
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	0.057	4.74
<i>p değeri</i>	0.8413	0.9172	0.9571	0.626	0.0954	0.0919	0.8488	0.5254	0.288	0.5006	0.0029	0.0214

^x Aynı sütunda farklı harf alan uygulamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$). Ö.D.: Önemli değil

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

değerler %0.2 dozunda belirlenmiştir (Çizelge 2). Tane ağırlığı 3.96 g (Kontrol) ile 4.86 g (%0.2 dozu) arasında, tane hacmi ise 3.82 mL (Kontrol) ile 4.69 mL (%0.2 dozu) arasında değişmiştir. Tane uzunluğu ve genişliğinde en yüksek değerler sırasıyla 24.85 mm ve 18.50 mm ile %0.2 dozunda belirlenmiştir. Tane hacminde ise tüm dozların etkisinin kontrole göre önemli olduğu belirlenmiştir. Tane ağırlığı, hacmi ve uzunluğu bakımından Black Magic'in istatistik olarak daha iyi performans gösterdiği; tane genişliğinde ise Prima'nın istatistik olarak daha önde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular Black Magic çeşidinin iri, uzun oval taneleri ile Prima'nın küresel yapılı tanelerini ifade etmektedir. Diğer yandan çeşitler ile vermikompost dozları arasında tane özellikleri bakımından interaksiyon olmadığı belirlenmiştir.

Vermikompost uygulamasının şırada ölçülen olgunluk parametreleri üzerinde önemli bir etkisi saptanmamıştır (Çizelge 2). SÇKM değerleri 16.80 (%0.1 dozu) ile 17.98 Brix (%0.2 dozu) arasında değişmiş ve önemli artış sağlayan tek uygulama %0.2 dozu olmuştur. Uygulamalar, titre edilebilir asitlik ve olgunluk indisi üzerinde istatistik anlamda önemli bir farklılık meydana getirmemiş, şıranın pH değerinin %0.05 ve %0.2 dozlarında kontrole göre yükseldiği belirlenmiştir. Asitlik bakımından çeşit x vermikompost dozları interaksiyonuna bakıldığında, en yüksek değerlerin elde edildiği Prima x %0.1, Prima x %0.05, Prima x Kontrol istatistiki olarak birinci grubu oluşturmuştur. Prima x %0.2 ile Black Magic x Kontrol, Black Magic x %0.05 ve Black Magic x %0.1 ikinci grubu, Black Magic x %0.2 ve Black Magic x %0.1 birlikte istatistik olarak son grubu oluşturmuşlardır. İnteraksiyonun olgunluk indisi bakımından etkisine bakıldığında Black Magic'de kontrol grubu ve tüm dozlar istatistik olarak ilk grubu oluşturmuştur. Prima x Kontrol istatistiki olarak ikinci düzeyde grup

oluşturmazken, Prima'nın tüm uygulama dozları son grubu oluşturmuştur. İki çeşit arasında karşılaştırma yapıldığında, Black Magic'te şıranın SÇKM ve pH değeri Prima'ya göre daha yüksek ölçülmüştür. Titre edilebilir asitlik bakımından ise Prima'da daha yüksek değerler söz konusu olmuştur. SÇKM ve asitlik değerlerine bağlı olarak olgunluk indisi de Black Magic'te daha yüksek hesaplanmıştır.

Sofralık ve şaraplık üzüm çeşitlerinde yapılmış önceki çalışmalarda vermikompostun tek başına veya diğer organik ya da ticari mineral gübrelere birlikte kullanıldığında omca veriminde ve salkım ağırlığında artış sağladığı bildirilmektedir (Javed ve ark., 2017; Martínez ve ark., 2018; Sabır ve ark., 2021; Abd El-Rahman ve Bakr, 2022; Elsayed ve El-Shewaikh, 2023). Rosado ve ark. (2022) da üzüm cıbresinden elde edilen vermikompostun uygulandığı Albariño çeşidinde omca veriminin arttığını ve elde edilen şarabın organoleptik özelliklerinin geliştiğini bildirmektedir. Benzer şekilde Palenzuela ve ark. (2023) da Syrah çeşidinde vermikompost uygulanmış omcaların üzümlerinden üretilen şaraplarda rengin fark edilir derecede koyulaştığını ve uçucu bileşik konsantrasyonunun arttığını bildirmişlerdir.

Sofralık üzümlerin kalitesini belirleyen tane özellikleri üzerinde de dozlara bağlı olarak vermikompostun olumlu etkileri bildirilmiştir. Sabır ve ark. (2021), Alphonse Lavallée çeşidinde vermikompost uygulamasının tane ağırlığı, tane boyutları, tane kopma direnci ve kabuk çatlama direncini artırdığını bildirmiştir. King's Ruby çeşidinde de vermikompost uygulamasının tane ağırlığında istatistik olarak önemli olmayan artışlar sağladığı belirtilmektedir (Javed ve ark., 2017). Çalışmamızda da vermikompost uygulamasının en yüksek dozunun (%0.2) tane ağırlığı, uzunluğu ve genişliğinde önemli artış sağladığı saptanmıştır.

Şıra özellikleri bakımından önceki çalışmalarda değişken sonuçlar bildirilmiştir. Sabır ve ark.

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

(2021), yapraktan uygulanan vermikompostun üzümde SÇKM oranını düşürürken, pH, asitlik ve olgunluk indisini etkilemediğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada da şıradaki SÇKM'yi artırıp asitliği düşürdüğü bildirilmektedir (Abd El-Rahman ve Bakr, 2022). Bizim çalışmamızda en yüksek konsantrasyon olan %0.2 dozunda daha yüksek SÇKM değeri belirlenmiştir. Bu durum, uygulama dozunun artırılmasıyla çeşitlerin erkenciliği üzerine olumlu etkinin artırılabilirliğini düşündürmüştür.

Vermikompost uygulamasının yaprakların makro ve mikro besin elementi konsantrasyonuna etkisi Çizelge 3'te sunulmuştur. Buna göre, uygulamaların makro element konsantrasyonlarına istatistiki olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. P konsantrasyonunda tüm uygulamalar artış sağlamakla birlikte, bu etkiler önemli düzeye ulaşamamıştır. Benzer şekilde Ca'da da %0.1 dozunda önemli bulunmayan bir artış gerçekleşmiştir. Mikro besin elementlerinden Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonunda da aynı şekilde istatistik düzeyde önemli olmayan artışlar olduğu kaydedilmiştir. Özellikle Zn ve Mn konsantrasyonunda tüm dozlar altında küçük artışlar sağlandığı görülmektedir. B konsantrasyonu, diğer mikro minerallerden farklı olarak %0.05 dozunda istatistiki olarak önemli düzeyde artmıştır. Yaprakların B konsantrasyonu, kontrol grubunda 40.15 mg kg^{-1} , %0.05 dozunda 53.43 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Vermikompost dozları ile makro ve mikro besin elementleri arasındaki interaksiyonun, sadece B konsantrasyonunda önemli olduğu belirlenmiştir. Bu elementte Black Magic x %0.05 en yüksek değeri almıştır. Black Magic x %0.1, Black Magic x % 0.2 ve Black Magic x Kontrol ikinci grubu, Black Magic x %0.1 ve Prima x %0.1 üçüncü grubu, Prima x %0.05, Prima x %0.1, Prima x %0.2 ve Prima x Kontrol dördüncü grubu oluşturmuştur.

Çeşit düzeyinde yapılan karşılaştırma sonucunda, P ve K konsantrasyonları bakımından Black Magic'de daha yüksek değerler belirlenmiştir. Özellikle K bakımından Black Magic'de Prima'ya göre oldukça yüksek konsantrasyonlar söz konusu olmuştur. Ca ve Mg konsantrasyonları bakımından çeşitler arasındaki küçük farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Mikro besin elementleri içerisinde Fe ve Mn konsantrasyonunun Prima çeşidinde Black Magic'den önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Black Magic'de B konsantrasyonu Prima'dan oldukça yüksek belirlenirken, Cu ve Zn konsantrasyonu bakımından çeşitler arasında önemli bir fark belirlenmemiştir.

Asmada vermikompost uygulamasının etkileri konusunda yapılmış önceki çalışmalar değerlendirildiğinde, yaprak besin elementi konsantrasyonu bakımından farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Koç ve ark. (2021), Alphonse Lavallée çeşidine ait aşılı fidanlara farklı dozlarda vermikompost uygulamasının yaprakların N, P, Ca, Mg, Fe ve Cu konsantrasyonunda artış sağladığını, K konsantrasyonunu ise etkilemediğini tespit etmiştir. Çalışmada, yaprakların en yüksek azot konsantrasyonu, en yüksek vermikompost dozundan elde edilmiştir. Superior Seedless üzüm çeşidinde yapılan başka bir çalışmada, kombinasyon halinde biyogübre, NPK gübresi ve vermikompost uygulamalarının yaprakların N, P ve K konsantrasyonunu artırdığı bildirilmiştir (Abd El-Rahman ve Bakr, 2022). Martínez ve ark. (2018) ise Sauvignon Blanc çeşidinde topraktan vermikompost uygulamasının yaprakların N, P ve K konsantrasyonlarında önemli bir etki meydana getirmediğini bildirmiş ve çalışmamızla paralel sonuçlar elde etmiştir. Atalan ve Tangolar (2021) vermikompost uygulamasının yaprakların Zn ve Mn konsantrasyonunda artış sağladığını bildirmiştir. Diğer yandan tane

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

Çizelge 3. Vermikompost uygulamalarının yaprak besin elementi konsantrasyonlarına etkisi

Uygulamalar	Makro elementler (%)					Mikro elementler (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Çeşit										
Prima	2.10 ^x	0.177 b	0.468 b	3.288	0.314	173.7 a	9.34	14.15	117.9 a	32.56 b
Black Magic	2.23	0.219 a	0.736 a	3.390	0.296	111.3 b	9.90	13.26	99.27 b	55.61 a
LSD %5	Ö.D.	0.029	0.14	Ö.D.	Ö.D.	28.88	Ö.D.	Ö.D.	18.05	5.07
<i>p</i> değeri	0.1494	0.0079	0.0009	0.5625	0.474	0.0003	0.0839	0.2443	0.0435	<0.0001
Vermikompost										
%0.05	2.18	0.211	0.619	3.164	0.280	153.7	9.51	13.42	105.9	53.43 a
%0.1	2.25	0.198	0.626	3.620	0.323	156.3	9.44	14.42	111.9	39.53 b
%0.2	2.07	0.199	0.524	3.235	0.307	115.4	9.97	14.54	117.9	43.22 b
Kontrol	2.16	0.183	0.637	3.337	0.309	144.7	9.56	12.45	98.61	40.15 b
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	7.18
<i>p</i> değeri	0.5320	0.5829	0.6044	0.2964	0.6511	0.1713	0.6046	0.1979	0.4431	0.0028
İnteraksiyon										
Prima x %0.05	2.08	0.166	0.436	3.283	0.300	199.9	8.65	13.93	121.9	32.11 d
Prima x %0.1	2.17	0.211	0.544	3.422	0.320	201.3	9.29	15.74	121.9	34.82 cd
Prima x %0.2	2.04	0.168	0.341	3.280	0.305	115.9	9.89	14.17	124.0	32.21 d
Prima x Kontrol	2.11	0.163	0.550	3.168	0.330	177.8	9.52	12.77	103.8	31.08 d
Black Magic x %0.05	2.29	0.257	0.803	3.046	0.261	107.5	10.36	12.90	89.99	74.75 a
Black Magic x %0.1	2.32	0.186	0.709	3.818	0.326	111.2	9.59	13.10	101.8	44.24 bc
Black Magic x %0.2	2.09	0.229	0.707	3.190	0.310	115.0	10.06	14.90	111.9	54.24 b
Black Magic x Kontrol	2.22	0.204	0.724	3.507	0.288	111.6	9.59	12.13	93.40	49.22 b
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	10.15
<i>p</i> değeri	0.9223	0.0561	0.5398	0.5017	0.3156	0.1006	0.2278	0.4711	0.8006	0.0012

^x Aynı sütunda farklı harf alan uygulamalar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$). Ö.D.: Önemli değil

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

mineral içeriğinde de önemli bir değişime neden olmadığı, yalnızca Zn konsantrasyonunda artış sağladığı Tangolar ve ark. (2022) tarafından bildirilmiştir. Çalışmamızda vermikompost uygulamasının küçük artışlar dışında yaprak besin elementi konsantrasyonlarını etkilememesinin, uygulama dozlarının düşük olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Özellikle bazı besin elementlerinde en yüksek konsantrasyonun en yüksek uygulama dozundan (%0.2) elde edilmiş olması, bu düşüncemizi kuvvetlendirmiştir.

Çalışmada vermikompostun yapraktan uygulanmasının stomalar üzerindeki olası etkisi de değerlendirilmiş ve bulgular Çizelge 4'te sunulmuştur. Her dönemdeki uygulamadan sonra alınan yaprak örneklerinde yapılan incelemeler sonucunda, uygulamaların stoma yoğunluğu üzerine önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Stoma boyutları bakımından ise 01/05/2023 tarihli birinci grup örneklerde (01/05/2023) önemli etki belirlenmezken, ikinci (25/05/2023) ve üçüncü grup (26/06/2023) örneklerde stoma eni ve boyunun uygulama yapılan yapraklarda kontrole göre küçülme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Bu değişikliklerin bazıları istatistiki olarak da önemli bulunurken, özellikle en yüksek konsantrasyon olan %0.2 dozunda stoma boyutlarındaki küçülme daha belirgindir. Çeşit x doz interaksiyonuna bakıldığında sadece Prima çeşidine ait ikinci grup yaprak örneklerinde %0.1 ve %0.2 dozlarında, stoma boyunda kontrol grubuna göre istatistiki anlamda önemli küçülme gözlenmiştir. Bu bulgulara göre vermikompost uygulamasının stoma fonksiyonlarını aksatacak bir etkiye neden olmadığı kanaatine varılmıştır.

Stoma yoğunluğu Prima'da 234.6 ile 377.6 adet mm^{-2} , Black Magic'de 365.6 ile 389.9 adet mm^{-2} arasında değişim göstermiştir. Bulgulara göre birinci ve ikinci örnek grubunda stoma yoğunluğu Black Magic'de Prima'ya oranla daha yüksek belirlenmiştir (Şekil 1). Stoma eni

ve boyu ise sadece üçüncü örnek grubunda istatistiki farklılık göstermiş ve yine Black Magic'de daha yüksek değer almıştır.

Asmada stomaların, bitkinin yaşam koşullarında çok önemli ve uzun süreli değişimler olmadığı sürece çok fazla değişmeyen özelliklere sahip olduğu kabul edilmektedir. Morfolojik benzerliklerine karşın, stomaların yoğunluk ve büyüklüklerinin tür ve çeşitlere göre değiştiği, ayrıca iklim, yetiştiricilik koşulları ve fizyolojik olaylardan etkilendiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Düzenli ve Ağaoğlu, 1992; Marasalı ve Aktekin, 2003; Gökbayrak ve ark., 2008; Alonso ve ark., 2011; Copper ve ark., 2022; Güler ve ark., 2024). Bu bilgilerle uyumlu olarak, çalışmamızda yer alan iki üzüm çeşidi arasında stomaların biyometrik özellikleri bakımından bazı farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 1).

Önceki çalışmalarda farklı sofralık ve şaraplık üzüm çeşitlerinde stoma yoğunluğunun 62.2 - 268.3 adet mm^{-2} gibi geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir (İşçi ve ark., 2015; Copper ve ark., 2022; Güler ve ark., 2024). Bu çalışmada ise stoma yoğunluğu Prima'da 200.3 - 388.3 adet mm^{-2} arasında, Black Magic'te 320.3 - 446.9 adet mm^{-2} arasında değişmiştir. Araştırmacıların farklı iklim koşulları ve üzüm çeşitlerinde yaptıkları incelemelerde stoma genişliğinin 10.49 - 23.97 μm arasında, stoma boyunun ise 19.22 - 31.1 μm aralığında değiştiği görülmektedir (Kunter ve ark., 2015; Odabaşoğlu ve Gürsöz, 2019; Doğan ve ark., 2020). Bu çalışmada incelenen iki çeşitte stoma genişliği 10.58 - 13.82 μm arasında, stoma boyu ise 13.75-18.75 μm arasında değişim göstermiştir. Stomaların görüntülenmesinde aynı tekniğin kullanılmasına karşın, stoma yoğunluğu bulgularımız önceki çalışmalara göre daha yüksek, stoma boyutları bulgularımız ise daha küçük değerlerdedir. Stomaların küçülmesi ve daralması/kapanması, bitkilerin kuraklıkkoşullarına gösterdikleri tepkilerden biridir. Diğer yandan asmada ve farklı bitkilerde

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

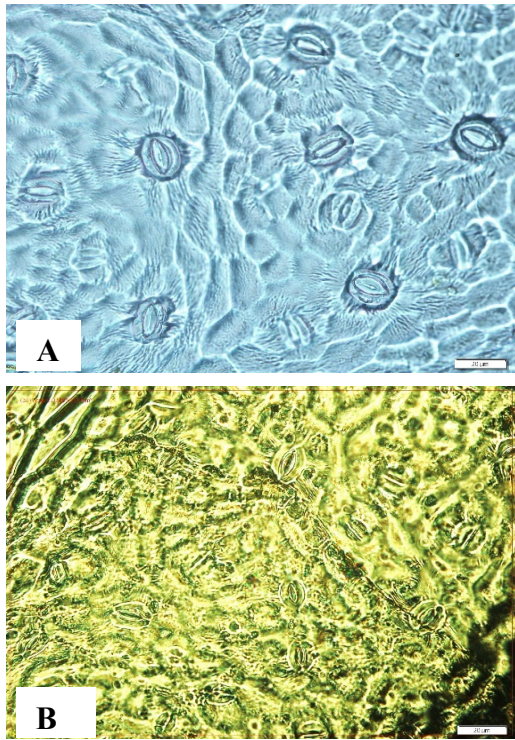
Çizelge 4. Vermikompost uygulamalarının stoma özelliklerine etkisi

Stoma özellikleri	Stoma yoğunluğu (adet mm ⁻²)			Stoma eni (µm)			Stoma boyu (µm)		
	01/05	25/05	26/06	01/05	25/05	26/06	01/05	25/05	26/06
Örnek alma tarihi	01/05	25/05	26/06	01/05	25/05	26/06	01/05	25/05	26/06
Çeşit									
Prima	234.6 b ^x	377.6	265.4 b	12.58	12.06	11.51 b	15.95	16.46	15.25 b
Black Magic	389.9 a	372.5	365.6 a	12.53	12.50	13.15 a	16.59	16.75	18.05 a
LSD %5	48.9	Ö.D.	39.7	Ö.D.	Ö.D.	0.79	Ö.D.	Ö.D.	0.73
<i>p değeri</i>	<0.0001	0.8434	<0.0001	0.8914	0.1967	0.0005	0.2399	0.3499	<0.0001
Vermikompost									
%0.05	315.9	354.4	325.2	12.39	12.17 ab	12.18 ab	15.81	17.14 a	15.87 c
%0.1	271.2	393.0	315.9	12.81	11.88 b	12.68 a	16.16	16.20 bc	16.96 ab
%0.2	304.4	362.9	294.3	12.34	11.95 b	11.48 b	16.54	16.04 c	16.12 bc
Kontrol	357.5	389.9	326.7	12.69	13.12 a	12.98 a	16.58	17.04 ab	17.66 a
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	0.98	1.12	Ö.D.	0.92	1.04
<i>p değeri</i>	0.1069	0.6264	0.6043	0.7413	0.0597	0.0582	0.6987	0.0445	0.0085
İnteraksiyon									
Prima x %0.05	223.5	388.3	263.5	12.23	12.00	11.52	15.55	16.84 ab	13.75
Prima x %0.1	200.3	388.3	294.3	13.17	11.71	11.78	16.06	15.94 bc	15.60
Prima x %0.2	246.6	376.0	249.6	12.26	11.39	10.58	16.09	15.40 c	15.10
Prima x Kontrol	268.1	357.5	254.3	12.66	13.13	12.13	16.10	17.66 a	16.56
Black Magic x %0.05	408.4	320.3	386.8	12.54	12.34	12.83	16.06	17.45 a	18.00
Black Magic x %0.1	342.1	397.6	337.5	12.46	12.05	13.58	16.26	16.46 abc	18.32
Black Magic x %0.2	362.1	349.8	339.0	12.41	12.51	12.37	16.98	16.68 abc	17.15
Black Magic x Kontrol	446.9	422.2	399.1	12.72	13.10	13.82	17.05	16.42 abc	18.75
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	1.30	Ö.D.
<i>p değeri</i>	0.6874	0.3190	0.2791	0.7563	0.6599	0.9619	0.9510	0.0589	0.1377

* Aynı sütunda farklı harf alan uygulamalar arasındaki fark önemlidir ($p \leq 0.05$) Ö.D.: Önemli değil

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

yapılmış çalışmalarda sıcak ve kurak koşullarda yetişen bitkilerde stoma sayısının arttığı ve su kaybını önlemek için boyutlarının küçüldüğü belirtilmektedir (Düzenli ve Ağaoglu, 1992; Nerva ve ark., 2023). Bu çalışmanın yürütüldüğü Çukurova bölgesinin yüksek sıcaklık ve yoğun güneşlenme etkisi altında olması, farklı ekolojilerde elde edilen bulgulara göre stoma boyutlarının küçük ve sayılarının birim yaprak alanında fazla olmasının bir sebebi olarak yorumlanmıştır.



Şekil 1. İncelenen üzüm çeşitlerinde stomalara ait mikroskopik görüntüler (ölçek: 20 µm)
A: Prima, B: Black Magic

Sonuç

Çalışmada, Prima ve Black Magic üzüm çeşitlerinde yapraktan vermikompost uygulamasının yaprak besin maddesi konsantrasyonu üzerinde önemli etki yapmadığı, ancak verim, salkım ağırlığı ve tane özellikleri bakımından bir ölçüde olumlu etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, stoma sayısı ve boyutlarında ciddi bir değişim

oluşturmaması, uygulamaların bitkinin fizyolojik fonksiyonlarını engellememesi bakımından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. İncelenen parametrelerden, özellikle omca verimi, salkım ağırlığı, tane ağırlığı, tane uzunluğu ve genişliği ile SÇKM miktarı bakımından en iyi sonuçlar en yüksek konsantrasyon olan %0.2 vermikompost dozundan elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, bitki besin elementi konsantrasyonu ve diğer parametrelerde beklenen artışın, daha yüksek vermikompost uygulama dozları ile sağlanabileceği ve sonraki çalışmalarda daha yüksek vermikompost dozlarının denenmesinde fayda olacağı kanaatine varılmıştır.

Kaynaklar

- Abd El-Rahman, M. M. A., Bakr, A. A. A. (2022) Effect of using vermicompost and biofertilizers as partial alternatives for chemical fertilizers on growth and fruiting of Superior grapevines. *Scientific Journal of Agricultural Sciences* 4(1):23-32.
- Açıkbaz, B., Bellitürk, K. (2016) Vermikompostun 5 BB/Trakya İlkeren aşu kombinasyonundaki asma fidanlarının kök gelişimine etkisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 31(3):179-184 (Özel Sayı).
- Ağaoglu, S. (2002) Bilimsel ve Uygulamalı Bağcılık. Cilt II. Asma Fizyolojisi, Kavaklıdere Eğitim Yayınları No:5 Ankara.
- Alonso-Villaverde, V., Boso, S., Santiago, J. I., Gago, P., Martínez, M. C. (2011) Variability of the stomata among Albariño (*Vitis vinifera* L.) clones and its relationship with susceptibility to downy mildew. *Vitis* 50(1):45-46.
- Amerine, M.A., Ough, C.S. (1980) Methods for analysis of musts and wines. New York Wiley-Interscience.
- Atalan, M., Tangolar, S. (2021) Grape yield, quality and nutritional status of Early Cardinal (*V. vinifera* L.) in response to growth substrate and fertilizer applications in soilless culture: *Agricultural and Natural Research &*

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

- Reviews. Kunter, B., Keskin, N. (Eds.) 149-171, Livre de Lyon, France.
- Bellitürk, K. (2016) Sürdürülebilir tarımsal üretimde katı atık yönetimi için vermikompost teknolojisi *Çukurova Journal of Agriculture and Food Sciences* 31(3):1-5 (Özel Sayı)
- Bilir Ekbiç, H., İlhan, M. (2024) Farklı asma anaçlarının tuz stresine dayanımları üzerine solucan gübresinin etkisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 39(1):56-67.
- Bremner, J. M. (1965) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, *Agronomy Monograph* 9, 2.
- Ceritoğlu, M., Şahin, S., Erman, M. (2019) Vermikompost üretim tekniği ve üretimde kullanılan materyaller. *Turkish Journal of Agricultural Research* 6(2):230-236.
- Copper, A. W., Koundouras, S., Bastian, S. E., Johnson, T. E., Collins, C. (2022) Assessing the response of *Vitis vinifera* L. cv. Xynisteri to different irrigation regimes and its comparison to cvs. Maratheftiko, Shiraz and Sauvignon Blanc. *Agronomy* 12 (3):634.
- Doğan, A., Uyak, C., Akçay, A., Keskin, N., Şensoy, R. İ. G., Çelik, F., Kunter, B., Çavuşoğlu, Ş., Özrenk, K. (2020) Determination of chlorophyll amounts and stoma densities of grape cultivars grown in Hizan (Bitlis) conditions. *YYU Journal of Agricultural Science* 30(4):652-665.
- Düzenli, S., Ağaoğlu, Y. S. (1992) *Vitis vinifera* L.'nin bazı çeşitlerinde stoma yoğunluğu üzerine yaprak yaşının ve yaprak pozisyonlarının etkisi. *Doğa-Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 16:63-72.
- Edwards, C. A. (1995) Commercial and environmental potential of vermicomposting. *BioCycle* 62-63.
- Elsayed, Y.A., El-Shewaikh, Y.M.E. (2023) The efficiency of using vermicompost and some bio-safe stimulants in recovering yield and quality of Flame Seedless cv. in degraded vineyard. *Horticulture Research Journal*, 1(1): 13:29.
- Flores, K. M. (2014) Root stimulation using vermi-products in grapevine propagations. Wine and Viticulture Department, Viticulture concentration, California Polytechnic State University, San Luis Obispo (CPSU, SLO) <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1002&context=wvisp>, Accessed: 22 March 2024.
- Fritz, J. I., Franke-White, I. H., Haindl, S., Insam, H., Braun, R. (2012) Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology* 58:836-847.
- Gökbayrak, Z., Dardeniz, A., Bal, M. (2008) Stomatal density adaptation of grapevine to windy conditions. *Trakia Journal of Sciences* 6(1):18-22.
- Güler, S., Kunter, B., Sehit, A. (2024) Stomatal density, type and their relationships with leaf morphological traits in *Vitis vinifera* L. varieties. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences* 8(1):78-87.
- Huang, K., Li, F., Wei, Y., Chen, X., Fu, X., (2013) Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by "*Eisenia foetida*". *Bioresource Technology* 150:235-241.
- İşçi, B., Altındışlı, A., Kaçar, E. (2015) Farklı anaçlar üzerine aşılı farklı üzüm çeşitlerinde stoma dağılımı üzerine araştırmalar. *COMU Journal of Agriculture Faculty* 3(1):35-39.
- Javed, M., Khan, K.S., Akmal, M., Qureshi, K.M. (2017) Vermicompost application improves yield and quality of table grapes var. King's Ruby (*Vitis vinifera*). *International Journal of Biosciences* 10(1):152-164.
- Kacar, B. (1972) Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. *Bitki Analizleri*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 453s.

Yapraktan Vermikompost Uygulamasının Black Magic ve Prima Üzüm Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Stoma Özellikleri ile Yaprak Besin Elementi Konsantrasyonuna Etkisi

- Koç, B., Bellitürk, K., Çelik, A., Baran, M. F. (2021) Effects of vermicompost and liquid biogas fertilizer application on plant nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau* 63 (Suppl 1):S89–S100.
- Kunter, B., Çakmak, G., Keskin, N., Değirmenci-Karataş, D., Kunter, B. (2015) İyonize radyasyon uygulamalarıyla elde edilmiş üzüm genotiplerinde stoma özellikleri üzerinde araştırmalar. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi-A* 27 (Özel Sayı):34-39.
- Manyuchi, M. M., Phiri, A., Muredzi, P., Chitambwe, T. (2013) Comparison of vermicompost and vermivash bio-fertilizers from vermicomposting waste corn pulp. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 7(6):389-392.
- Marasalı, B., Aktekin, A. (2003) Sulanan ve sulanmayan bağ koşullarında yetiştirilen üzüm çeşitlerinde stoma sayısının karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 9(3):370-372.
- Martínez, L.M., Vallone, R.C., Piccoli, P.N., Ratto, S.E. (2018) Assessment of soil properties, plant yield and composition, after different type and applications mode of organic amendment in a vineyard of Mendoza, Argentina. *Revista FCA UNCUYO* 50(1):17-32.
- Nerva, L., Chitarra, W., Fila, G., Lovat, L., Gaiotti, F. (2023) Variability in stomatal adaptation to drought among grapevine cultivars: genotype-dependent responses. *Agriculture* 13, 2186.
- Odabaşoğlu, M. I., Gürsoz, S. (2019) Leaf and stomatal characteristics of grape varieties (*Vitis vinifera* L.) cultivated under semi arid climate conditions. *Fresenius Environmental Bulletin* 28(11A):8501-8510.
- OIV, International Organization of Vine and Wine, (2021) Standard on minimum maturity requirements for table grapes. <https://www.oiv.int/node/3475>.
- Palenzuela, M.d.V., López de Lerma, N., Sánchez-Suárez, F., Martínez-García, R., Peinado, R.A., Rosal, A. (2023) Aroma composition of wines produced from grapes treated with organic amendments. *Applied Sciences* 13, 8001.
- Rosado, D., Ramos-Tapia, I., Crandall, K. A., Pérez-Losada, M., Domínguez, J. (2022) Grapevine treatment with bagasse vermicompost changes the microbiome of Albariño must and wine and improves wine quality. *OENO One* 56(3):219–230.
- Sabır, A., Sağdıç, K., Sabır, F. K. (2021) Vermicompost, humic acid and urea pulverizations as sustainable practices to increase grape yield and quality on the face of climatic extremities. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences* 14(2):114-123.
- Tangolar, S., Tangolar, S., Turan, M., Atalan, M., Ada, M. (2022) The effects of different substrates with chemical and organic fertilizer applications on vitamins, mineral, and amino acid content of grape berries from soilless culture: *Recent Research and Advances in Soilless Culture*. Turan, M., Argin, A., Yildirim, E., Güneş, A. (Eds). IntechOpen, 1-23.
- VIVC, Vitis International Variety Catalogue (2024).<https://www.vivc.de/index.php?r=passport%2Fview&id=14398>.



Araştırma Makalesi

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

Mihriban NAMLI¹, Pınar ADIGÜZEL^{2*}, Şenay KARABIYIK², İlknur SOLMAZ²

ÖZ

Meyve tutumunun tohum gelişimine bağlı olduğu karpuzda çiçek tozu kalite ve miktarının yüksek olması meyve verim ve kalitesini artırmaktadır. Çalışmada üç farklı karpuz çeşitlerinde yapraktan, topraktan ve toprak+yapraktan bor uygulamasının çiçek tozu canlılık-çimlenme düzeyleri, çiçek tozu miktarı ve normal gelişmiş çiçek tozu oranı üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca çiçek tozları 2 farklı dönemde örneklenerek borun çiçekleri hangi dönemde etkilemeye başladığı ve etkinin ne kadar sürdüğü araştırılmıştır. Çalışma sonucunda borun özellikle çiçek tozu çimlenme düzeyi ile çiçek tozu sayısını olumlu yönde etkilediği, çiçek tozu canlılık ve oranında önemli bir etki yapmadığı, topraktan bor uygulamasının uygulama kolaylığı açısından daha ön plana çıktığı söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Citrullus lanatus* L., bor, çiçek tozu

Effect of Different Types of Boron Application on Pollen Quality and Quantity in Watermelon (*Citrullus lanatus* L.)

ABSTRACT

Seed development in watermelon depends on pollen quality. In study, the effects of boron application from foliar, soil and soil+foliar on pollen viability-germination levels, pollen quantity and normally developed pollen rate were investigated in three different watermelon. Also, pollens were sampled in 2 different periods and it was investigated in which period boron started to affect the flowers and how long the effect lasted. Consequently, it was determined that boron positively affected the pollen germination rate and amount but not significant effect on pollen vitality and rate of normally developed pollen. Also an easy method to apply boron in soil.

Anahtar Kelimeler: *Citrullus lanatus* L., boron, pollen

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-2474-7494, 0000-0001-7971-2518, 0000-0001-8579-6228, 0000-0003-2996-0286

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 05.09.2024

Kabul Tarihi: 03.12.2024

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

*E-posta: pinaradiguzel63@gmail.com

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

Giriş

Karpuz, (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai) *Cucurbitaceae* familyasında bulunan ekonomik önemi büyük, 22 kromozomlu, meyvesi yenen bir sebzedir (Atlı ve ark. 2021; Paris, 2023). Dünyada 99.957.595, ülkemizde ise 3.394.783 ton karpuz üretimi yapılmaktadır (FAO, 2023; TÜİK, 2023). Karpuzlarda iyi bir meyve tutumu için kaliteli çiçek tozlarının stigmaya sağlıklı bir şekilde ulaşması ve bu sırada yumurtalık ve tohum taslaklarının da sağlıklı ve kaliteli olması gerekmektedir (Razzaq ve ark. 2019; Karabıyık, 2022). Döllenme olayı ise çiçek tozu kalitesine bağlı olmakla birlikte meyve tutumu ve tohum kalitesini etkilemektedir. Bu durumda, tozlayıcı bitkinin çiçek tozu kalitesinin yüksek olması önem taşımaktadır (Shivanna ve Rangaswamy, 1992; Gaaliche ve ark. 2013).

Çiçek tozu kalitesinin belirlenmesi için en pratik ve etkili yöntem *in vitro* çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testleridir (Chatterjee ve ark. 2014; Sulusoglu ve Cavusoglu, 2014). Bu kapsamda, çiçek tozu canlılığının belirlenmesinde *in vitro* çiçek tozu canlılık testleri kullanılırken; stigma koşullarının taklit edildiği yapay ortamda çimlendirme yapılması, *in vitro* çiçek tozu çimlendirme testleri olarak tanımlanmaktadır (Adıgüzel ve ark. 2023). Bu nedenle çiçek tozunun kaliteli olmasını sağlamak meyve tutumununun birinci önceliğidir.

Bor; bitki hormon mekanizması, fotosentetik aktivite, verim ve kalite üzerine etki yapmaktadır (Shorrocks, 1997; Rerkasem ve ark. 2004; Deepika ve Pitagi, 2015; Barut ve ark. 2018; Adıgüzel ve ark. 2023). Bor en hareketli besin elementi olarak kabul edilmekle birlikte topraklarda genellikle eksik durumdadır (Wimmer ve Eichert, 2013; Goli ve ark. 2019; Hrmova ve ark. 2020). Bu eksiklik bitki gelişimi ve fonksiyonunun bozulması, tohum kalitesinin azalması (Sillanpaa, 1982; Dell ve ark. 2002; Kumar ve ark. 2012; Vera-maldonado ve ark. 2024), embriyoda gelişim deformasyonları nedeniyle bozuk şekilli meyvelerin oluşması (Dell ve Huang, 1997) gibi problemlere neden olmaktadır. Bor noksanlığının giderilmesinde özellikle yapraktan bor uygulamasının etkili bir yöntem olduğu ve borun floemden köklere kadar

iletildiği belirtilmiştir (Du ve ark. 2020). Bor ile ilgili yapılan litaretür çalışmalarında borun çiçek tozu kalitesini arttırdığı (Adıgüzel ve ark. 2023) bildirilmiştir. Çiçek tozu kalitesi hava koşullarından da etkilenmektedir (Saragih ve ark. 2013; Turner ve ark. 2013; Sakhi ve ark. 2014; Razzaq ve ark. 2017; Karabıyık, 2022). Günümüz problemlerinden küresel ısınma etkisinin sebep olduğu olumsuz hava koşulları düşünüldüğünde çiçek tozu kalitesinin çeşitler bazında nasıl değiştiğini değerlendirmek önemli bir durum olmakta ve bu durumun iyileştirilmesi yönünde yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır. *In vitro* çiçek tozu testlerinde bor, ortama eklenen en önemli elementlerden birisidir (Fang ve ark. 2016). Bu nedenle de borun çiçek tozu kalitesini arttıracığı öngörülmüştür.

Bu çalışmada, ticari karpuz çeşitlerinde borun topraktan, yapraktan ve toprak ve yapraktan birlikte uygulanması sonucunda *in vitro* koşullarda çiçek tozu kalitelerinin ne şekilde değiştiği ve bu etkinin ne kadar devam ettiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma Uygulama alanlarında bulunan açık arazide kurulmuştur. Çiçek tozu çalışmaları ise Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait Sitoloji ve Histoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak Starbust, Crimson Sweet ve Joker karpuz çeşitleri kullanılmıştır.

Araştırmada her bir karpuz çeşidi ve her bir uygulama için 4 tekerrür ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde deneme planlanmıştır. Bitkiler 30 Nisan 2019 tarihinde dikilmiş olup yetiştirme dönemi boyunca budama, sulama, gübreleme gibi kültürel bakım koşulları optimum düzeyde uygulanmıştır.

Denemede kullanılan karpuz bitkilerine 'toprak', 'yaprak' ve 'toprak + yaprak' olacak şekilde üç farklı bor uygulaması ile birlikte bir de herhangi bir uygulamanın olmadığı 'kontrol' uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar aşağıda belirtildiği şekilde Eti Maden Enstitüsü'ne ait Eti-Dot 67 (%21 Bor) kullanılarak yapılmıştır.

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

(1) Toprakdan bor uygulaması: Dikimden 1 hafta sonra (bitkiler 3-4 yapraklı aşamada iken) 1 kg/da Eti-Dot 67 kullanılarak bitkinin aktif kök bölgesine uygulama şeklinde yapılmıştır.

(2) Yapraktan bor uygulaması: Bitkiler 5-6 yapraklı aşamada iken 150g/100L Eti-Dot 67 olacak şekilde sırt pülverizatörü ile püskürtme şeklinde yapılmıştır.

(3) Toprakdan + Yapraktan bor uygulaması: Her iki uygulama birlikte (1) ve (2)'de belirtildiği şekilde uygulanmıştır.

(4) Kontrol uygulaması: Herhangi bir uygulamanın yapılmadığı, sadece bakım ve besleme işlemlerinin yapıldığı uygulama.

Bor uygulamaları sonrasında tam çiçeklenme dönemi (1. dönem) ve bu dönemden 3 hafta sonrasında (2. dönem) olmak üzere 2 farklı dönemde çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testlerinde kullanılacak erkek çiçekler alınmıştır. Ayrıca, çiçek tozu üretim miktarı ve normal gelişmiş çiçek tozu oranının belirlenebilmesi amacı ile henüz açmamış ancak bir gün içerisinde açacak erkek çiçekler alınmıştır. Böylece yapılan Bor uygulamalarının bitkide farklı çiçeklenme dönemlerinde etkili olup olmadığı da belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu durumda, 3 farklı karpuz çeşidine 4 farklı bor uygulaması yapılarak, birbirini takip eden 2 farklı dönemde çiçek tozlarının nasıl etkilendiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

a) Çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testleri

Çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testlerine materyal sağlamak amacıyla 1. ve 2. dönemde her uygulamadan en az 15'er adet erkek çiçek açmadan 1 gün önce kapatılmış ve ertesi sabah antezis sırasında alınarak hızlıca laboratuvara getirilmiştir. Alınan çiçeklerde çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testleri yapılmıştır. Bu kapsamda, çiçek tozu canlılık testleri %1'lik 2,3,5 Triphenyl Tetrazolium Chlorid (TTC) çözeltisi ile belirlenmiştir (Norton, 1966). Çiçek tozu canlılık testleri 3 tekerrürlü olacak şekilde hazırlanmış ve her tekerrürde 100 çiçek tozu değerlendirilmiştir. Mikroskop incelemesi sırasında koyu kırmızı boyanan çiçek tozları mutlak canlı, açık kırmızı ve pembe olanlar yarı canlı ve hiç boyanmayanlar ise cansız olarak değerlendirilmiştir. Yarı canlı olarak tabir edilen çiçek tozlarının teorik olarak yarısının canlı

olduğu kabul edilerek bu değerlerin mutlak canlı çiçek tozuna eklenmesi ile 'çiçek tozu canlılık düzeyi' hesaplanmıştır (Karabıyık, 2022).

Çiçek tozu çimlendirme testi 'petride agar' yöntemi ile 25°C'de 50 ppm Borik asite eklenmiş %1 agar + %10 sakaroz ortamında yapılmıştır (Kombo ve Sarı, 2019). Çiçek tozu çimlendirme testleri 3 tekerrürlü hazırlanmış olup, her petride en az 100'er çiçek tozunun sayımı yapılmıştır. Mikroskop incelemesi sırasında kendi çapından daha uzun çiçek tozu çim borusuna sahip olan çiçek tozları çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve çimlenmiş çiçek tozu sayısının toplam çiçek tozu sayısına oranlanması ile 'çiçek tozu çimlenme düzeyi' hesaplanmıştır.

b) Çiçek tozu üretim miktarı

Çiçek tozu üretim miktarının belirlenmesi amacıyla henüz açmamış ancak bir gün içerisinde açacak olan erkek çiçeklerden her uygulama için 15'er adet alınmış, 5'erli üç grup oluşturulmuş ve anterler filamentlerinden ayrılarak her grup ayrı ayrı olacak şekilde küçük kutulara alınmıştır. Bu şekilde yaklaşık iki hafta kurutulan anterlerde 'hemasitometrik yöntem' (Eti, 1990) kullanılarak çiçek tozu sayım ve hesaplamaları Karabıyık ve Sarıdaş (2023)'a göre gerçekleştirilmiştir. Çiçek tozu sayımları ile 'bir çiçekteki çiçek tozu miktarı' belirlenmiş, normal dışı gelişimlerin de değerlendirilmesi ile 'normal gelişmiş çiçek tozu oranı' belirlenmiştir (Anvari, 1977).

c) İstatistiksel analiz

Deneme 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş olup, istatistiksel analizler her dönem kendi içinde olacak şekilde çeşitler ve uygulamalar bazında tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen deneme desenine göre yapılmıştır. Elde edilen veriler JMP 13.2.0 paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklar LSD testine göre %5 önem düzeyinde sınıflandırılmıştır. Yüzde değerlere açılı transformasyonu uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Denemeden elde edilen çiçek tozu canlılık düzeyi verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre açıkta yapılan bor

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

uygulamasının toprak, yaprak, toprak+yaprak ve kontrol uygulamaları sonucunda çiçek tozu canlılık düzeylerine ait verilerin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiş ve değerler arasındaki farkların çok fazla olmamakla birlikte özellikle 2. dönemde istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda 1. dönemde yapılan bor uygulamasında kontrol uygulamasının daha yüksek değerler gösterdiği

(%93.8), 2. dönemde ise özellikle toprak+yaprak uygulamasından (%96.7) diğer uygulamalara göre daha yüksek canlılık değerleri elde edildiği belirlenmiştir. Çiçek tozu canlılık düzeyi bakımından denemeden elde edilen en düşük düzey olan %85.0 (Joker x toprak+yaprak) bile yeterli canlılık miktarını göstermiş olması borun çiçek tozu canlılığı üzerine önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Karpuz çeşitlerinde değişik dönemlerde yapılan Bor uygulamalarının çiçek tozu canlılık düzeyleri (%)¹

Uygulamalar	1. Dönem				2. Dönem			
	St ²	J	C	Uygulama Ort.	St	J	C	Uygulama Ort.
Toprak	92.1	92.0	91.6	91.9	91.8 cd	94.3 bcd	90.4 d	92.2 B
Yaprak	94.3	88.6	94.5	92.5	92.1 cd	92.9 bcd	93.3 bcd	92.8 B
Toprak+Yaprak	88.8	85.0	93.7	89.1	99.5 a	94.2 bcd	96.3 b	96.7 A
Kontrol	94.4	94.3	92.7	93.8	95.9 bc	92.5 bcd	92.9 bcd	93.7 B
Çeşit ort.	92.4	90.0	93.1		94.8 A	93.5 B	93.2 B	
P _{çeşit} : Ö.D. P _{çeşitxuyg} : Ö.D.	P _{uyg} : Ö.D.				P _{çeşit} : *	P _{uyg} : ***	P _{çeşitxuyg} : **	

¹ Yüzde değerlerin istatistiksel analizinde açılı transformasyonu uygulanmıştır.

²St: Starburst, J: Joker, C: Crimson Sweet'i ifade etmektedir.

ÖD: Önemli Değil; *: ***, P ≤ 0.001; **: P ≤ 0.01; *: P ≤ 0.05'i ifade etmektedir

Çiçek tozu çimlendirme oranına ait bulgular incelendiğinde, uygulanan borun her iki dönemde de çeşitler, uygulamalar ve çeşit x uygulama kombinasyonu değerlerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Yapılan çalışma sonucunda 1. dönemde sadece Starburst çeşidinde kontrol uygulamasına göre daha yüksek değerler alınmış olup, Joker ve Crimson Sweet çeşitlerinde kontrol uygulamasının çiçek tozu çimlenme düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum Starburst karpuz çeşidinin boru daha etkin kullanabildiğini gösterdiğini düşündürmektedir. İkinci dönemde ise bor uygulamasının etkisinin tüm çeşitlerde daha net görülmeye başladığı tespit edilmiş olup, yine en yüksek çimlenen çiçek tozunun Starburst çeşidinden elde edilmiştir. Söz konusu çeşitte uygulamalar bazında %34.5 ile kontrol uygulamasından en düşük değer elde

edilirken, bor uygulamalarında sadece topraktan ve sadece yapraktan uygulamada %65.1 değeri elde edilmiş, bunu toprak + yaprak uygulaması %62.3 ile izlemiştir. Joker ve Crimson Sweet çeşitlerinde ise değerler uygulamalara göre farklılık göstermiştir (Çizelge 2). Çiçek tozu çimlenme düzeyleri genel olarak değerlendirildiğinde, bor uygulamalarına en hızlı ve en yüksek tepkinin Starburst çeşidinde görüldüğü tespit edilmiştir. Bu kapsamda denemeye alınan her 3 çeşitte de kontrol uygulamasında özellikle 2. dönemde düşmeye başlamış olan çiçek tozu çimlenme düzeylerini oldukça yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durum yapılan bor uygulamaları ile yetiştirme sezonu boyunca kaliteli çiçek tozlarının olmasını sağlanabileceği ortaya koyulmuştur.

Çizelge 2. Karpuz çeşitlerinde değişik dönemlerde yapılan Bor uygulamalarının çiçek tozu çimlenme düzeyleri (%)¹

Uygulamalar	1. Dönem				2. Dönem			
	St ²	J	C	Uygulama Ort.	St	J	C	Uygulama Ort.
Toprak	87.7 a	61.5 b	71.8 b	73.7	65.1 ab	52.8 c-f	56.2 b-e	58.0 A
Yaprak	63.2 b	66.7 b	65.8 b	65.2	65.1 ab	65.9 a	44.6 f	58.6 A
Toprak+Yaprak	87.9 a	60.2 b	62.1 b	70.2	62.3 abc	48.5 ef	58.8 a-d	56.5 A

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

Kontrol	73.0 b	72.0 b	72.5 b	72.5	34.5 g	51.2 def	51.3 def	45.7 B
Çeşit ort.	77.9 A	65.2 B	68.1 B		56.8	54.6	52.7	
P _{çesit} : *** P _{uyg} : Ö.D. P _{çesitxuyg} : **					P _{çesit} : Ö.D. P _{uyg} : *** P _{çesitxuyg} : ***			

¹ Yüzde değerlerin istatistiksel analizinde açı transformasyonu uygulanmıştır.

²St: Starburst, J: Joker, C: Crimson Sweet'i ifade etmektedir.

ÖD: Önemli Değil; *: ***, P ≤ 0.001; **: P ≤ 0.01; *: P ≤ 0.05'i ifade etmektedir.

Yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen bir çiçekteki çiçek tozu üretim miktarı değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde değerler arasındaki farklılıkların çeşit, uygulama ve çeşit x uygulama interaksyonu bakımından her iki dönemde de istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Elde edilen değerler çeşitler açısından incelendiğinde, 1. dönemde en fazla çiçek tozu miktarının Starburst çeşidinden (212.569 adet) elde edilirken 2. dönemde en yüksek değer Joker (355.113 adet) çeşidinden elde

edilmiştir. Üretim miktarı değerleri uygulamalar açısından canlılık ve çimlenmeden farklı olmuş ve yapılan Bor uygulamaları ile her iki dönemde de tüm çeşitlerde kontrol uygulamasında göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Çeşit x uygulama kombinasyonlarında ise 1. dönemde değerler 123.000 (Crimson Sweet x kontrol) ile 243.450 adet (Crimson Sweet x toprak +yaprak) arasında değişmiş olup, 2. dönemde de değerler 135.600 adet (Crimson Sweet x Kontrol) 516.750 adet (Joker x Yaprak) arasında değişmiştir.

Çizelge 3. Karpuz çeşitlerinde değişik dönemlerde yapılan Bor uygulamalarının bir çiçekteki çiçek tozu üretim miktarı (adet/çiçek)

Uygulamalar	1. Dönem				2. Dönem			
	St ²	J	C	Uygulama Ort.	St	J	C	Uygulama Ort.
Toprak	208.875 abc	155.400 def	150.900 def	171.725 B	327.750 bcd	264.600 cd	297.600 bcd	296.650 BC
Yaprak	207.600 abc	214.125 ab	134.550 ef	185.425 B	241.500 cde	516.750 a	422.700 ab	393.650 A
Toprak+Yaprak	232.800 ab	168.500 cde	243.450 a	214.917 A	366.000 bc	313.600 bcd	248.000 cde	309.200 B
Kontrol	201.000 abc	193.200 bcd	123.000 f	172.400 B	225.000 de	325.500 bcd	135.600 e	228.700 C
Çeşit ort.	212.569 A	182.806 B	162.975 B		290.063 B	355.113 A	275.975 B	
P _{çesit} : * P _{uyg} : *** P _{çesitxuyg} : *					P _{çesit} : * P _{uyg} : *** P _{çesitxuyg} : **			

¹ Yüzde değerlerin istatistiksel analizinde açı transformasyonu uygulanmıştır.

²St: Starburst, J: Joker, C: Crimson Sweet'i ifade etmektedir.

ÖD: Önemli Değil; *: ***, P ≤ 0.001; **: P ≤ 0.01; *: P ≤ 0.05'i ifade etmektedir

Normal gelişmiş çiçek tozu oranı bakımından her iki dönemde de tüm uygulamaların %90'ın üzerinde değerler sergilediği ve uygulamalar arasında çok önemli bir farklılık bulunmamakla

birlikte değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak 1. dönemde çeşit ve uygulamalar, 2. dönemde ise çeşitler arasındaki farkların önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Karpuz çeşitlerinde değişik dönemlerde yapılan Bor uygulamalarının normal gelişmiş çiçek tozu oranları (%)

Uygulamalar	1. Dönem				2. Dönem			
	St ²	J	C	Uygulama Ort.	St	J	C	Uygulama Ort.
Toprak	96.1	95.9	97.5	96.5 AB	97.9	96.5	96.2	96.9
Yaprak	98.4	95.1	95.6	96.4 A	97.4	96.4	92.1	95.3
Toprak+Yaprak	94.7	91.2	95.4	94.0 C	97.3	93.9	95.6	95.6
Kontrol	95.4	93.5	95.4	94.8 BC	97.5	95.2	95.4	96.0
Çeşit ort.	96.2 A	93.9 B	96.1 A		97.5 A	95.5 B	94.8 B	96.9
P _{çesit} : * P _{uyg} : *** P _{çesitxuyg} : Ö.D.					P _{çesit} : ** P _{uyg} : Ö.D. P _{çesitxuyg} : Ö.D.			

¹ Yüzde değerlerin istatistiksel analizinde açı transformasyonu uygulanmıştır.

²St: Starburst, J: Joker, C: Crimson Sweet'i ifade etmektedir.

ÖD: Önemli Değil; *: ***, P ≤ 0.001; **: P ≤ 0.01; *: P ≤ 0.05'i ifade etmektedir

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

Yapılan çalışmada bor uygulamalarının çiçek tozu canlılık değerleri bakımından farklılık oluşturmaya da çiçek tozu çimlenme düzeyleri bakımından topraktan veya yapraktan bor uygulamasının daha yüksek canlılığa sahip çiçek tozu oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu durum daha önce Johri ve Vasil (1960) ile Luo ve ark. (2020) tarafından da bildirilmiş olup Bor'un özellikle çiçek tozu çim borusunun ilk oluşumunu etkileyerek, çimlenme gücünü de etkilediği bildirilmiştir. Çiçek tozu çimlenme oranı hem çevreye hem de çiçek tozu yoğunluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir (La Porta ve Roselli, 1991). Gök ve ark. (2005) 45 adet karpuz genotipini incelemiş, çiçek tozu canlılık oranının %49.65 ile %97.40 arasında, çiçek tozu çimlenme oranının ise %19.62 ile %89.43 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Diğer karpuz çalışmalarında ise çiçek tozu çimlenme oranının %68.25 ile %99.2 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir (Freeman ve ark., 2008; Adıgüzel ve ark. 2022). Karpuzda bor uygulaması yapılan diğer bir çalışmada çiçek tozu canlılık oranlarının %90.5 ile %97.1; çiçek tozu çimlenme oranlarının ise %51.98 ile %71.9 arasında değişim gösterdiği,

kontrole göre artış ve azalışlar olduğu bu durumun da borun uygulanma şekline göre değiştiğini bildirmişlerdir (Adıgüzel ve ark. 2023). Çalışmada genel olarak toprak içerikli bor uygulamalarından (toprak ve toprak+yaprak) en iyi sonuçlar alınmıştır. Bu durum yapılan diğer çalışmalarda da olduğu gibi bor varlığında çiçek tozu kalitesi ve miktarını artırması ile açıklanabilir (Goldberg ve ark. 2003; Ansari ve ark. 2018; Hidayat ve ark. 2021; Rahayu ve ark. 2023). Ayrıca çeşitler bor uygulamasına farklı tepkiler vermiş olsa da uygulama kolaylığı bakımından topraktan bor verilmesi çiçek tozu kalitesi anlamında yeterli düzeyde olacağı söylenebilir.

Birçok bitki gibi cucurbitlerde de çiçek tozu sayıları farklılık göstermektedir (Wijesinghe ve ark., 2020). Kaliteli bir çiçek tozu dışı çiçeğin tozlanmasını olumlu yönde etkileyerek meyve tutumunu arttırdığından önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (Chapman ve Goring, 2010). Yapılan deneme sonucunda çeşitler arasında çiçek tozu kalite ve miktarı bakımından farklılıklar olduğu belirlenmiş olup bu durumun bor uygulamaları ile de değiştiği ortaya konulmuştur. Denemede dönemler arasındaki farklılıklar da göze çarpmakta olup,

özellikle 2. dönemde bor uygulamalarının daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu durum çiçek tozu canlılık ve çimlenme düzeyinin düşmeye başladığı 2. dönemi çiçek tozu bakımından desteklemeye ve devam eden üretim sezonunda yeni gelen çiçeklerin de kaliteli olmasına yardımcı olunabileceği göstermektedir. Nitekim, bor uygulamalarının hava şartlarına (Gürsöz 1990; Nakamura ve Wheeler, 1992; Adıgüzel ve ark. 2023) ve kullanılan karpuz çeşidine göre (Şensoy ve ark. 2003; Freeman ve ark. 2008) de değişkenlik gösterdiği daha önce de bildirilmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında kavunda normal gelişmiş çiçek tozu oranlarının 91.78 ile 96.59 (Adıgüzel ve ark. 2023); çilekte bor uygulaması ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise farklı şekillerde yapılan bor uygulamasının yine normal gelişmiş çiçek tozu oranına etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Sarıdaş ve ark., 2021). Bu durum hava şartlarına kullanılan karpuz çeşidine göre değişiklik gösterebilir.

Sonuç

Günümüzde ekolojik koşulların özellikle tarımı önemli derecede etkilediği açıktır. Meyve tutumunun tohum gelişimine bağlı olduğu karpuz bitkisinde çiçek tozu kalite ve miktarının yüksek olması meyve verim ve kalitesini artırmaktadır. Bu nedenle yapılacak uygulamalarla çiçek tozu kalitelerinin artırılması gerekmektedir. Bor, yapılan diğer çalışmalar doğrultusunda meyve kalitesi ve verimini arttırdığından çiçek tozuna karşı etkisinin de olumlu yönde etki yapacağı düşünülmüş ve bu doğrultuda çalışma planlanmıştır. Çalışma sonucunda değerler çeşitlere ve uygulamalara göre değişiklik göstermiş, bor uygulamasının etkisi ile çiçek tozu kalitesinin artabileceği tespit edilmiştir. Bor uygulaması sonucu çiçek tozu kalitelerinin yüksek olması bitkinin daha sonra oluşan çiçeklerinin de kalitesinde artışlar olmuş, bu şekilde üretim sezonu boyunca kaliteli çiçek tozları elde edilmesini sağlamıştır. Bu bakımdan uygulama şekli açısından genel bir öneri yapılmaya da dikim esnasında veya hemen sonrasında topraktan yapılacak uygulamanın hem uygulama kolaylığı hem de çiçek tozu kalite ve miktarını yeterli düzeyde sağlayabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Adıgüzel, P., Karabıyık Ş., Namlı, M., Solmaz İ. (2023) Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) bor uygulamasının çiçek tozu kalitesi, miktarı

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

- ve çim borusu gelişimine etkisi. *Alatarım* 22(2):76-85.
- Adıgüzel, P., Solmaz, İ., Karabıyık, Ş. Sarı, N. (2022) Comparison on flower, fruit and seed characteristics of tetraploid and diploid watermelons (*Citrullus lanatus* Thunb. Matsum. and Nakai). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences* 6(4):704-710.
- Ansari, A. M., Chowdhary, B. M. (2018) Effects of boron and plant growth regulators on bottle gourd (*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(1):202-206.
- Anvari, S. F. (1977) Untersuchungen über das pollenschlauchwachstum und die entwicklung der samenanlagen in bezühung zum fruchtansatz bei sauerkirchen (*Prunus cerasus* L.) Diss. Univ. Hohenhein. 105.
- Athi, E., Solmaz, İ., Sarı, N. Kelebek, H. (2021) Determination of some agronomic and fruit quality characteristics of some watermelon accessions from turkish watermelon germplasm. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 9(8):1322-1328.
- Barut, H., Aykanat, S., Aşıklı, S., Selim, E. (2018) Bitkisel üretimde bor. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research* 1(1): 33-46.
- Chapman, L. A., and Goring, D. R. (2010) Pollen-pistil interactions regulating successful fertilization in the *Brassicaceae*. *Journal of Experimental Botany* 61(7):1987-1999.
- Chatterjee, R., Sarkar, S., Rao, G. N. (2014) Improvised media for in vitro pollen germination of some Species of *Apocynaceae*. *Int. J. Environ* 3:146-153.
- Deepika, C., and Pitagi, A. (2015) Effect of zinc and boron on growth, seed yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Arka Nishanth. *Current Agriculture Research Journal* 3(1): 85-89.
- Dell, B., Huang, L. (1997) Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil* 193, 103-120.
- Dell, B., Huang, L., Bell, R. W. (2002) Boron in plant reproduction. In *Boron in Plant and Animal Nutrition*, Springer, Boston, MA., 103-117
- Du, W., Pan, Z. Y., Hussain, S. B., Han, Z. X., Peng, S. A., & Liu, Y. Z. (2020) Foliar supplied boron can be transported to roots as a boron-sucrose complex via phloem in citrus trees. *Frontiers in Plant Science* 11: 250.
- Fang, K., Zhang, W., Xing, Y., Zhang, Q., Yang, L., Cao, Q. (2016) Boron toxicity causes multiple effects on *malus domestica* pollen tube growth. *Frontiers in Plant Science* 7:208.
- FAOSTAT, 2023 <http://www.fao.org> (Erişim Tarihi: 25.06.2024)
- Freeman, J. H., Olson, S. M., Kabelka, E. A. (2008) Pollen viability of selected diploid watermelon pollenizer cultivars. *HortScience* 43:274-275.
- Gaaliche, B., Majdoub, A. Trad, M., Mars, M. (2013) Assessment of pollen viability, germination, and tube growth in eight tunisian caprifig (*Ficus carica* L.) Cultivars. ISRN Agron. <https://doi.org/10.1155/2013/207434>.
- Gok, P., Yetisir, H., Solmaz, I., Sari, N., & Eti, S. (2005, September) Pollen viability and germination rates of 45 watermelon genotypes. In III International Symposium on Cucurbits 731 (pp. 99-102).
- Goldberg, S., Shouse, P. J., Lesch, S. M., Grieve, C. M., Poss, J. A., Forster, H. S., Suarez, D. L. (2003) Effect of high boron application on boron content and growth of melons. *Plant and Soil* 256:403-411.
- Goli, E., Hiemstra, T., & Rahnamaie, R. (2019) Interaction of boron with humic acid and natural organic matter: Experiments and modeling. *Chemical Geology* 515, 1-8.
- Gürsöz, N. (1990) Kavun (*Cucumis melo* var. *inodorus* ve *reticulatus*) ve karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf). ışınlanmış polenle uyartılan in situ partenogenetik embriyolardan in vitro kültürü ile haploid bitki eldesi. Yüksek Lisans tezi, 59 sayfa.
- Hidayat, C., Roosda, A. A., Fauziah, S. (2021) Various planting media and boron concentrations supporting growth and yield of melon on drip irrigation hydroponic system. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 694(1):012025.
- Hrmova, M., Gilliam, M., & Tyerman, S. D. (2020) Plant transporters involved in combating boron toxicity: beyond 3D structures. *Biochemical Society Transactions* 48(4):1683-1696.
- Johri, B. M., and Vasil, I. K. (1960) The pollen and pollen tube (pp. 1-13). Vieweg+ Teubner Verlag.

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

- Karabiyik, Ş. (2022) Effects of temperature on pollen viability and in vivo pollen tube growth in *Citrus sinensis*. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 95:100-104.
- Karabiyik, Ş., Sarıdaş, M. A. (2023) Assessment of pollen quality and quantity in White and Black Turkish *Myrtus communis* L. accessions, through In Vitro pollen germination under varied boric acid concentrations. *International Journal of Minor Fruits, Medicinal & Aromatic Plants* Vol. 9 (2):167-176, December 2023.
- Kombo, M. D., & Sari, N. (2019) Rootstock effects on seed yield and quality in watermelon. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 60(3):303-312.
- Kumar, S., Yadav, M. K., Yadav, Y. C. (2012) Effect of Foliar application of boron on growth, yield, quality and seed production of radish (*Raphanus Sativus* L.) cv. Jaunpuri Local. *Progressive Agriculture* 12(19):199-202
- La Porta, N., & Roselli, G. (1991) Relationship between pollen germination in vitro and fluorochromatic reaction in cherry clone F12/1 (*Prunus avium* L.) and some of its mutants. *Journal of horticultural science* 66(2):171-175.
- Luo, Y., Zheng, M., Ni, R., Ling, Y., Lü, Y., & Song, G. (2020) The source of boron in Quaternary sediments of Dangxiong Co, Tibetan Plateau, China. *Journal of Paleolimnology* 64:167-178.
- Nakamura, R. R., Wheeler, N. C. (1992) Pollen competition and paternal success in douglas-fir. *Evolution* 846-851.
- Norton, J. D. (1966). Testing of plum pollen viability with tetrazolium salts. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 89:132-134.
- Paris, H. S. 2023. The watermelon genome, *Compendium of Plant Genomes* 1-16.
- Rahayu, S., Firdhauzy, Y. L., Prasetyo, H., Setyohadi, D. P. S., and Cahyaningrum, D. G. (2023, April). Application of boron fertilizer and topping on female parent seed production of watermelon. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 1168, No. 1, p. 012009) IOP Publishing.
- Razzaq, M. K., Rauf, S., Khurshid, M., Iqbal, S., Bhat, J.A., Farzand, A., Gai, J. (2019) Pollen viability an index of abiotic stresses tolerance and methods for the improved pollen viability. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 32(4).
- Razzaq, M. K., Rauf, S., Shahzad, M., Ashraf, I., Shah., F. (2017) Genetic analysis of pollen viability: an indicator of heat stress in sunflower (*Helianthus annuus* L). *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research* 1(1):40-508.
- Rerkasem, B., Nirantrayagul, S., Jamjod, S. (2004) Increasing boron efficiency in international bread wheat, durum wheat, triticale and barley germplasm will boost production on soils low in boron. *Field Crops Research* 86:175-184.
- Sakhi, S., Okuno, K., Shahzad, A., Jamil, M. (2014) Evaluation of sorghum (*Sorghum bicolor* l) core collection for drought tolerance: pollen fertility and mean performance of yield traits and its components at reproductive stage. *International Journal of Agriculture And Biology* 16:251-260.
- Saragih, A. A., Puteh, A. B., Ismail, M. R. and Mondal, M. M. A. (2013) Pollen quality traits of cultivated ('*Oryza sativa*'L. Ssp. *indica*) and weedy ('*Oryza sativa*'var. *nivara*) rice to water stress at reproductive stage. *Australian Journal of Crop Science* 7(8):1106-1112.
- Sarıdaş, M. A., Karabiyik, Ş., Eti, S., and Paydaş Kargı, S. (2021) Boron applications and bee pollinators increase strawberry yields. *International Journal of Fruit Science* 21(1):481-491.
- Shivanna, K. R., Rangaswamy, N. S. (1992) Pollen biology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 119 s
- Shorrocks, V. M. (1997) The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant Soil* 193:121-148.
- Sillanpaa, M. (1982) Micronutrients and nutrients status of soils, A Global Study, FAO Soils Bulletin, No, 48, Rome.
- Sulusoglu, M., Cavusoglu, A. (2014) In vitro pollen viability and pollen germination in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L). *Sci. World J.* ID: 657123.
- Şensoy, A. S., Ercan, N., Ayar, F., Temirkaynak, M. (2003) *Cucurbitaceae* familyasındaki bazı sebze türlerinde çiçek tozlarının bazı morfolojik özellikleri ile canlılıklarının

Karpuzda (*Citrullus lanatus* L.) Farklı Şekillerde Yapılan Bor Uygulamasının Çiçek Tozu Kalite ve Miktarı Üzerine Etkisi

- belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 16(1):1-6.
- Turner, N. C., T. D. Colmer, J. Quealy, R. Pushpavalli, L. Krishnamurthy, J. Kaur, V. Vadez (2013) Salinity tolerance and ion accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salt stress. *Plant and Soil* 365:347-361.
- TÜİK. 2023. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 13.06.2024)
- Vera-Maldonado, P., Aquea, F., Reyes-Díaz, M., Cárcamo-Fincheira, P., Soto-Cerda, B., Nunes-Nesi, A. and Inostroza-Blancheteau, C. (2024) Role of boron and its interaction with other elements in plants. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1332459.
- Wijesinghe, S. A. E. C., Evans, L. J., Kirkland, L., and Rader, R. (2020) A global review of watermelon pollination biology and ecology: The increasing importance of seedless cultivars. *Scientia Horticulturae* 271:109493.
- Wimmer, M. A. and Eichert, T. (2013) Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. *Plant science* 203:25-32.



Araştırma Makalesi

**Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.)
Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite
Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve
Klorofil Miktarına Etkileri**

Semih TANGOLAR^{1*}, Saleh ALOMAR¹, Melike ADA²

ÖZ

Potasyum ve magnezyum bağcılıkta önemli besin elementlerindedir. Bu çalışmada, potasyum sülfatın (K_2SO_4) %1, %2 ve %4 konsantrasyonları ile magnezyum sülfatın ($MgSO_4$) %0.5, %1 ve %2 konsantrasyonlarının, ayrı ayrı ve kombinasyon halinde, yapraktan uygulamalarının, Early Cardinal ve Trakya İlkeren üzüm çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gübre uygulamaları; çiçeklenme öncesi, tane tutumu ve ben düşme dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Verim, salkım özellikleri ve tane kalitesi açısından en iyi sonuçlar %1 $MgSO_4$ + %2 K_2SO_4 uygulamasında elde edilmiştir. Klorofil düzeyi ve tane parlaklığı bazı uygulamalarla iyileşirken, besin maddelerine etkileri sınırlı kalmıştır. Optimize edilmiş yaprak uygulamalarının bağ performansını etkili bir şekilde artırdığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asma, bitki besleme, renklenme, üzüm, yapraktan gübreleme.

**Effects of Foliar Applications of Potassium and Magnesium on the Yield and
Quality Characteristics, Mineral Element Concentrations, Temperature and
Chlorophyll Amount of Trakya İlkeren and Early Cardinal Grape Varieties
(*Vitis vinifera* L.)**

ABSTRACT

Potassium and magnesium are essential nutrients in viticulture. This study investigated the effects of foliar applications of potassium sulfate (K_2SO_4) at 1%, 2%, and 4% and magnesium sulfate ($MgSO_4$) at 0.5%, 1%, and 2%, alone and in combination, on yield and quality characteristics of Early Cardinal and Trakya İlkeren grape varieties. Fertilizers were applied pre-flowering, at berry set, and veraison. The best results in yield, cluster characteristics, and berry quality were observed with 1% $MgSO_4$ + 2% K_2SO_4 . Chlorophyll level and berry brightness improved with specific treatments, while nutrient effects were limited. Optimized foliar applications enhance vineyard performance effectively.

Keywords: Grapevine, plant nutrition, coloring, grape, foliar fertilization.

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-7746-4258, 0009-0007-3996-3591, 0000-0001-5182-0787

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 23.08.2024

Kabul Tarihi: 17.12.2024

¹ Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sarıçam, Adana

² Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İdil, Şırnak

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

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

Giriş

Asma (*Vitis vinifera* L.), iklim ve toprak istekleri yönünden çok seçici olmaması, çoğaltma yöntemlerinin kolay olması, değişik kullanım şekillerine (sofralık, kurutmalık, şaraplık, şıralık) uygunluğu, meyvesi dışındaki diğer organlarından da (sürgün, çubuk, yaprak) yararlanılabilmesi ve önemli bir besin kaynağı olması gibi sebeplerden dolayı dünyada en fazla yaygınlık gösteren kültür bitkilerinden biri özelliğindedir (Tangolar ve ark., 2010; Çelik, 2011).

OIV verilerine göre, 2022 yılı itibariyle Dünyada 7 237 370 ha alanda bağcılık yapılmakta olup, toplam 77 272 391 ton üzüm elde edilmektedir (OIV, 2024). Dünyanın bağcılık yapılan ülkeleri arasında yapılan sıralamada Türkiye, bağ alanı bakımından 413 377 ha ile İspanya (954 724 ha), Fransa (795 335 ha), Çin (757 993 ha) ve İtalya'dan (718 198 ha) sonra 5.; toplam üzüm üretiminde ise 4 165 000 ton ile Çin (15 604 909 t), İtalya (6 444 103 t), Fransa (6 157 974 t), ABD (5 985 000 t) ve İspanya'dan (5 966 094 t) sonra 6. sırada yer almaktadır (OIV, 2024).

Akdeniz Bölgesi, bağ alanı ve üzüm üretimi açısından Türkiye'nin 2. önemli bölgesidir. Bölgede 522 277 da alanda 686 059 ton üzüm üretimi yapılmaktadır (TÜİK, 2021). Bölge, iklim özellikleri açısından iki kesime ayrılır. Birinci kesim, tüm Akdeniz sahil kuşağı ile bu kuşağın iç bölgeler ile temasını kesen Toros Dağları'nın eteklerini içine alır. Yüksek Etkili Sıcaklık toplamı (EST) değerleri ile subtropik karakterli tipik Akdeniz iklimine sahiptir. Bu yönüyle Akdeniz sahil kuşağı, Türkiye'nin erkenci sofralık üzüm üretimi açısından en uygun yöresidir. Bölgenin yayla kesiminde ise orta ve geç mevsimde olgunlaşan çeşitlerle, şıralık-şaraplık ve çekirdekli kurutmalık üzüm çeşitleri daha çok yetiştirilmektedir (Çelik ve ark., 1998).

Türkiye'de sofralık üzüm (Toplam 2 236 000 t) yetiştiriciliğinden geçimini sağlayan önemli bir kesim bulunmaktadır. Bu nedenle, iç ve özellikle dış pazarların çok hızlı değişim göstermesi ve farklı özelliklerdeki çeşitlere talep nedeniyle rekabet gücü yüksek kaliteli yeni çeşitlerin elde edilmesi ve bunlarla ilgili yetiştirme teknikleri tavsiyesi önem arz etmektedir.

Sofralık üzümlerde, salkımların büyük ve gösterişli, seyrek ve iri taneli, ince kabuklu, gevrek ve sulu, çekirdeksiz veya küçük çekirdekli, kendine özgü renk, tat ve aromalı bir örnek taneli olması arzu edilir (Winkler ve ark., 1974). Belirtilen özellikleri etkileyen faktörler arasında bitkilerin beslenme durumu önemli yer tutmaktadır. Kışları ılık geçen ve gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki farkların yeterince yüksek olmadığı Akdeniz Bölgesinin sahil kesimi gibi yerlerde üzümlerde renklenme sorunu ortaya çıkabilmektedir (Winkler ve ark., 1974; Yan ve ark., 2020).

Modern bağcılık tarımında yaprak gübrelerinin kullanımı önemli yer tutmakta ve giderek artmaktadır. Bu nedenle yapraktan uygulanan gübrelerin etkisi ile ilgili çalışmaların sürdürülmesi önem taşımaktadır (Topalovic ve ark., 2011; Duletic ve Mijovic., 2014; Esetlili ve ark., 2020). Bölgemiz üzüm üreticilerinin bazı sofralık üzüm çeşitlerinde, meyve verimini, tanelerde renklenmeyi, irilik ve diğer bazı kalite özelliklerini geliştirmek amacıyla diğer makro ve mikro besin elementleri yanında yapraktan uygulama şeklinde özellikle potasyum (K) ve magnezyum (Mg) gibi besin elementlerini ve bazı bitki büyümesini düzenleyici maddeleri zaman zaman uyguladıkları dikkati çekmektedir. Potasyum, tüm canlı organizmalar için mutlak gerekli bir makro elementtir. Potasyum, meyvelerdeki asit konsantrasyonlarını azaltmakta ve tartarik asit ile birleşerek sınırlı çözünürlüğe sahip potasyum bitartarat üretmektedir (Winkler ve ark., 1974; Lang, 1983). Potasyum elementinin asmalarda karbonhidratların sentezi ve taşınmasında, soğuğa dayanımda görev aldığı, organik asitleri nötralize ettiği, stomaların açılıp kapanmasında rol aldığı, bitkilerin su alımını düzenleyerek, kurağa dayanımlarına katkıda bulunduğu, birçok enzim sistemini etkilediği ve potasyuma en çok ihtiyacın olgunluk döneminde ortaya çıktığı bildirilmektedir (Winkler ve ark.,1974; Davies ve Zhang, 1991; Salisburg ve Ross, 1992; Spayd ve ark., 1993; Çelik ve ark., 1998; Walker ve ark., 1998; Leigh, 2001; Uzun, 2004; Çelik, 2011; Karimi, 2017). Noksanlıği hallerinde asmalarda az sayıda, küçük ve sık tanelere rastlanmaktadır. Çelik (2011)'e göre yapraklara

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

%0.8-1 konsantrasyonda KNO_3 püskürtme, noksanlığı gidermede etkili olmaktadır.

Magnezyum da, bitki büyümesi için mutlak gerekli bir makro elementtir. Magnezyum elementi klorofilin yapısında yer alması nedeniyle yaprakların yeşil renginin oluşması ve muhafazasında etkili bir elementtir. Magnezyum; fotosentez ve solunum ile DNA ve RNA oluşumunda ve büyüme ve gelişme için gerekli olan birçok enzimin aktivasyonunda görev almaktadır (Salisbury ve Ross, 1992; Çelik ve ark., 1998; Mengel ve Kirkby, 2001; Uzun, 2004; Çelik, 2011; Gerendas ve Fuhr, 2013). Magnezyum eksikliği asmalarda salkım sapı nekrozunu uyarmakta ve yaprak klorofil içeriğini azaltmaktadır. Özellikle yaşlı yapraklarda kloroz olarak görülür ve erken dökülmeye neden olur. Magnezyum eksikliği asmanın veriminde azalmaya neden olmaktadır (Majer, 2004). Bunların yanı sıra, Winkler ve ark. (1974) ve Çelik ve ark. (1998) ile Çelik (2011) K fazlalığının Mg eksikliğine neden olabileceğine, bu nedenle bitkilerde Mg'un K ile birlikte dikkate alınmasının önemine işaret etmişlerdir. Uygulamada Mg noksanlığını gidermek için %15'lik $MgSO_4$ tan toprağa 200 kg/da veya %16'lıktan %2-4 konsantrasyonda yapraktan uygulama önerilmektedir (Çelik, 2011).

Belirtilen kaynaklardan, asmalarda verim ile salkım ve tane özellikleri üzerine K ve Mg uygulamalarının önemli düzeyde etkileri olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, Early Cardinal ve Trakya İlkeren üzüm çeşitlerinin verimi ve kalite parametreleri ile yaprakların bitki besin element konsantrasyonu ve klorofil içeriği üzerine farklı K ve Mg konsantrasyonlarının etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma 2022 yılında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Bağı'nda yürütülmüştür. Çalışma alanının denizden yüksekliği 70 m olup, $37^{\circ} 01' 49''$ kuzey enlem derecesinde ve $35^{\circ} 22' 46''$ doğu boylamında bulunmaktadır.

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme laboratuvar analiz sonuçlarına göre Deneme alanı toprak bünyesi 0-

40 cm derinlikte killi-tınlı olarak belirlenmiştir. Toprağın 0-20 cm ve 20-40 cm derinliklerine ait analiz sonuçları sırasıyla şu şekildedir: pH 8.16 ve 8.29, EC (ds/m) 0.20 ve 0.16, Kireç %36.98 ve %44.50, Organik madde %1.86 ve %1.23, K 315.3 mg kg^{-1} ve 197.1 mg kg^{-1} , Mg 204.3 mg kg^{-1} ve 163.1 mg kg^{-1} , Fe 1.46 mg kg^{-1} ve 2.21 mg kg^{-1} , Zn 0.93 mg kg^{-1} ve 0.95 mg kg^{-1} , Mn 3.83 mg kg^{-1} ve 5.76 mg kg^{-1} , Cu 6.10 mg kg^{-1} ve 5.23 mg kg^{-1} , P_2O_5 5.22 kg da^{-1} ve 2.88 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir.

Deneme alanının bazı iklim özellikleri Çizelge 1' de verilmiştir.

Materyal

Çalışmada materyal olarak 1103 P asma anacı üzerine aşılı, 2 m sıra üzeri, 3.5 m sıra arası mesafelerle dikilmiş ve çift kollu kordon şeklinde terbiye edilmiş 5 yaşlı Early Cardinal ve Trakya İlkeren üzüm çeşitleri ile potasyum sülfat (%50 K_2O) ve magnezyum sülfat (%16 MgO) gübreleri kullanılmıştır.

Yöntem

Çalışmada, Early Cardinal ve Trakya İlkeren üzüm çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine potasyum sülfatın %0.0, %1.0, %2.0 ve %4.0 (w:v) konsantrasyonları ile magnezyum sülfatın %0.0 %0.5, %1.0 ve %2.0 (w:v) konsantrasyonlarının ayrı ayrı ve birlikte uygulamalarının (Toplam 16 uygulama) etkisi araştırılmıştır. Uygulama dozları, asmalara çiçeklenmeden önce (21 Nisan 2022), taneler bezelye büyüklüğündeyken (3-4 mm çapta) (20 Mayıs 2022) ve ben düşme başlangıcında (14 Haziran 2022) olmak üzere üç farklı dönemde yapraktan uygulama yoluyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan gübre uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla; verim, her bir omca için elde edilen ortalama salkım ağırlığı ile salkım sayısının çarpılması yoluyla bulunmuş, salkım özellikleri (ağırlığı, uzunluğu, genişliği ve büyüklüğü) ile tane özellikleri (yüz tane ağırlığı, yüz tane hacmi, uzunluğu, genişliği ve büyüklüğü) ve sıra özellikleri (Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM), asitlik, pH ve olgunluk indisi) standart yöntemlerle incelenmiştir (Tangolar ve ark., 2021). Asma yapraklarının klorofil düzeyi olgunluk döneminde her uygulama için sürgünlerin 1/3' lük orta kısmında

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

bulunan salkım üzerindeki sağlıklı yapraklarda SPAD-502 cihazı ile belirlenmiştir. Yaprak sıcaklığı 22 Haziran 2022 tarihinde (olgunluk dönemi) infrared termometre (Extech Instruments IR200) aleti kullanarak ölçülmüştür. Tane kabuğu olgunluktaki renk değerleri Minolta cihazı (CR-410T) ile CIE (Commission internationale de l'éclairage/Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) L*a*b* renk sistemi kullanılarak ölçülmüştür (Kontaxakis, ve ark., 2024). CIE renk alanı, L*a*b* olarak da bilinen ve CIE tarafından tanımlanmış bir renk alanıdır. Yaprakların besin elementi analizleri için ben düşme döneminde her uygulama için salkımların karşısından alınan yaprak örneklerinin ayaları kullanılmıştır. Yaprak ayaları, yaprak saplarından kesilerek ayrıldıktan sonra sırasıyla çeşme suyu ve saf su ile yıkanmış ardından, 65 °C'de etüvde 72 saat süreyle kurutulmuş ve agat değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Element içeriklerini belirlemek amacıyla öğütülen yaprak örneklerinden 0.2 g porselen krozelere tartılarak kül fırınında 500°C± 50°C'de yaklaşık 8-10 saat yakılmıştır. Kuru yakma yöntemine göre yakılan örneklerin üzerine 2 mL 1/3'lük HCL ve 18 mL saf su eklenerek toplam hacim 20 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözelti mavi bant filtre kâğıdı ile süzülüş ve örneklerin element içerikleri standart yöntemlere göre analiz edilmiştir (Kacar, 1972; MEGEP, 2011). Yaprak örneklerinde N, Kjeldahl cihazı kullanılarak (Bremner, 1965), yaprakların P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn içerikleri ise Perkin Elmer Optima 7000 DV ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir.

Deneme deseni ve istatistik analiz

Araştırma, 3 yinelemeli ve her yinelemede 3 asma olacak şekilde iki faktörlü Tesadüf Blokları Deneme desenine göre düzenlenmiştir. Elde edilen bulguların varyans analizi her çeşit için ayrı olacak şekilde JMP (Pro 13.0.0) istatistik paket programı kullanılarak yapılmış ve farklı grupların saptanmasında %5 önem düzeyinde ($p \leq 0.05$) LSD testinden yararlanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Verim, Salkım Ağırlığı, Tane Ağırlığı ve Şıra Bulguları

Çalışmada yapraktan gübre uygulamalarının hem Trakya İlkeren hem de Early Cardinal üzüm çeşitlerinde verim, salkım ve tane ağırlığı ile şıra özelliklerine etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Trakya İlkeren'de uygulama dozlarının etkisi incelendiğinde verim ve salkım ağırlığı değerlerinin sırasıyla 11808 g omca⁻¹ ve 488.6 g ile %2 MgSO₄+%1 K₂SO₄ uygulamasında daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yüz tane ağırlığı bakımından en yüksek değer %4 K₂SO₄ uygulamasından (424.9 g) elde edilmiştir. Şıra analiz değerleri incelendiğinde en yüksek SÇKM %2 K₂SO₄ uygulamasından (%16.87) alınırken, en yüksek pH ve olgunluk indisi değerleri %2 MgSO₄+%2 K₂SO₄ 'tan (sırasıyla, 3.31 ve 29.25) elde edilmiştir. Farklı gübre uygulamalarından elde edilen en yüksek asitlik değerini (0.673 g 100 mL⁻¹ şıra) %0.5 MgSO₄ uygulaması vermiştir (Çizelge 2). Early Cardinal çeşidinde, verim ve salkım özelliklerinin farklı gübre uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiği bulunmuştur. Verim ve salkım ağırlığı, sırasıyla 8279 g omca⁻¹, 395.5 g, değerleriyle %1 MgSO₄+%2 K₂SO₄ uygulamasında daha yüksek çıkmıştır. Bu çeşitte en yüksek 100 tane ağırlığı (638.9 g) değeri, %2 MgSO₄+%2 K₂SO₄ uygulamasından alınmıştır. Aynı çeşitteki SÇKM'nin en yüksek değeri (%17.03) %2 MgSO₄+%1 K₂SO₄ 'tan elde edilmiştir. En yüksek asitlik değeri %2 MgSO₄'tan alınan 0.481 g 100 mL⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Bu çeşidin asmalarına %0.5 MgSO₄+%2 K₂SO₄ uygulaması ile elde edilen pH değeri (4.47) diğer uygulamalara göre daha yüksek bulunmuştur. Farklı gübre uygulamalarından alınan en yüksek olgunluk indisi (40.57) değeri ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3). Ben Yahmed ve Ben Mimoun (2018)' nun çalışmasında, yapraktan püskürtme ve topraktan fertigasyonla potasyum nitrat ve sülfat uygulamasının 'Superior Seedless' üzüm çeşidinin verim ve kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda kontrole kıyasla hem verimde hem de kalite özelliklerinde önemli artış sağlanmıştır. Potasyum ve Mg'un birlikte uygulamalarına başka bir örnek olarak Zlámalová ve ark. (2015)' nin çalışması verilebilir. Araştırmacılar, Zweigelt üzüm çeşidinde (*Vitis vinifera* L.) yapraktan

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

12.44 kg ha⁻¹ K₂SO₄, 3.86 kg ha⁻¹ MgSO₄ ve 6.22 kg K ha⁻¹ + 1.93 kg Mg ha⁻¹ uygulamış ve verim ile SÇKM ve diğer sıra özellikleri kontrole göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Yapraktan K₂SO₄ uygulamasının belirtilen sonuçları yanında, Shalan (2020)' in çalışmasında topraktan 100, 150 ve 200 g asma⁻¹ konsantrasyonda uygulanan K₂SO₄ gübresinin de Crimson Seedless üzüm çeşidinin veriminde ve salkım özelliklerinde önemli bir artışa sebep olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte Singh ve Usha (2001)' nin Hindistan'da yaptığı çalışmasının sonucuna göre de, farklı dozlarda yapraktan Mg, Fe ve B uygulamasının 'Perlette' üzüm çeşidinin verim ve salkım özelliklerinde kontrole kıyasla iyileşme sağlandığı bildirilmiştir. El-Badawy (2019) tarafından yapılan iki yıllık bir çalışmada, Crimson Seedless asma çeşidinin (*Vitis vinifera* L.) üzüm verimi ve kalitesine %48 K₂O ve %16 MgO'nun etkisi, 60, 90, 120 ve 150 kg/4.2 da dozlarda K₂SO₄ topraktan; 0, 100, 200 ve 300 mg kg⁻¹ oranlarında MgSO₄ yapraktan uygulanarak incelenmiştir. Tane ağırlığı bakımından en yüksek değerlerin, her iki yılda 150 kg/4.2 da potasyum ve 300 mg kg⁻¹ Mg ile uygulamadan alındığı belirtilmiştir.

Abd El-Razek ve ark. (2011)' nin üç K dozunun (240, 285 ve 330 kg ha⁻¹) 'Crimson Seedless' çeşidinde etkisini inceledikleri çalışmada yüksek K dozlarının, SÇKM'nin artması ve asit konsantrasyonunun azalması şeklinde bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Al-Moshileh ve Al-Rayes (2004)'te de yapraktan dört farklı dozda (0, 500, 1000 ve 5000 kg ha⁻¹) K uygulamasının

Thompson Seedless' te SÇKM ve asitlik üzerine benzer etkisi saptanmıştır.

Klorofil Miktarı ve Yaprak Sıcaklığı Bulguları

Çalışmada farklı gübre uygulamalarının yaprak klorofil miktarı üzerine etkisi çeşitlere göre değişmiştir. Trakya İlkeren yapraklarının klorofil miktarı üzerine farklı dozlarda gübre uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Bu çeşitte %1 MgSO₄ + %2 K₂SO₄ uygulamasından 42.33 klorofil miktarı ile diğer uygulamalarla kıyasla en yüksek değer elde edilmiştir (Çizelge 4). Early Cardinal çeşidinde ise farklı gübre uygulamalarının yaprak klorofil miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4 ve Çizelge 5' de verilen yaprak sıcaklık değerleri (infrared değerleri) her iki üzüm çeşidinde de önemli bulunmamıştır.

Demir ve Tangolar (2021)'in çalışmasında Black Magic çeşidinde uygulanan organomineral ve organik gübrelerin yaprak klorofil miktarı üzerine etkisi önemli bulunmamış; Prima üzüm çeşidinde ise (Tangolar ve ark., 2021) organik ve organomineral gübrelerin tam çiçeklenme döneminde birlikte uygulamasının etkisi önemli çıkmıştır. Zatloukalová ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada farklı dozlarda Mg uygulamalarından klorofil miktarının etkilenmemiş olduğu sonucuna varılmıştır. Demir ve Tangolar (2021) ile Tangolar ve ark. (2021)'na göre de Black Magic ve Prima üzüm çeşitlerinde organik ve organomineral gübrelerin yaprak sıcaklığı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

Çizelge 1. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Adana Bölge Müdürlüğü İstasyonu 2021 ve 2022 Yılı Bazı İklim Verileri

İklim Özellikleri	Aylar/ Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama sıcaklık (°C)	2021	11.7	13.0	14.0	18.3	23.9	25.9	30.0	30.6	27.3	22.6	17.4	11.9
	2022	8.9	12.4	10.9	20.0	22.8	26.6	29.4	29.5	27.3	23.4	17.8	13.9
Ortalama nispi nem (%)	2021	63.7	61.4	65.5	68.7	64.9	67.2	68.0	64.4	58.8	49.2	66.5	66.7
	2022	66.2	71.8	58.5	57.2	61.8	72.8	65.9	71.4	64.2	58.4	68.0	73.3
Toplam yağış (mm)	2021	108	23.4	46.4	44.6	4.6	0.4	0.0	1.2	4.6	2.6	48.8	219
	2022	239	89.2	107	4	9	31.9	0	1.2	2.3	11.3	118.5	38
Toplam güneşlenme (saat)	2021	123	186	195	210	288	290	278	271	253	1.1	15.7	117
	2022	102	116	1.6	228	256	242	318	256	280	208	164	160
Rüzgar hızı (m/s)	2021	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5	1.8	1.8	1.6	1.5	1.2	0.9	1.2
	2022	1.6	1.2	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.2	0.8	0.9	0.7
Toprak sıcaklığı 5 cm (°C)	2021	11.1	12.6	14.9	19.7	25.9	31.4	35.8	37.1	32.5	25.3	17.5	11.6
	2022	9.1	11.6	12.3	21.2	27.3	32.4	36.5	36.5	32.7	25.6	17.7	13.4
Toprak sıcaklığı 10 cm (°C)	2021	11.4	12.8	14.9	19.4	25.6	30.6	34.7	35.8	31.8	25.6	18.1	12.3
	2022	9.5	11.6	12.4	20.4	25.9	31.2	34.7	35.1	32.1	25.9	18.4	14.1
Toprak sıcaklığı 20 cm (°C)	2021	12.1	13.1	15.0	19.0	24.9	29.7	33.9	34.9	31.5	26.1	19.3	13.2
	2022	10.1	11.6	12.7	19.8	24.9	30.1	33.6	34.2	31.8	26.4	19.5	15.0
Toprak sıcaklığı 50 cm (°C)	2021	14.0	14.0	15.5	18.2	23.4	27.7	31.7	33.4	31.5	27.3	21.8	15.9
	2022	12.1	12.2	13.5	18.4	23.2	27.8	31.2	32.6	31.3	27.4	21.7	17.2

**Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.)
Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite
Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve
Klorofil Miktarına Etkileri**

Çizelge 2. Trakya İlkeren üzüm çeşidinde farklı uygulamaların verim, salkım ve tane ağırlığı ile sıra özellikleri üzerine etkisi

Uygulama ^x	Verim (g omca ⁻¹)	Salkım Ağırlığı (g)	100 Tane Ağırlığı (g)	SÇKM (%)	Asitlik (g 100 mL ⁻¹ şıra)	pH	Olgunluk İndisi
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	9061 bc ^x	366.3 bc	378.1 abc ^x	15.32 cd	0.585 bc	3.22 a-e	25.84 b-f ^x
%1 K ₂ SO ₄	9831 abc	393.0 abc	385.1 abc	15.13 d	0.590 bc	3.17 cde	25.65 b-f
%2 K ₂ SO ₄	11263 ab	445.5 ab	395.0 ab	16.87 a	0.593 bc	3.23 a-e	28.72 ab
%4 K ₂ SO ₄	9906 abc	403.2 abc	424.9 a	16.40 abc	0.600 bc	3.27 ab	27.40 abc
%0.5 MgSO ₄	10005 abc	406.9 abc	375.4 abc	15.40 cd	0.673 a	3.19 b-e	22.85 f
%1 MgSO ₄	10122 abc	403.5 abc	379.5 abc	15.72 a-d	0.575 bc	3.22 a-e	27.51 abc
%2 MgSO ₄	7616 c	303.5 c	332.3 c	13.83 e	0.583 bc	3.15 e	23.71 def
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	11255 ab	452.0 ab	412.7 ab	15.20 d	0.567 bc	3.22 a-e	26.90 abc
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	9950 abc	403.2 abc	413.3 ab	16.50 ab	0.620 ab	3.26 ab	26.50 a-d
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	11261 ab	461.1 ab	399.1 ab	15.63 bcd	0.583 bc	3.22 a-e	26.68 a-d
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	9776 abc	390.7 abc	268.5 bc	15.53 bcd	0.580 bc	3.21 b-e	26.72 a-d
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	10945 ab	444.4 ab	406.5 ab	16.17 a-d	0.623 ab	3.22 a-e	26.03 b-e
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	9569 abc	387.6 abc	370.4 bc	15.97 a-d	0.630 ab	3.24 a-d	25.48 c-f
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	11808 a	488.6 a	387.8 ab	15.13 d	0.560 bc	3.25 abc	27.22 abc
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	10063 abc	402.8 abc	375.6 abc	15.47 bcd	0.530 c	3.31 a	29.25 a
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	9674 abc	400.1 abc	396.9 ab	13.93 e	0.597 bc	3.16 de	23.40 ef
LSD %5	2630	105.4	53.5	1.08	0.070	0.09	3.08
P değeri	0.0288	0.0216	0.0188	0.0002	0.0086	0.0086	0.0097

^xAynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki düzeyde önemli farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$).

Çizelge 3. Early Cardinal üzüm çeşidinde farklı uygulamaların verim, salkım ve tane ağırlığı ile sıra özellikleri üzerine etkisi

Uygulama	Verim g omca ⁻¹	Salkım Ağırlığı (g)	100 Tane Ağırlığı (g)	SÇKM (%)	Asitlik (g 100 mL ⁻¹ şıra)	pH	Olgunluk İndisi
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	5786 e-h ^x	275.7 e-h	536.4 bc	16.57 ab	0.482 a	3.44 b	40.57 a
%1 K ₂ SO ₄	6682 cd	316.6 cde	517.8 bc	15.37 c-f	0.420 abc	3.34 b	36.65 bcd
%2 K ₂ SO ₄	6539 cde	310.3 cde	537.7 bc	16.50 ab	0.418 bc	3.38 b	39.48 ab
%4 K ₂ SO ₄	6917 bc	330.0 bc	555.2 ab	14.67 fg	0.408 bc	3.36 b	36.03 cd
%0.5 MgSO ₄	6704 bcd	321.0 bcd	540.9 bc	13.97 g	0.404 c	3.33 b	34.63 de
%1 MgSO ₄	7563 ab	361.9 ab	537.3 bc	16.27 abc	0.436 abc	3.49 b	37.89 a-d
%2 MgSO ₄	7166 bc	340.8 bc	536.1 bc	15.20 def	0.481 a	3.39 b	31.74 e
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	6431 c-f	305.8 c-f	549.4 bc	16.53 ab	0.416 bc	3.46 b	39.87 ab
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	5444 ghi	259.3 ghi	560.5 ab	15.70 b-f	0.448 abc	4.47 a	35.08 cde
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	4946 hi	234.7 hi	467.5 cd	15.87 b-e	0.456 abc	3.44 b	34.83 de
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	7147 bc	340.3 bc	579.0 ab	16.10 a-d	0.421 abc	3.49 b	38.24 abc
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	8279 a	395.5 a	588.8 ab	14.90 efg	0.428 abc	3.38 b	34.82 de
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	6528 cde	310.0 cde	512.3 bc	15.80 b-e	0.425 abc	3.49 b	37.29 a-d
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	4647 i	221.1 i	422.3 d	17.03 a	0.467 ab	3.38 b	36.51 bcd
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	5624 fgh	266.7 fgh	638.9 a	15.93 b-e	0.435 abc	3.45 b	36.64 bcd
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	5962 d-g	284.7 d-g	508.1 bc	16.73 ab	0.452 abc	3.47 b	37.28 a-d
LSD %5	869	42.8	85.1	1.06	0.063	0.70	3.38
P değeri	<0.0001	<0.0001	0.0091	<0.0001	0.0270	0.0307	0.0011

^xAynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki düzeyde önemli farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$).

**Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.)
Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite
Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve
Klorofil Miktarına Etkileri**

Çizelge 4. Trakya İlkeren üzüm çeşidinde farklı uygulamaların yaprak sıcaklığı ve klorofil miktarı (SPAD değerleri) üzerine etkisi

Uygulama	SPAD Değerleri	Yaprak sıcaklığı (°C)
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	37.96 bc ^x	32.87
%1 K ₂ SO ₄	35.92 c	32.15
%2 K ₂ SO ₄	37.03 bc	32.83
%4 K ₂ SO ₄	38.03 bc	32.37
%0.5 MgSO ₄	38.12 bc	31.18
%1 MgSO ₄	36.82 bc	30.97
%2 MgSO ₄	35.83 c	31.47
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	40.32 ab	31.55
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	40.25 ab	30.20
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	36.83 bc	32.72
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	36.15 c	31.45
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	42.33 a	29.67
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	37.67 bc	32.20
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	40.25 ab	31.25
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	38.73 abc	31.90
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	38.90 abc	31.02
LSD %5	4.01	Ö.D.
P değeri	0.0594	0.6836

^xAynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasında istatistikî düzeyde önemli farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$). Ö.D.: Önemli Değil.

Çizelge 5. Early Cardinal üzüm çeşidinde farklı uygulamaların yaprak sıcaklığı ve klorofil miktarı üzerine (SPAD değerleri) etkisi

Uygulama	SPAD Değerleri	Yaprak sıcaklığı (°C)
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	38.08 ^x	31.12
%1 K ₂ SO ₄	36.90	31.83
%2 K ₂ SO ₄	36.83	32.10
%4 K ₂ SO ₄	31.23	31.67
%0.5 MgSO ₄	36.17	31.50
%1 MgSO ₄	39.23	30.90
%2 MgSO ₄	34.77	30.42
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	37.13	29.97
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	34.87	32.37
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	37.20	28.30
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	37.93	27.67
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	34.30	33.23
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	33.40	30.17
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	28.73	30.93
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	37.40	32.37
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	31.53	34.27
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.
P değeri	0.2524	0.4980

^xÖ.D.: Önemli Değil.

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

Bitki Besin Maddesi Bulguları

Farklı gübre uygulamalarının her iki çeşitte de yapraklarda makro ve mikro besin elementlerinin konsantrasyonlarına etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur (Çizelge 5 ve 6). Bitki besin maddesi kapsamı nispeten yeterli olan bitkilerde bazen etkisiz olma durumu görülebilmektedir. Abd El-Razek ve ark. (2011) çalışmasında 'Crimson Seedless' üzüm çeşidinde 24, 36 ve 48 kg ha⁻¹ olarak yapılan N uygulaması ile birlikte uygulanan üç K dozunun (240, 285 ve 330 kg ha⁻¹) asma yaprak saplarının K konsantrasyonunu değiştirmediğini bildirmiştir. Nitekim Demir ve Tangolar (2021) ile Tangolar ve ark. (2021)'nin benzer koşullardaki bağıcılık araştırma alanında

yaptıkları çalışmada incelenen Black Magic ve Prima üzüm çeşitlerinde de organik ve organomineral gübrelerin makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonlarına etkisi önemli bulunmamıştır. Bunlara karşın Al-Moshileh ve Al-Rayes (2004) yapraktan dört farklı dozda (0, 500, 1000 ve 5000 kg ha⁻¹) K uygulamasının Thompson Seedless üzüm çeşidinde yaprak sapı N, P, K, Ca, Cu, Cl ve Na konsantrasyonlarında önemli artışa neden olmakla birlikte Fe' i azalttığını bildirmiştir. Esetlili ve ark. (2020) da araştırmaları sonucunda potasyum uygulamalarının yaprak makro ve mikro bitki besin element konsantrasyonları üzerine etkisini istatistiki olarak önemli bulmuştur.

Çizelge 6. Trakya İlkeren üzüm çeşidinde farklı uygulamaların yaprakların makro element içerikleri üzerine etkisi

Uygulama	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	2.65 ^x	0.17	0.65	3.69	0.31	110.52 ^x	13.64	66.22	5.47
%1 K ₂ SO ₄	2.40	0.13	0.55	3.66	0.31	109.41	12.38	63.27	5.18
%2 K ₂ SO ₄	2.68	0.14	0.79	4.23	0.37	126.97	14.72	78.26	5.73
%4 K ₂ SO ₄	2.47	0.23	0.88	4.35	0.39	126.22	16.01	85.96	5.58
%0.5 MgSO ₄	2.00	0.14	0.78	3.89	0.35	110.15	15.89	84.52	4.91
%1 MgSO ₄	2.57	0.14	0.86	4.39	0.40	133.78	16.90	80.80	5.26
%2 MgSO ₄	2.51	0.14	0.72	4.39	0.41	132.12	16.61	87.92	5.81
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	2.69	0.20	0.85	4.27	0.40	130.44	16.22	77.52	5.87
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	2.41	0.20	0.83	3.94	0.33	113.55	13.89	78.31	4.72
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	2.69	0.14	1.01	4.39	0.39	136.96	14.64	75.60	5.37
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	2.48	0.13	0.82	3.90	0.34	120.53	17.17	82.75	5.08
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	2.71	0.15	0.87	3.92	0.36	121.51	14.93	69.12	5.79
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	2.77	0.19	0.88	4.12	0.35	118.87	16.16	81.98	5.17
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	2.68	0.16	0.89	4.40	0.38	129.99	15.99	83.36	5.06
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	2.17	0.13	1.04	4.27	0.35	121.44	14.78	75.64	5.22
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	2.42	0.12	0.96	4.17	0.35	117.76	15.46	76.57	6.12
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
P değeri	0.092	0.165	0.198	0.270	0.609	0.462	0.938	0.593	0.915
Optimum değerler ^y	1.41-2.28	0.11-0.19	0.40-1.56	0.86-3.28	0.10-0.47	50-235	15-160	25-187	5-50

^xAynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki düzeyde önemli farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$). Ö.D.: Önemli Değil. ^yJones ve ark. (1991) ile Benito ve ark. (2015)'na göre düzenlenmiştir.

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

Çizelge 7. Early Cardinal çeşidinde farklı uygulamaların yaprakların mikro element içerikleri üzerine etkisi

Uygulama	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	2.37 ^x	0.11	0.62	3.65	0.44	112.92	12.18	71.10	6.11
%1 K ₂ SO ₄	2.20	0.12	0.66	3.45	0.42	100.45	12.26	63.23	6.07
%2 K ₂ SO ₄	2.35	0.12	0.56	3.20	0.35	98.06	11.03	44.12	5.75
%4 K ₂ SO ₄	2.41	0.11	0.85	3.64	0.39	112.41	11.78	43.69	6.19
%0.5 MgSO ₄	2.69	0.13	0.62	3.84	0.49	115.42	13.55	62.47	7.13
%1 MgSO ₄	2.55	0.11	0.83	4.05	0.49	126.11	13.29	78.55	7.35
%2 MgSO ₄	2.66	0.12	0.68	3.37	0.50	105.18	13.12	54.30	6.72
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	2.41	0.10	0.59	3.34	0.39	102.76	11.58	60.92	5.24
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	2.56	0.11	0.83	3.52	0.40	105.81	11.65	50.74	5.75
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	2.35	0.12	0.92	3.23	0.43	101.71	11.82	62.30	6.23
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	2.64	0.11	0.92	3.38	0.43	109.45	13.92	59.26	7.26
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	2.63	0.10	0.55	2.96	0.38	98.62	9.99	50.72	5.60
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	2.83	0.10	0.63	3.55	0.40	107.69	11.97	60.62	5.96
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	2.43	0.11	0.82	3.27	0.44	99.08	10.19	43.04	5.79
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	2.56	0.10	0.64	3.27	0.44	99.07	11.57	56.52	6.18
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	2.61	0.13	0.88	3.18	0.42	104.95	11.78	60.16	6.24
LSD %5	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.
P değeri	0.708	0.648	0.214	0.568	0.328	0.670	0.622	0.666	0.850
Optimum değerler ^y	1.41-2.28	0.11-0.19	0.40-1.56	0.86-3.28	0.10-0.47	50-235	15-160	25-187	5-50

^x Ö.D.: Önemli Değil.

^yJones ve ark. (1991) ile Benito ve ark. (2015)' na göre düzenlenmiştir.

Kabuk Rengi Bulguları

Çalışmada farklı gübre uygulamalarının her iki çeşitte de bazı renk özellikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Trakya İlkeren'de uygulanan gübre dozlarının CİE L*a*b* renk sistemi kullanılarak elde edilen renk üzerine etki değerleri Çizelge 8 'de sunulmuştur. En yüksek parlaklık değerlerinin (L*=28.57 ve 28.50) %1 MgSO₄ + %1 K₂SO₄ ile %2 MgSO₄+%2 K₂SO₄ uygulamalarından alındığı saptanmıştır. En yüksek a* değeri ise (3.17) %2 MgSO₄'tan elde edilmiştir. Kırmızı üzümün renk indeksi CIRG'nin en yüksek değeri %2 K₂SO₄'te bulunmuş, kabuk rengi ile ilgili olarak b*, Hue açısı ve Chroma değerleri bakımından gübre uygulamaları arasında önemli farklılıkların olmadığı saptanmıştır (Çizelge 8). Early Cardinal üzüm çeşidi tanelerinin parlaklığı bakımından en yüksek değer (L*=29.61) %1

MgSO₄ uygulamasında saptanmıştır. %0.5 MgSO₄ uygulamasının verdiği değerler en yüksek olarak (a*=7.02. b*=0.13. h*=-1.069.C*=7.04) bulunmuştur. En yüksek CIRG değeri (6.19) %2 MgSO₄+%4 K₂SO₄ uygulamasından tespit edilmiştir (Çizelge 9). El-Badawy (2019)'nin ayrıntıları daha önce verilen Crimson Seedless ile ilgili çalışmada, K ve Mg'un yüksek düzeyde birlikte uygulaması ile iki deneme yılında da en yüksek kırmızı tane yüzdesi ve en düşük yeşil tane yüzdesi yanında en yüksek antosiyanin içerik değerlerine ulaşılmıştır. Kırmızı üzüm çeşitlerinde OIV'nin belirlemiş olduğu CIRG değerlerine göre Early Cardinal'in CIRG değerinin 5.64 olduğu ifade edilmiştir. Bu değer bulgularımızı desteklemektedir.

**Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.)
Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite
Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve
Klorofil Miktarına Etkileri**

Çizelge 8. Trakya İlkeren çeşidinde farklı uygulamaların kabuk rengi üzerine etkisi

Uygulama	L*	a*	b*	Hue açısı	Chroma	CIRG
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	27.29 de ^x	2.30 bcd	-1.78	-37.97	2.91	7.22 a-d
%1 K ₂ SO ₄	27.37 de	2.65 abc	-1.93	-36.22	3.29	7.05 a-e
%2 K ₂ SO ₄	27.43 cde	1.96 cd	-2.20	-48.02	2.96	7.50 a
%4 K ₂ SO ₄	27.27 de	1.63 d	-2.23	-43.98	3.21	7.35 abc
%0.5 MgSO ₄	27.73 bcd	2.45 abc	-2.33	-43.49	3.39	7.18 a-d
%1 MgSO ₄	27.70 bcd	2.96 ab	-1.77	-31.10	3.46	6.78 de
%2 MgSO ₄	27.63 b-e	3.17 a	-1.77	-29.19	3.63	6.70 e
%0.5 MgSO ₄ +%1 K ₂ SO ₄	27.50 cde	2.89 ab	-2.07	-36.23	3.57	6.97 b-e
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	27.40 de	2.21 bcd	-1.73	-34.82	3.12	7.04 b-e
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	27.93 bc	2.31 bcd	-1.97	-40.47	3.04	7.12 a-e
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	28.57 a	2.65 abc	-2.30	-41.31	3.52	6.90 cde
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	27.17 e	1.97 cd	-1.87	-41.73	2.81	7.40 ab
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	27.37 de	2.29 bcd	-2.13	-42.98	3.13	7.31 abc
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	28.10 ab	2.41 abc	-2.20	-42.48	3.30	7.09 a-e
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	28.50 a	2.68 abc	-2.03	-38.28	3.39	6.84 de
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	27.73 bcd	2.49 abc	-1.90	-37.49	3.13	7.05 a-e
LSD %5	0.52	0.78	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	0.46
P değeri	<0.0001	0.033	0.090	0.076	0.148	0.044

^xAynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki düzeyde önemli farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$). Ö.D.: Önemli Değil.

Sonuç

Çoğu bahçe bitkilerine ait türlerde olduğu gibi asmalarda da bitki büyüme ve gelişmesine bağlı olarak yeterli üzüm miktarı ve kalitesinin elde edilmesinde yapraktan veya topraktan gübreleme etkili olmaktadır. Bu çalışma, K₂SO₄ ve MgSO₄ gübre uygulamalarıyla ilgili daha önce yapılan bazı çalışmalar ışığında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda farklı dozlarda yapraktan uygulanan K₂SO₄ ve MgSO₄ gübrelerinin Trakya İlkeren ve Early Cardinal üzüm çeşitlerinde verim, salkım özellikleri, tane özellikleri, sıra ve renk özellikleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Genel olarak; kullanılan gübre konsantrasyonlarının verim üzerindeki etkisinin Trakya İlkeren’de Early Cardinal’den daha belirgin olduğu görülmüştür. Farklı gübre uygulamalarının klorofil miktarına etkisi çeşide

göre değişmiştir. Early Cardinal çeşidinde farklı dozlarda uygulanan gübrelerin yaprak klorofil miktarına etkisi istatistiksel olarak önemli çıkmamışken Trakya İlkeren’de önemli çıkmıştır. Çalışmada yapraktan uygulanan gübrelerin her iki çeşitte de yaprak sıcaklığı ve yaprak makro ve mikro besin elementleri içerikleri üzerine etkisinin önemli çıkmadığı belirlenmiştir.

Sonuçta, çalışılan iki çeşitte de 2. ve 3. uygulamalardan sonra bir miktar yaprak yanıklığı gözlenen yalnız %4 K₂SO₄ ve %2 MgSO₄+%4 K₂SO₄ dışındaki yapraktan uygulamaların farklı amaçlara yönelik olarak bağların beslenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından Desteklenmiştir (Proje No: FYL-2022-15042).

**Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.)
Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite
Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve
Klorofil Miktarına Etkileri**

Çizelge 9. Early Cardinal çeşidinde farklı uygulamaların renk üzerine etkisi.

Uygulama	L*	a*	b*	Hue açısı	Chroma	CIRG
%0 K ₂ SO ₄ + %0 MgSO ₄	28.24 cde ^x	4.67 cd	-0.76 a-e	-9.87 b-e	4.77 c-f	5.76 a-d
%1 K ₂ SO ₄	27.86 def	4.76 cd	-0.99 de	-11.73 cde	4.87 c-f	5.86 abc
%2 K ₂ SO ₄	28.26 cde	5.56 c	-0.51 a-e	-5.74 a-d	5.59 cd	5.50 b-e
%4 K ₂ SO ₄	28.12 cde	4.79 cd	-1.15 e	-13.52 de	4.93 cde	5.86 abc
%0.5 MgSO ₄	29.11 abc	7.02 a	-0.13 a	-1.42 a	7.04 a	5.03 f
%1 MgSO ₄	29.61 a	5.39 c	-0.88 cde	-10.11 b-e	5.50 cd	5.43 c-f
%2 MgSO ₄	28.52 a-e	5.71 bc	-0.81 b-e	-8.63 a-e	5.79 bc	5.51 b-e
%0.5 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	27.90 de	4.19 de	-1.04 de	-13.06 de	4.64 def	5.93 ab
%0.5 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	28.44 b-e	5.37 c	-0.18 ab	-1.069 a	5.38 cd	5.37 def
%0.5 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	28.00 cde	4.21 de	-0.85 cde	-11.36 cde	4.29 ef	5.93 ab
%1 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	29.57 ab	5.75 bc	-0.87 cde	-8.63 a-e	5.82 bc	5.33 def
%1 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	28.92 a-b	5.51 c	-0.43 a-d	-4.52 abc	5.53 cd	5.36 def
%1 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	27.89 de	5.36 c	-0.41 a-d	-4.37 abc	5.37 cd	5.54 b-e
%2 MgSO ₄ + %1 K ₂ SO ₄	28.75 a-d	6.68 ab	-0.32 abc	-2.78 ab	6.69 ab	5.16 ef
%2 MgSO ₄ + %2 K ₂ SO ₄	26.74 f	4.84 cd	-0.51 a-e	-6.66 a-e	4.89 cde	5.92 ab
%2 MgSO ₄ + %4 K ₂ SO ₄	27.60 ef	3.42 e	-0.93 cde	-14.20 e	3.80 f	6.19 a
LSD %5	1.13	1.12	0.66	7.80	1.07	0.46
P değeri	0.0016	<0.0001	0.0632	0.0167	0.0001	0.0004

^xAynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasında istatistiki düzeyde önemli farklılık bulunmaktadır ($p \leq 0.05$).
Ö.D.: Önemli Değil.

Kaynaklar

Abd El-Razek E., Treutter D., Saleh M.M.S., El-Shammaa M., Fouad A.A., and Abdel-Hamid N. (2011). Effect of nitrogen and potassium fertilization on productivity and fruit quality of 'Crimson seedless' grape. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2: 330-340.

Al-Moshileh, A., and Al-Rayes, D. (2004). Effect of potassium fertilization regimes on petiole nutrient contents, yield and fruit quality of table seedless grapes. *In IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in West Asia and North Africa*: 24-28.

Ben Yahmed, J. and Ben Mimoun, M.(2018). Effects of foliar application and fertigation of potassium on yield and fruit quality of "Superior Seedless" grapevine.

In XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Water and Nutrient Relations and Management of 1253: 367-372.

Bremner, J. M. (1965). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, *Agronomy Monograph* 9, 2.

Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B. ve Söylemezoğlu, G. (1998). Genel Bağcılık. Sun Fidan AŞ. Mesleki Kitaplar Serisi, 253 s.

Çelik, S. (2011). *Bağcılık (Ampeloloji)*. Cilt 1 (3. Baskı). Anadolu Matbaa San. ve Tic. Ltd. Şti., Tekirdağ, 428 s.

Davies, W. and Zhang, J. (1991). Root signals and the regulation of growth and the development of plants in drying soil.

Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve Klorofil Miktarına Etkileri

- Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42: 55-76.
- Demir, S. ve Tangolar, S. (2021). Black Magic üzüm çeşidinde organik ve organomineral gübre uygulamalarının verim, kalite ve bitki beslemeye etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (1): 163-170.
- Duletic, D., and Mijovic, S. (2014). Yield and quality of grapes of the cardinal variety depending on different foliar fertilizers. *Agriculture and Forestry*, 60 (2): 85-91.
- El-Badawy, H.E.M. (2019). Implication of using potassium and magnesium fertilization to improve growth, yield and quality of Crimson seedless grapes (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Plant Production*, 10 (2): 133-141.
- Esetlili, B. Ç., Merken, Ö., Güler, A., Pekcan, T., Karabat, S., Ünal, A., Anaç, D., and Eryüce, N. (2020). Cabernet Sauvignon şaraplık üzüm çeşidinde farklı potasyumlu gübre uygulamalarının yaprak besin element içerikleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*: 9-16.
- Gerendas, J. and Fuhrs, H. (2013). The significance of magnesium for crop quality. *Plant and Soil*, 368: 101-128.
- Kacar, B. (1972). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 453. Uygulama Kılavuzu:155. Ankara.
- Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Scientia Horticulturae*, 215: 184-194.
- Kontaxakis, E., Lydakakis, D., and Fisarakis, I. (2024). Enhancing Red Table Grape Coloration Using Tsikoudia: A Novel and Sustainable Approach. *Plants*, 13(19): 2689.
- Lang, A. (1983). Turgor- related translocation. *Plant, Cell and Environments*, 6: 683-689.
- Leigh, R.A. (2001). Potassium homeostasis and membrane transport. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164: 193-198.
- Majer, J. (2004). Magnesium supply of the vineyards in the Balaton – highlands. *ISHS Acta Horticulturae*, 652: 175-182.
- MEGEP, 2011. Laboratuvar Hizmetleri Yaprak Numunesini Analize Hazırlama. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Yaprak%20Numunesini%20Analize%20Haz%C4%B1rlama.pdf. Erişim Tarihi: 15/03/2023.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. (2001). Principles of Plant Nutrition. 5th Ed. London, Kluwer Academic Publishers.
- OIV, (2024). OIV Statistics. Database. <https://www.oiv.int/what-we-do/data-discovery-report?oiv>. Erişim tarihi: 12/12/2024.
- Salisbury, F. B. and Ross C.W. (1992). Plant Physiology. 4th Ed. Wadsworth Publishing Company, USA.
- Shalan, A. M. (2020). Fertilization by Nano-powder Potassium Sulfate enhancing Production of Grapevines cv. Crimson Seedless. *Journal of Plant Production*, 11(3): 207-213.
- Singh, B. and Usha, K. (2001). Effect of macro and micro-nutrient spray on fruit yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. In *International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants*, 594: 197-202.
- Spayd, S.E., Wample, E., Stevens, B.L., Evans, R.G. and Kawakami, A.K. (1993). Nitrogen fertilization of White Riesling in Washington: Effect on petiole nutrient concentration, yield components, and vegetative growth. *American Journal of Enology and viticulture*, 44: 378-386.
- Zlámalová, T., Elbl, J., Baroň, M., Bělíková, H., Lampíř, L., Hlušek, J., and Lošák, T. (2015). Using foliar applications of magnesium and potassium to improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera* L.). *Plant, soil and environment*, 61(10): 451-457.
- Tangolar, S., Demir, S., Ada, M., Torun, A. A., Duymuş, E. ve Tangolar, S. (2021). Organik ve organomineral gübrelerin Prima üzüm çeşidinde verim, kalite ve

**Trakya İlkeren ve Early Cardinal Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.)
Yapraktan Potasyum ve Magnezyum Uygulamalarının Verim ve Kalite
Özellikleri ile Yaprakların Besin Element Konsantrasyonları, Sıcaklığı ve
Klorofil Miktarına Etkileri**

- bitki besleme üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1): 9-16.
- Tangolar, S., Özdemir, G., Tangolar, Gök, S., Ekbiç, Bilir, H. ve Rehber, Y. (2010). Üzüm Yetiştiriciliği. K.K.T.C. Tarım ve Doğal Kaynaklar Bakanlığı, Lefkoşe, 47 s.
- Topalovic, A., Slatnar, A., Stampar, F., Knezevic, M. and Veberic, R. (2011). Influence of foliar fertilization with P and K on chemical constituents of grape cv. 'Cardinal'. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(18): 10303-10310.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 04/03/2023).
- Uzun, İ. (2004). *Bağcılık El Kitabı*. Hasad yayıncılık, 156 s.
- Walker, D.J. Black, C.R. and Miller, A.J. (1998). The role of cytosolic potassium and pH in the growth of barley roots. *Plant Physiology*, 118: 957-964.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M. and Lider, L.A. (1974). *General viticulture*. University of California. Press, Berkeley. 633 p.
- Yan, Y., Song, C., Falginella, L., and Castellarin, S. D. (2020). Day temperature has a stronger effect than night temperature on anthocyanin and flavonol accumulation in 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) grapes during ripening. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1095.
- Zatloukalová, A., Lošák, T., Hlušek, J., Pavloušek, P., Sedláček, M., & Filipčík, R. (2011). The effect of soil and foliar applications of magnesium fertilisers on yields and quality of vine (*Vitis vinifera*, L.) grapes. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 59(3): 221-226.



Research Article

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

Fatma Gül EVCİL¹, Adnan BOZDOĞAN^{1*}

ABSTRACT

In this study, the effects of adding different amounts of apricot fiber (0%, 1%, 2%, 4%, 8% and 16%) to peanut butters on the chemical and sensory properties of these products were investigated. As a result of chemical analyses, an increase in pH, total acidity and total phenolic compounds levels was observed with the increase in the amount of apricot fiber, while a decrease in dry matter and protein content occurred ($p<0.05$). In sensory analyses, significant differences were found between peanut butters in terms of parameters such as structure, color, taste and general liking ($p<0.05$) and the sample containing 4% apricot fiber had the highest liking. In line with these findings, it was concluded that peanut butter produced with 4% apricot fiber was preferable.

Keywords: Peanut butter, Apricot fibre, Chemical properties, Sensory properties

Kayıslı Lifi İlavesinin Yer Fıstığı Ezmesinin Kimyasal ve Duyusal Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

ÖZ

Bu araştırmada, yer fıstığı ezmelerine farklı oranlarda kayıslı lifi (%0, %1, %2, %4, %8 ve %16) eklenmesinin, bu ürünlerin kimyasal ve duyusal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kimyasal analizler sonucunda, kayıslı lifi miktarının artışıyla birlikte pH, toplam asidite ve toplam fenolik bileşiklerin seviyelerinde artış gözlemlenirken, kuru madde ve protein içeriğinde azalma meydana gelmiştir ($p<0.05$). Duyusal analizlerde ise yapı, renk, tat ve genel beğeni gibi parametreler bakımından yer fıstığı ezmeleri arasında anlamlı farklar bulunmuş ($p<0.05$) ve %4 kayıslı lifi içeren örnek en yüksek beğeniye sahip olmuştur. Bu bulgular doğrultusunda, %4 kayıslı lifi ile üretilen yer fıstığı ezmesinin tercih edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yer Fıstığı ezmesi, Kayıslı lifi, Kimyasal özellik, Duyusal Özellik

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0001-6697-7656, 0000-0002-3612-5898

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 09.12.2024

Kabul Tarihi: 19.12.2024

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak., Gıda Müh. Bölümü, Osmaniye

*E-posta: bozdogan@osmaniye.edu.tr

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

Introduction

Peanut (*Arachis hypogaea*) is an annual summer oilseed plant from the legume family. It is grown in a wide range of regions, with cultivation extending from 40 degrees north to 35 degrees south latitude across the globe. Peanuts are widely consumed in many countries due to their nutritional benefits. Peanut seeds are an excellent source of protein, lipids, and fatty acids, making them an important part of human nutrition (Grosso et al., 1997).

Peanut is a nutrient-dense food, rich in monounsaturated fats, dietary fiber, proteins, minerals, and antioxidants (Esche et al., 2013). Including peanuts in a healthy diet can help reduce the risk of coronary heart disease, cancer, and Alzheimer's disease (Shin et al., 2009).

Among the major oilseeds in the world, peanut is an essential source of edible oil (Campos-Mondragon, et al., 2009). Peanuts contain 47%-50% oil and 26% protein (Nagaraj, 1995), 16-18% carbohydrates, 5% mineral substances such as Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Phosphor (P) and Sulfur (S) and vitamins A, B and E. It also contains various other nutrients for human nutrition, including tocopherols, fibre, phytosterols and phenolic compounds. Groundnut oil is more valuable than many other vegetable oils in terms of flavour and durability (Ros, 2010).

Peanut butter consists of solid particles suspended in a continuous oil phase, forming a thick suspension (Norazatul et al., 2016). It is typically made by roasting and grinding raw peanuts, which gives it a unique flavor (Gong et al., 2018) and offers numerous health benefits. Since peanuts serve as the raw material for peanut butter, the quality of the peanuts used in production plays a crucial role in determining the overall quality of the final product (Hashemian et al., 2017).

Peanut butter is produced from dry roasted peanuts, combined with ingredients such as salt, sugar, sweeteners, emulsifiers, flavorings, and other additives that affect its texture (Burks and Sampson, 1993). It is a nutritious food, rich in

essential components, but to maximize its health benefits and increase its consumption, improvements in its composition, functional properties, and overall quality are essential.

Apricot (*Prunus armeniaca* L.) is a fruit classified under the *Prunus* species of the Rosaceae family of the Rosales order. Apricot fruit, which is beneficial for human health, is used in the production of fresh, dried, fruit juice, nectar, jelly, jam, extrusion products, etc. (Özbek, 1978).

Apricot is a highly nutritious fruit, providing a rich source of sugars, fiber and bioactive phytochemicals, alongside essential vitamins such as riboflavin, thiamine, A, C, pantothenic acid and niacin. Among the bioactive compounds, phenolic compounds, carotenoids, and antioxidants are especially important due to their notable biological value. (Ali et al., 2011). Vitamin A in apricot plays a crucial role in reproductive and growth functions, as well as enhancing the body's resistance to infections (Hacıseferoğulları et al., 2007).

Dietary fibres should be consumed frequently in terms of health. Fibres, which are called pulp and whose importance in terms of health is not known, have taken their place in healthy food consumption with the understanding that they are beneficial to people's health. The importance of these fibres in terms of human health has been emphasised by studies carried out in recent years and the need to use fibre in the production of more functional products has arisen.

Fibers from fruits and vegetables are rich in soluble dietary fiber (Herbafood, 2002). Plant fibers exhibit various functional properties, such as water holding capacity (WHC), swelling capacity (SWC), viscosity or gel formation, bile acid binding capacity, and cation exchange capacity. These properties are crucial for understanding the physiological effects of diet (Schneeman and Gallaher, 2001).

The commercialised fibre product should contain over 50% total dietary fibre, less than 9%

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

moisture, low lipid content, low calories and neutral aroma and taste (Larrauri, 1999). To take advantage of the functional properties of fibre, some formulated foods with high dietary fibre content have been developed in recent years (Herbafood, 2002). To be acceptable, a dietary fibre added to a food product must perform satisfactorily as a food ingredient (Jaime, et al., 2002).

Fibres obtained from fruits are consumed less than fibres obtained from cereals. Processes play an important role in the preparation of fruit fibre to minimise the loss of bioactive compounds and to show its beneficial effects on health. Fruit fibre has a better quality than cereals with higher soluble fibre content, water and fat retention capacity and lower calories (Larrauri, 1999).

Studies using apricot pulp powder or apricot kernel powder were generally carried out on bread, cakes, crackers, cookies and yoghurt products (Karaca, et al., 2019; Ağırbaş, et al., 2021; Nisar, et al., 2021; Yao, et al., 2021). No study on the production of peanut butter with added apricot fibre was found in the literature.

In this study, the effect of apricot fibre addition at different ratios on the chemical and sensory properties of peanut butters was investigated and it was aimed to improve the functional properties of peanut butters.

Material And Method

Material

Raw material

Apricots used in apricot fibre production were purchased from the fruit and vegetable market in Osmaniye, Türkiye. Apricots were produced in Mut, Mersin, Türkiye. The peanuts used in the production of peanut butter were obtained from Bağdatlılar Trading Dried Fruits and Nuts Industry Co. operating in Osmaniye, Türkiye.

Tools and Chemicals Used

For the preparation of peanut butter, the peanut crushing machine of Bağdatlılar Trading Dried

Fruits and Nuts Industry Co. Ltd. (XUANHUA, China) was used. An oven (ON-O2G Oven) was used for drying the apricots. A blender (Arçelik, Türkiye) was used to reduce the size of dried apricots. Thermo Scientific Viscotester (Haake GmbH, Karlsruhe, Germany) rheometer was used for rheological analysis. pH values were determined with Orion Star™ A 211 pH Benchtop Meter digital pH meter (Inolab, Weilhem Germany). Konica Minolta colorimeter (Chroma Meter CR-400 Japan) was used for colour measurement of the samples.

Method

Preparation of Apricot Fibre

Apricot fibre production was carried out in Osmaniye Korkut Ata University Food Engineering laboratory. Fresh 10 kg apricots from Mut, Mersin obtained from Osmaniye market were washed with tap water and pitted. Apricots were sliced longitudinally (half-moon shaped). Apricot pieces were soaked in water containing citric acid (1%, w/v) to prevent browning. Apricot slices removed from the water containing citric acid were placed on aluminium trays and kept at room temperature to remove moisture. Then, they were kept in an oven at 66°C for 90 hours for drying. The dried apricot slices were powdered by reducing their particle size with a blender device, sieved to remove coarse particles and apricot fibres were obtained.

Addition of Apricot Fibre to Peanut Butter

The peanuts obtained from Bağdatlılar Ticaret Kuruyemiş San. Ltd. Şti. factory was roasted in an oven at 145°C until 1% humidity. The roasted product was subjected to membrane peeling and selection (foreign matter, unsuitable peanuts). Apricot fibre was added to the roasted peanuts at the rates of 1%, 2%, 4%, 8% and 16% respectively (Table 1). These mixtures were ground in a machine for peanut butter production. Peanut butter without added apricot fibre was also produced as a control product and the peanut butter was kept in 3 kg glass jars in the refrigerator until analyzed. The experiments were set up with two replicates.

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

Table 1. Amounts of apricot fibre added to peanut butter

	Control	1%	2%	4%	8%	16%
Peanut (g)	3000	2970	2940	2880	2760	2520
Apricot fibre (g)	-	30	60	120	240	480

Analyses of Apricot Fibre Peanut Butter

The analyses of the samples were carried out at Osmaniye Korkut Ata University, Department of Food Engineering and Central Laboratory. Analyses were performed in two parallels.

Dry Matter Analysis

The dry matter content of groundnut paste was determined according to AOAC, (1990) by measuring in an oven at 110° C until the sample weight remained constant.

pH Analysis

The pH values of the peanut butters were measured using an Orion Star™ A 211 pH Benchtop Meter digital pH meter (Inolab, Weilheim, Germany).

Total Acid Analysis

The total acid content of peanut butter was determined by titration using 0.1 N NaOH and the results were given as %.

Protein Analysis

Protein content analysis of peanut butter was carried out according to AOAC (1990).

Total Phenolic Compounds Analysis

Total phenolic compounds were analysed using Folin-Ciocalteu reagent. The results are given in terms of gallic acid (Singleton and Rossi, 1965).

Colour Analysis

The colour (L, a and b) of the samples was measured using a Konica Minolta colorimeter (Chroma Meter CR-400 Japan). Colour analysis on peanut butter was evaluated in terms of L * a * b values. L* (Lightness) value represented brightness, a* value represented red-green colour and b* value represented yellow-blue colour (Bayarri et al., 2001).

Sensory Analyses

Apricot fibre added peanut butter was sensory evaluated for oiliness, fluidity, texture, stickiness, taste, colour and general liking. The sensory evaluation was carried out by a group of 7 panelists. Panel members independently scored the samples (1 point very bad, 10 points very good).

Statistical Analysis

Analysis of variance was applied to the chemical analysis results and the difference between the groups was evaluated according to Duncan multiple comparison test. For this purpose, SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) statistical package programme was used.

Results and Discussion

Chemical Properties of Peanut Butter

The results of chemical analyses (dry matter, pH, total acid, protein and total phenol compounds) of groundnut paste are given in Table 2.

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

Table 2. Chemical composition of peanut butter

Peanut butter	Dry matter (%)	pH	Total Acidity (%)	Protein (g)	Total Phenolic Compounds (mgGAE/kg)
Control	97.8 ^a ±0.1	6.3 ^a ±0.1	1.14 ^c ±0.0	22.15 ^a ±0.9	360 ^b ±0.0
1% AF	97.4 ^a ±0.0	6.0 ^a ±0.2	1.21 ^c ±0.1	22.65 ^a ±0.1	361 ^b ±3.5
2% AF	97.9 ^a ±0.2	6.1 ^a ±0.2	1.24 ^{bc} ±0.0	22.95 ^a ±0.2	360 ^b ±2.1
4% AF	97.3 ^a ±0.1	6.1 ^a ±0.1	1.33 ^b ±0.0	22.70 ^a ±0.0	371 ^a ±3.5
8% AF	96.0 ^b ±0.1	5.8 ^b ±0.1	1.47 ^{ab} ±0.0	21.50 ^{ab} ±0.1	368 ^a ±2.8
16% AF	94.4 ^c ±0.2	5.0 ^c ±0.0	1.56 ^a ±0.4	20.00 ^b ±0.4	369 ^a ±4.2

AF: Apricot Fibre, the difference between the values shown with different letters from top to bottom in the same column is statistically significant ($p < 0.05$).

It was observed that % dry matter values of peanut butters varied between 94.4-97.9. The difference between the peanut butters in terms of dry matter content was found to be statistically significant ($p < 0.05$). It was determined that the amount of dry matter decreased as the apricot fibre concentration increased. Hepsağ (2018) found the % dry matter value in the range of 85.7-90.4 in his peanut butter study.

The pH values of apricot fibre added peanut butters varied between 6.3-5.0. The difference between peanut butters in terms of pH was found to be statistically significant ($p < 0.05$). It was observed that the pH values of peanut butter decreased as the concentration increased with the addition of apricot fibre. Hepsağ (2018) found pH values in the range of 4.5-6.83 in his peanut butter study. Tanrikulu et al. (2022) determined the pH value as 7.01 in peanut butter.

The % total acidity values of peanut butters varied between 1.14-1.56. The difference

between peanut butters in terms of total acidity was statistically significant ($p < 0.05$). Total acidity increased as the amount of apricot fibre increased. 16% AF added peanut butter had the highest total acidity value while the product without AF addition had the lowest total acidity value. The increase in total acidity parallel to the amount of apricot fibre is related to the higher acidity in apricot fibre than in peanut butter.

The % protein values of peanut butters varied between 20.00-22.95. The difference between peanut butters in terms of protein content was statistically significant ($p < 0.05$). The lowest protein value was found in peanut butter with 16% AF added and the highest was found in peanut butter with 2% AF added. This is due to the higher protein content of peanut butter compared to apricot fibre. Yu, et al. (2021) determined the average protein value of peanut butter as 23.6, the lowest as 19.3 and the highest as 26.4. Bello, et al. (2020) observed protein values between 15.70-17.41 in peanut butter with

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

preservative addition. Shibli, et al. (2019) found protein values between 20.50-23.00 in peanut butter. An average of 25.090 g protein was found in 100 g peanut butter (USDA, 2008).

It was observed that total phenol compounds in peanut butter varied between 360-371 mgGAE/kg. It was found that the difference between apricot spreads in terms of total phenol compounds was statistically significant ($p < 0.05$). Hathorn, et al. (2012) observed that the total phenolic value of peanut butter increased from 14.1 to 28.1 mg GAE/g with the addition of peanut shell.

El sayed, et al. 2020 found the total phenolic value of peanut butter as 224 mg/g. Tanrikulu et al. (2022) determined the total phenolic content of peanut butter as 611,30 mg/kg. The total phenolic value of peanut butter with and without apricot fibre additive was found to be higher than this study. Peanut butter has a good antioxidant activity and total phenol content. It was observed that total phenol compounds increased with the addition of apricot fibre. This may be related to the higher total phenol compounds in apricot fibre than in peanut butter.

Table 3. Colour characteristics of peanut butters

	Control	1% AF	2% AF	4% AF	8% AF	16% AF
L	41,9 ^b ±1.6	35,2 ^c ±1.8	43,0 ^{ab} ±2.4	45,3 ^a ±2.1	43,7 ^{ab} ±1.3	32,2 ^c ±0.8
a	3,4 ^c ±0.1	3,5 ^c ±0.1	3,4 ^c ±0.2	4,2 ^b ±0.2	5,3 ^a ±0.3	5,5 ^a ±0.3
b	20,5 ^c ±1.3	17,5 ^d ±1.2	21,3 ^{bc} ±1	24,5 ^a ±2.7	24,2 ^{ab} ±1.6	17,4 ^d ±1.4

AF : Apricot Fibre. The difference between the values shown with different letters from left to right in the same row is statistically significant ($p < 0.05$).

The L values of peanut butters were 32.2-45.3, a values were 3.4-5.5 and b values were 17.4- 24.5 (Table 3). The difference between peanut butters in terms of colour characteristics was statistically significant ($p < 0.05$). L value was found to be higher in the samples with 2%, 4% and 8% apricot fibre additives compared to the control and it was observed that the colour became brighter. a value also increased in parallel with the increase in apricot fibre between 4-16% and the samples became redder. In addition, the b value was found to be higher in the samples with 2%, 4% and 8% apricot fibre additives compared

to the control and it was determined that the colour increased towards yellowness. Hepsağ (2018) found L value between 24.09-67.27, a value between 5.02-7.17, and b value between 5.00-32.95 in peanut butter. Yu, et al. (2021) determined the average L value as 53.3, a value as 9.6 and b value as 27.0 in peanut butter.

Sensory Characteristics of Peanut Butter

The oiliness, viscosity, texture, stickiness, taste, colour and general impression of peanut butter were sensory evaluated. The results of sensory evaluation are given in Table 4.

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

Table 4. Sensory properties of peanut butter

	Oiliness	Viscosity	Texture	Stickiness	Taste	Colour	General Impression
Control	6.6±1.1	6.4±2.1	5.9 ^c ±1.2	5.1±1.3	6.1 ^b ±1.1	7.0 ^b ±0.8	6.1 ^b ±0.7
1% AF	6.9±1.6	6.3±2.4	7.0 ^b ±1.8	6.6±1.5	6.3 ^b ±1.0	7.9 ^a ±0.4	7.0 ^{ab} ±0.8
2% AF	7.3±1.4	7.1±1.1	7.6 ^{ab} ±1.3	6.3±1.0	6.0 ^b ±1.4	7.6 ^{ab} ±1.0	6.9 ^{ab} ±1.1
4 %AF	6.6±0.5	7.6±1.1	8.3 ^a ±0.8	6.4±1.6	8.1 ^a ±0.7	8.1 ^a ±0.9	7.3 ^a ±1.0
8% AF	7.1±0.7	6.6±1.6	6.9 ^{bc} ±0.9	7.3±1.4	6.4 ^b ±2.1	6.9 ^b ±0.7	5.3 ^{bc} ±0.8
16% AF	7.0±1.3	7.0±2.0	7.4 ^{ab} ±0.8	6.9±0.9	6.7 ^{ab} ±2.1	6.0 ^c ±0.6	5.6 ^{bc} ±1.5

AF: Apricot Fibre, The difference between the values shown with different letters in the same column is statistically significant ($p < 0.05$).

The difference between the peanut butters in terms of texture, taste, colour and general impression level was found to be significant ($p < 0.05$). In terms of texture, the highest value was determined in the peanut butter containing 4% AF, while the lowest value was determined in the control sample (sample without apricot fibre). In terms of taste, the highest value was determined in peanut butter containing 4% AF, while the lowest value was determined in the 2% AF sample.

In terms of color, the sample containing 4% apricot fiber (AF) exhibited the highest value, while the sample with 16% AF showed the lowest value. The difference between the 1% AF, 2% AF, 8% AF, and control samples was found to be insignificant.

In terms of general impression level, the peanut samples scored between 5.6-7.0. Peanut butter with 4% AF additive received the highest score in terms of general impression. Bello, et al. (2020) determined the general impression values between 8.30-6.10 in their peanut butter study in which they added aframomum danielli (preservative).

When a general evaluation is made, it can be said that the peanut butter sample containing 4% AF

received the highest score in terms of texture, taste, colour and general impression by the panelists and has high preferability.

Conclusions

The effect of different ratios of apricot fibre (0%, 1%, 2%, 4%, 8% and 16%) on chemical and sensory properties of peanut butter was investigated. When the chemical analysis results of peanut butter were evaluated, pH value decreased, total acidity increased and total phenol compounds increased as the amount of apricot fibre increased. However, as the amount of apricot fibre increased, dry matter and protein values decreased. As a result of sensory evaluation, the difference between the peanut butters in terms of texture, taste, colour and general impression was found to be significant ($p < 0.05$) and peanut butter containing 4% apricot fibre received the highest score. As a result, the production of peanut butter containing 4% apricot fibre can be recommended.

References

- Ağırbaş, H. E. T., Yavuz-Düzgün, M., Özçelik, B. (2021) The effect of fruit seed flours on Farinograph characteristics of composite dough and shelf life of cake products. *J Food Measur Character*, 1-12.

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

- AOAC. (1990) Official methods of analysis of the AOAC, 15th ed. Methods 932.06, 925.09, 985.29, 923.03, Association of official analytical chemists. Arlington, VA, USA.
- Bayarri, S., Calvo, C., Costell, E., Duran, L. (2001) Influence of color on perception of sweetness and fruit flavor of fruit drinks. *Food Sci. Technol Int*, 7:399–404.
- Bello, F. A., Ndah, L. S., Irem Oka, J. A. (2020) The preservative effect of Aframomum danielli spice powder on the chemical, microbial and sensory properties of groundnut butter, *MOJ Food Process Technol*, 8(2), 71-78.
- Burks, A. W., Sampson, H. (1993) Food allergies in children. *Curr Probl Pediatr*, 23(6), 230-252.
- Campos-Mondragon, M. G., Calderon, D. L., Barca, A. M., Duran-Prado, A., Campos-Reyes, L. C., Oliart-Ros, R. M., Angulo, O. (2009) Nutritional composition of new peanut (*Arachis hypogaea L.*) cultivars, *Grasas Y Aceites*, 60, 161–167.
- El-Sayed, S. M., Salama, H. H., El-Sayed, M. M. (2020). Function processed cheese sauce fortified with peanut butter. *J Food Process Preserv*, 44(9), e14656.
- Gong, A., Shi, A., Liu, H., Yu, H., Liu, L., Lin, W. (2018). Relationship of chemical properties of different peanut varieties to peanut butter storage stability, *J Integrative Agric*, 17(5), 1003–1010.
- Grosso, N.R., Zygadlo, J.A., Lamarque, A.L., Maestri, D. M., Guzman, C. A. (1997) Proximate, fatty acid and sterol compositions of aboriginal peanut (*Arachis hypogaea L.*) seeds from Bolivia, *J Science Food Agric*, 73,249-356.
- Hacıseferoğulları, H., Gezer, I., Özcan, M. M., MuratAsma, B. (2007) Post-harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey, *J Food Eng*, 79(1), 364-373.
- Hashemian, M., Murphy, G., Etemadi, A., Dawsey, S. M., Liao, L. M., Abnet, C. C. (2017) Nut and peanut butter consumption and the risk of esophageal and gastric cancer subtypes, *Am J Clin Nutr*, 106(3), 858–864.
- Hathorn, C. S., Sanders, T. H. (2012) Flavor and antioxidant capacity of peanut paste and peanut butter supplemented with peanut skins, *J Food Sci*, 77(11), 407-411.
- Herbafood. (2002) Herbacel AQ Plus. Apple and citrus fibre Available from www.herbafood.de/eaqplus.pdf. Date November 2021.
- Hepsağ, F. (2018). Osmaniye ilinde üretilen yer fıstığı ezmelerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi, *ADYUTAYAM*, 6(2), 55-66.
- Jaime, E. Molla, A. Fernández, M. Martín-Cabrejas, F. LópezAndreu, R. (2002) Soğan (*Allium cepa L.*) dokularının yapısal karbonhidrat farklılıkları ve potansiyel diyet lifi kaynağı. *Tar Gıda Kim Derg*, 50, s. 122 – 128.
- Karaca, O. B., Güzeler, N., Tangüler, H., Yaşar, K., Akın, M. B. (2019) Effects of apricot fibre on the physicochemical characteristics, the sensory properties and bacterial viability of nonfat probiotic yoghurts. *Foods*, 8(1), 33.
- Larrauri, J. (1999) Meyve yan ürünlerinden yüksek diyet lifli tozların hazırlanmasında yeni yaklaşımlar, *Gıda Bil Teknol Eğil*, 10, 3-8.
- Nagaraj, G. (1995) Groundnut. Quality and utility of oilseeds (pp. 2–8). Hyderabad: Directorate of Oilseeds Research.
- Nisar, A., Jan, N., Gull, A., Masoodi, F. A., Amin, T., Bashir, O., Wani, S. M. (2021). Effect of the incorporation of apricot pulp powder on physicochemical, functional, rheological and nutraceutical properties of wheat flour based cookies. *Br Food J*, 123(11), 3776-3788.
- Norazatul Hanım, M. R., Chin, N. L., Yusof, Y. A. (2016). Effects of grinding time on rheological, textural and physical properties of natural peanut butter stored at different temperatures. *J Texture Stud*, 47(2), 131-141.
- Özbek, S. (1978). Özel Bahçe Bitkileri. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi no. 128, Adana, Türkiye

Investigation Of The Effect Of Apricot Fibre Addition On The Chemical And Sensory Properties Of Peanut Butter

- Ros, E. (2010) Health benefits of nut consumption, *Nutrients*, 2(7), 652–682.
- Schneeman, B. O., Gallaher, D., Spiller, G. A. (2001) Effects of dietary fiber on digestive enzymes. *CRC Handbook of dietary fiber in human nutrition*, 3, 277-283.
- Shibli, S., Siddique, F., Raza, S., Ahsan, Z., ve Raza, I. (2019) Chemical composition and sensory analysis of peanut butter from indigenous peanut cultivars of Pakistan, *Pakistan J Agric Res*, 32(1), 159.
- Shin, E. C., Huang, Y. Z., Pegg, R. B., Phillips, R. D., Eitenmiller, R. R. (2009) Commercial runner peanut cultivars in the United States: Tocopherol composition, *J Agric Food Chem*, 57(21), 10289-10295.
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult*, 16(3), 144-158.
- Tanrikulu, E., Bozdogan, A., Durmaz, G. (2022) A research of the chemical and sensory properties of carob molasses-and carob powder-added peanut butter. *J Raw Materials to Processed Foods*, 3(2), 49-54.
- USDA. (2024). Nutrition facts, commodity peanut butter, smooth. Retrieved 15.11.2024 from http://www.tititodorancea.com/z/nutrition_facts_usda_commodity_peanut_butter_smooth.htm
- Yao, J. L., Zhang, Q. A., Liu, M. J. (2021). Utilization of apricot kernel skins by ultrasonic treatment of the dough to produce a bread with better flavor and good shelf life. *LWT - Food Sci Technol*, 145, 111545.
- Yu, H., Liu, H., Erasmus, S. W., Zhao, S., Wang, Q., Ruth, S. M. (2021). An explorative study on the relationships between the quality traits of peanut varieties and their peanut butters. *LWT - Food Sci Technol*, 151, 112068.



Araştırma Makalesi

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

Duygu KESER^{*1}, Gamze GÜÇLÜ², Onur SEVİNDİK³

ÖZ

Erzincan Tulum peyniri sahip olduğu karakteristik tat ve aroma özellikleri ile Türkiye'nin özellikle doğu bölgesinde (Erzincan, Erzurum, Tunceli, Bingöl ve Elazığ) sıklıkla tüketilen bir peynir çeşididir. Bu çalışmada, Erzincan tulum peynirinin aroma bileşikleri ve bazı fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Tulum peynirinin nem oranı %36.6±0.03, kül miktarı %4.09±0.02, yağ miktarı %35.9±0.13 ve protein miktarı %20.7±0.33 olarak tespit edilmiştir. Tulum peynirinde aroma bileşikleri olarak yedi adet asit, altı adet ester, beş adet keton, iki adet aldehit bir adet alkol ve bir adet terpen olmak üzere toplam 22 adet bileşik tespit edilmiştir. Tespit edilen aroma bileşik grupları arasında miktarsal olarak en baskın aroma bileşik grubu asitler olmuş ve bunu esterler takip etmiştir. Asitler arasında en baskın olan bileşikler ise sırasıyla hekzanoik asit ve bütanoik asit (sırasıyla 5885 ve 4151 µg/kg) olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Erzincan, tulum peyniri, aroma, katı faz mikro ekstraksiyon

Determination of Aroma Compounds Composition of Erzincan Tulum Cheese by SPME/GC-MS Technique

ABSTRACT

Erzincan Tulum cheese is a cheese type that is frequently consumed, particularly in the eastern regions of Turkey (Erzincan, Erzurum, Tunceli, Bingöl and Elazığ), due to its distinctive taste and aroma properties. The objective of this study was to investigate the composition of aroma compounds and some physicochemical properties of Erzincan Tulum cheese. The moisture content of Tulum cheese was determined to be 36.6 ± 0.03%, the ash content 4.09 ± 0.02%, the fat content 35.9 ± 0.13% and the protein content 20.7 ± 0.33%. A total of 22 compounds were determined as contributing to the aroma of Tulum cheese, including seven acids, six esters, five ketones, two aldehydes, one alcohol and one terpene. The acid group was the most prevalent among the identified aroma compounds, followed by the ester group. The most abundant acids were hexanoic acid and butanoic acid, with concentrations of 5885 and 4151 µg/kg, respectively.

Keywords: Erzincan, tulum cheese, aroma, solid phase microextraction

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-2741-2024, 0000-0001-7317-6101, 0000-0002-2761-6695

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 21.11.2024

Kabul Tarihi: 28.12.2024

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi, Osmaniye

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

³ Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana; Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (ÇÜMERLAB), Adana

*E-posta: duygukeser@osmaniye.edu.tr

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

Giriş

Türkiye’de 150 çeşitten fazla peynir çeşidi bulunmaktadır. Bu peynirler arasında en yaygın olanları ise beyaz, kaşar ve tulum peyniridir (Çakır ve Çakmakçı, 2020; Tomar ve ark., 2020). Türk Gıda Kodeksi’ ne göre tulum peyniri, peynir mayası kullanılarak sütün pıhtılaştırılması ile elde edilen telemin fermente edilip tuzlanması ve ufalanması sonucu gıda ile temasına uygun ambalajlara ya da deri tulumlara basılması ile üretilen ve olgunlaştırıldıktan sonra piyasaya arz edilen kendine özgü karakteristik özellikler gösteren peyniri olarak tanımlanmıştır (TGK, 2015). Tulum peyniri üretiminde koyun, keçi, inek ve manda sütü veya bunların karışımları kullanılmaktadır (Kalit ve ark., 2024). 2023 yılında Türkiye’de toplam peynir üretim miktarı 722.739 ton olarak açıklanmıştır (TÜİK, 2023). Tulum peyniri, ısıtma işlemi görmemiş süte peynir mayası (1 mL peynir mayası/1.5 L süt) ilave edilip (35°C’ de 60 dakika) pıhtılaştırıldıktan sonra pamuklu torbalara alınır (20°C’ de 24 saat). Asitliğin gelişmesi (pH<6) ve peynir altı suyunun uzaklaşmasından sonra tuzlanarak (%3,0 g/g) plastik ya da pamuklu torbalara basılarak üretilmektedir (Çakır ve Çakmakçı, 2024). Tulum peynirleri içerisinde, Erzincan tulum peyniri 2000 senesinde Türk Patent ve Marka Kurumu’ndan coğrafi işaret statüsü kazanmıştır (Arslaner ve Türkmen, 2024). Peynir aroması, özellikle olgunlaştırılmış peynirlerde ürünün kalitesi ve tüketici tarafından kabul görmesi açısından en önemli özelliklerden biridir (Salum ve ark., 2019; Tekin ve Güler, 2021). Peynirlerde bulunan uçucu bileşikler, sütün çeşidinden, kullanılan mikroorganizmalardan, çeşitli biyokimyasal yollardan (glikoliz, lipoliz, proteoliz ve sitrat metabolizması vb.), yağ asitleri ve aminoasitlerin metabolizması gibi ikincil biyokimyasal reaksiyonlardan meydana gelmektedir (Marilley ve Casey, 2004). Son zamanlarda, tüketiciler zengin uçucu bileşiklere sahip olgunlaşmış peynirlere yönelmektedirler. Peynirlerin olgunlaşması sırasında, sütün sahip olduğu üç temel bileşenden (laktöz, lipitler ve proteinler) farklı biyokimyasal tepkimelerle hoşça giden tat ve koku bileşikleri oluşmaktadır. Her peynirin kendine has bir aroma profili

bulunmaktadır. Şu ana kadar peynirde 600’ den fazla uçucu bileşik tanımlanmıştır. Ancak bu bileşiklerin sadece küçük bir kısmı peynir aromasından sorumludur (Curioni ve Bosset, 2002) ve bu bileşiklere aroma-aktif bileşikler denir (Pino ve Barzola-Miranda, 2020). Tulum peynirleri keçi derisi (tulum) ya da plastik kaplarda üretilmektedir. Keçi derisi, plastik kaplara göre sahip olduğu gözenekli yapı sayesinde hava ve suya karşı geçirgendir. Tulum peynirleri, olgunlaşma sırasında meydana gelen biyokimyasal gelişmeler (glikoliz, proteoliz, lipoliz vb.) neticesinde karakteristik aroma profillerine sahip olmaktadır. Ham ve olgun peynirlerin aroma profilleri birbirinden oldukça farklıdır (Tekin ve Güler, 2019; Atik ve ark., 2021; Erdem, 2021; Çakır ve Çakmakçı, 2024).

Bu çalışmada, olgunlaştırılmış Erzincan tulum peynirinin bazı kimyasal bileşenleri ve katı faz mikroekstraksiyon-GC-MS yöntemiyle aroma bileşikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Peynir Örnekleri

Peynir örnekleri Türkiye’nin doğusunda yer alan Erzincan’ dan (39 02’-40 05’K ile 38 16’-40 45’D) 2023 yılında temin edilmiştir. Olgunlaştırılmış tulum peynirleri bir kiloluk plastik şişelerde (toplam 3 kg) analize kadar -18°C’de saklanmıştır.

Nem Tayini

Nem tayini analizinde ADAM marka PMB-53 model nem tayin cihazı kullanılmıştır. Bir gram numune tartılarak 106°C de 15 saniyede bir otomatik tartımı alınıp sabit ağırlığa gelene kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Son tartımdan sonra tartımlar arasındaki fark üzerinden yüzde nem miktarı hesaplanmıştır.

Kül Tayini

Kül tayini analizinde CARBOLITE marka ELF11/6B model kül fırını kullanılmıştır. Kurutulup darası alınmış krozelere ikişer gram numune tartılarak manyetik ısıtıcıda 300°C’ de numuneden duman çıkmayana kadar ısıtılmış ardından kül fırınında 500°C’ de beş saat yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

tamamlandıktan sonra krozeler desikatörde soğutulmuş ve son tartımları alınmıştır. İlk tartım (kroze darası ve örnek miktarı toplamı) ve son tartım arasındaki fark üzerinden yüzde kül miktarı hesaplanmıştır (Kurt ve ark., 2007).

Yağ Tayini

Yağ ekstraksiyonu için çözücü destekli yarı sürekli ekstraksiyon (Sohxlet) kullanılmıştır. Yağ tayini analizinde GERHARDT marka SOX-416 model yağ tayin cihazı kullanılmıştır. Beş gram numune tartılarak filtre kağıdına sarılıp selülozik kartuşa yerleştirilmiş ve 150 mL hekzan ilave edilerek 200°C’ de hekzan uzaklaşana kadar ekstraksiyon işlemine devam edilmiştir. Ardından cam tüplerdeki kartuşlar 100°C’ de iki saat tutularak kalan hekzan tamamen uzaklaştırılmıştır. Desikatörde soğutulan cam tüplerin tartımları alınmış ve daraları ile aralarında bulunan fark üzerinden yüzde yağ miktarı hesaplanmıştır.

Protein Analizi

Protein içeriği, Kjeldahl yöntemi ile belirlenen toplam azot içeriğinden hesaplanmıştır. Protein tayini analizinde BEHR marka INKJEL 625M model azot tayin cihazı kullanılmıştır. Numune önce potasyum sülfat ve bakır sülfat katalizörü varlığında konsantre sülfürik asit ile parçalanmış ve azot amonyum sülfata oksitlenmiştir. Ardından sodyum hidroksit ile karıştırılarak seyreltik sülfürik asit ile titre edilmiştir. Tüketilen seyreltik sülfürik asit miktarı toplam azotu hesaplamak için kullanılmıştır. Toplam azot içeriğinin 6,38’ lik dönüşüm faktörü ile çarpılması ile örneklerin protein miktarı hesaplanmıştır (AOAC 920.123, 2005).

Aroma Bileşikleri Analizi

Tulum peynirinin aroma profilinin belirlenmesi amacıyla katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) yöntemi kullanılmıştır. Uçucu aroma bileşiklerinin tanımlanmasında ve miktarlarının tayininde gaz kromatografisi/kütle spektrometrisi (GC-MS; Agilent, 7890B GC, 7010B MS) cihazı ve NIST kütüphanesinden yararlanılmıştır. Peynir örnekleri 65°C’ de tutulduktan sonra 85µm 2cm SPME fiber ucu (Carboxen™/PDMS StableFlex™) ile 60°C’ de 45 dakika süre ile aroma bileşiklerinin

fibere tutunması sağlanmıştır. Ardından kılcal kolona (DB-WAX kolon 30mx0.25mmx0,25µm) enjeksiyon yapılmıştır. Fırın kademeli olarak 240°C’ ye (90, 140 ve 240 °C olacak şekilde) ısıtılmış ve taşıyıcı gaz olarak helyum (1mL/dk) gazı kullanılmıştır. GC-MS ara yüzü ve iyonizasyon kaynağı sıcaklıkları sırasıyla 250 ve 180°C’ye ayarlanmıştır. Aroma bileşikleri, kütle spektrumları Wiley 11.0, NIST 14 kütle spektral veri kütüphaneleri ve alkan standartları (C8-C32) kullanılarak oluşturulan kütüphane karşılaştırılarak aroma bileşiklerinin tanımlaması yapılmıştır. Aroma bileşiklerinin miktarı semi-kantitatif olarak (mikrogram/kg) olarak iç standart yardımıyla hesaplanmıştır (Sen ve ark., 2023). Aroma maddeleri analizleri Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında (ÇÜMERLAB) yapılmıştır.

Bulgular

Peynirlerin Fizikokimyasal Özellikleri

Erzincan tulum peynirinin genel kimyasal bileşimi Tablo 1.’ de verilmiştir. Peynirin nem oranı %36.6 olarak bulunmuştur. Bu oran, peynirin olgunlaşması sırasında meydana gelen biyokimyasal değişiklikler üzerinde etkili olduğu için, son ürünün lezzet, aroma ve dokusu açısından büyük önem taşımaktadır (Erdem, 2021). TS 3001 Tulum Peyniri Standardı’na göre tulum peynirinin nem miktarı %45’ ten fazla olmamalıdır. Erzincan tulum peynirinin kül miktarı %4.09±0.02, yağ miktarı %35.9±0.13 ve protein miktarı %20.7±0.33’ dir. Benzer sonuçlar farklı peynir mayalarının kullanılmasıyla üretilen Erzincan tulum peynirlerinde de bulunmuştur (Arslaner ve Türkmen, 2024). Yine benzer şekilde Atik ve ark., (2021) keçi derisinde olgunlaştırılan tulum peynirinin fizikokimyasal özelliklerini incelemiş ve benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Aynı şekilde, otlı tulum peyniri üretiminin yapıldığı bir başka çalışma sonuçları ile de sonuçlarımızın benzerlik gösterdiği görülmüştür (Dereli ve ark., 2024).

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

Tablo 1. Erzincan tulum peynirinin kimyasal bileşimi

Analiz Adı	Sonuçlar
Nem miktarı (%)	36.6±0.03
Kül miktarı (%)	4.09±0.02
Yağ miktarı (%)	35.9±0.13
Protein miktarı (%)	20.7±0.33

Erzincan Tulum Peyniri Aroma Maddeleri Bileşimi

Peynir örneklerinin aroma bileşikleri analizi SPME-GC-MS tekniği ile yapılmıştır. Erzincan tulum peynirindeki aroma bileşikleri ve miktarları, alıkonma indeksi (LRI) değerleriyle birlikte Tablo 2.' de verilmiştir. Erzincan tulum peynirinde yedi adet asit, altı adet ester, altı adet keton, iki adet aldehit, bir adet alkol ve bir adet terpen olmak üzere toplam 23 adet aroma bileşiği tespit edilmiştir. Belirlenen bu bileşikler, peynir aromasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Collins ve ark., 2003; Arslaner ve Türkmen, 2024). Peynirlerde aroma maddelerinin oluşumuna ve depolama süresine bağlı olarak zenginleşmesine katkıda bulunan aroma maddeleri farklı reaksiyonlar tarafından gerçekleşmekte olup, bu tepkimeler sonucunda oluşan temel aroma maddelerinin bu çalışma ile benzer şekilde asitler, aldehitler, alkoller, laktonlar, esterler, ketonlar ve sülfür bileşikleri olduğu bildirilmiştir (Collins ve ark., 2003; Ozsoy ve Yasar, 2022; Penland ve ark., 2021 Uzkuç ve Yüceer, 2023).

Tablo 2.' de görüldüğü gibi uçucu bileşikler arasında en baskın aroma bileşik grubu asitler olmuştur. Asitler, Erzincan tulum peynirinin aroma bileşiklerinin yaklaşık %76.2'sini oluşturmaktadır. Asitler arasında, Erzincan tulum peynirinde yüksek miktarda hekzanoik asit (5885 µg/kg), bütanoik asit (4151 µg/kg) ve oktanoik asit (2847 µg/kg) bulunmuştur. Önceki bir çalışmada, sekiz farklı peynirin aroma bileşiklerinin incelendiği bir çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir (Salum ve ark., 2019). Asit bileşiklerinin, lipoliz reaksiyonları sonucunda oluştuğu ve birçok peynir türünde en baskın aroma bileşeni oldukları bildirilmiştir (Curioni ve Bosset, 2002).

Esterler sahip oldukları düşük algılanma eşik değerleri ile buldukları gıdalara meyvemsi kokular kazandıran önemli aroma maddeleridir

(Dagli ve ark., 2022; Sarhir ve ark., 2021). Terpenler genellikle bitkiler ve meralar gibi hayvanların beslenme alanları kaynaklıdır ve peynir aroma üzerine önemli etkileri vardır (Arslaner ve Türkmen, 2024). Bu bileşikler, Erzincan tulum peynirindeki baskın ikinci grup aroma bileşikleridir. Peynir örneklerinde toplamda altı adet ester bileşiği tespit edilmiştir. Etil oktanoat (867 µg/kg), etil dekanıat (574 µg/kg) ve etil hekzanoat (564 µg/kg) peynir numunesinde sırasıyla en fazla miktarda bulunan ester bileşikleri olmuştur. Benzer şekilde, Arslaner ve Türkmen (2024) esterlerin karboksilik asitlerden sonra Ezine peynirinde en çok bulunan ikinci aroma bileşikleri olduğunu bildirmişlerdir.

Keton bileşikleri, Erzincan tulum peynirindeki bir diğer önemli aroma bileşik grubudur. Bu çalışma kapsamında altı adet keton bileşiği tespit edilmiş ve toplam keton miktarı 1304 µg/kg'dır. 2-Nonanon (408 µg/kg) ve 2-heptanon (392 µg/kg) Erzincan tulum peynirinde sırasıyla en fazla miktarda bulunan keton bileşikleri olmuştur. Önceki bir çalışmada, keton bileşiklerinin kaşar peynirlerinin karakteristik aromasının oluşumunda önemli aroma maddeleri olduğu bildirilmiştir (Tian ve ark., 2024)

Erzincan tulum peynirinde benzaldehit (147 µg/kg) ve 2-(fenilmetilen)-oktanal (74.8 µg/kg) olmak üzere iki adet aldehit bileşiği tespit edilmiştir. Aldehitlerin olgunlaşma sırasında hızla alkollere ve asitlere dönüştüğü önceki çalışmalarla ortaya konmuştur (Çakır ve ark., 2016). Bununla birlikte, feniletıl alkol (200 µg/kg) Erzincan tulum peynirinde tespit edilen tek alkol bileşiği olmuştur. Alkoller genellikle glikoliz, metil ketonların indirgenmesi ve amino asit metabolizmasını içeren enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar sonucu meydana gelmektedir (Sarhir ve ark., 2022). Terpen bileşiklerine gelince, Erzincan tulum peynirinde *D*-limonen bu grupta belirlenen terpen bileşiği olmuştur. Terpenler, hayvanların yedikleri besinlerden ya da peynir üretiminde kullanılan suşlar tarafından üretilmekte ve peynir aromasına katkıda bulunmaktadırlar (Calzada ve ark., 2014).

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

Tablo 2. Erzincan tulum peynirinin uçucu aroma bileşikleri

No	LRI*	Bileşikler	Miktar (µg/kg)	Tanımlama
<i>Esterler</i>				
1	817	Etil asetat	160±3,4	LRI, MS, Std
2	1044	Etil bütanoat	240±0,5	LRI, MS, Std
3	1241	Etil hekzanoat	564±1,1	LRI, MS, Std
4	1441	Etil oktanoat	867±7,9	LRI, MS, Std
5	1643	Etil dekanoat	574±2,1	LRI, MS, Std
6	1822	2-Feniletıl asetat	137±6,2	LRI, MS, Std
Toplam			2541±15,7	
<i>Ketonlar</i>				
7	600	Aseton	101±0,3	LRI, MS, Std
8	885	2-Bütanon	117±5,2	LRI, MS, Std
9	974	2-Pentanon	177±3,1	LRI, MS, Std
10	1180	2-Heptanon	392±8,9	LRI, MS, Std
11	1269	Asetoin	109±4,7	LRI, MS, Std
12	1386	2-Nonanon	408±7,3	LRI, MS, Std
Toplam			1304±21,6	
<i>Asitler</i>				
13	1405	Asetik asit	1617±9,6	LRI, MS, Std
14	1581	Bütanoik asit	4151±12,5	LRI, MS, Std
15	1796	Hekzanoik asit	5885±7,9	LRI, MS, Std
16	1901	Heptanoik asit	139±0,6	LRI, MS, Std
17	2007	Oktanoik asit	2847±15,3	LRI, MS, Std
18	2110	Nonanoik asit	327±5,2	LRI, MS, Std

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

19	2279	Dekanoik asit	775±3,1	LRI, MS, Std
Toplam			15740±52,6	
<i>Alkoller</i>				
20	1871	Feniletıl alkol	200±1,2	LRI, MS, Std
Toplam			200±1,2	
<i>Terpenler</i>				
21	1224	D-Limonen	712±3,4	LRI, MS, Std
Toplam			712±3,4	
<i>Aldehitler</i>				
22	1521	Benzaldehit	174±0,8	LRI, MS, Std
23	2320	2-(Fenilmetilen)-oktanal	74,8±2,1	LRI, MS, Tent
Toplam			248±4,3	

*LRI: Alıkonma indeks değerleri DB-Wax kolona göre yapılmıştır. Tanımlama: MS (kütle spektrometresi kütüphanesi), Std (Standart kimyasal madde), LRI (Alıkonma indeksi), Tent: MS ile Tentatif tanımlama

Sonuç

Bu alışmada, Erzincan tulum peynirinin genel kimyasal ve aroma maddeleri bileşimi araştırılmıştır. Peynir örneğinin kimyasal bileşiminin önceki çalışmalarla uyumlu olduğu belirlenmiştir. Aroma profili incelendiğinde, peynirde toplamda 23 adet uçucu bileşik tespit edilmiş ve en baskın aroma bileşik grubunun karboksilik asitlerin olduğu görülmüştür. Asitler arasında hekzanoik asit ve bütanoik asidin baskın aroma bileşikleri olduğu belirlenmiştir. Esterler ve ketonlar, asitlerden sonra Erzincan tulum peynirinde en fazla bulunan diğer aroma bileşik grupları olmuştur. Ester bileşikleri içerisinde etil oktanoat, etil dekanıoat ve etil hekzanoat, keton bileşikleri içerisinde ise 2-heptanon ve 2-nonanon en baskın aroma maddeleri olmuştur.

Kaynaklar

AOAC 2005AOAC official method 960.09. In "Official Methods of Analysis of the AOAC International", G. W. Latimer and W. Horwitz (Eds.), 18th edn. Association

of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

- Arslaner, A., ve Türkmen, ., 2024. Biochemical and physicochemical characteristics and volatile profiles of Erzincan Tulum cheese coagulated by herb-fortified artisanal lamb rennet. Small Ruminant Research 240, 107368.
- Atik, D., S., Akın, N., Akal, H., C., Koak, C., 2021. The determination of volatile profile during the ripening period of traditional Tulum cheese from Turkey, produced in Anamur in the Central Taurus region and ripened in goatskin. International Dairy Journal 117 104991.
- Calzada, J., Olmo, A., Picon, A., ve Nunez, M., 2014. Effect of high-pressure-processing on lipolysis and volatile compounds of Brie cheese during ripening and refrigerated storage. International Dairy Journal, 39, 232-239.
- Collins, Y., F., McSweeney, P., L., H., ve Wilkinson, M., G., 2003. Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

- review of current knowledge. *International Dairy Journal* 13 841–866.
- Curioni, P., M., G., ve Bosset, J., O., 2002. Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal* 12, 959–984.
- Çakır, Y., Çakmakçı, S., ve Hayaloğlu, A., A., 2016. The effect of addition of black cumin (*Nigella sativa* L.) and ripening period on proteolysis, sensory properties and volatile profiles of Erzincan Tulum (Şavak) cheese made from raw Akkaraman sheep's milk. *Small Ruminant Research* 134, 65–73.
- Çakır, Y., ve Çakmakçı, S., 2020. Comparison of Some Quality Properties of Erzincan Tulum Cheeses Produced from Raw and Pasteurized Akkaraman Sheep Milk. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 7(4):972-982.
- Çakır, Y., ve Çakmakçı, S., 2024. Determination of mycotoxin content, microbiological and physicochemical properties and sensory quality during ripening of Erzincan Tulum cheese produced with strain *Penicillium roqueforti* 41. *Food Bioscience* 61, 104938.
- 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. *Journal of Raw Materials to Processed Foods*, 3(2), 74-82.
- Dereli, Ö., N., Gülmez, M., Bayhan, K., Y., ve Üner, S., 2024. Use of Raw, Thermized and Pasteurized Cow's Milk for Making Siirt Herby Tulum Cheese. *Bozok Veterinary Sciences*. 5, (1): 1-9.
- Erdem, T., K., 2021. Geleneksel Tulum Peyniri Üretiminde Yenilikçi Yaklaşımlar. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(2).
- Kalit, S., Spehar, I., D., Rako, A., Ljoljic, D., B., Kirdar, S., S., ve Kalit, M., T., 2024. An Overview: Specificities and Novelties of the Cheeses of the Eastern Mediterranean. *Fermentation*, 10,404.
- Marilley, L., & Casey, M. G. 2004. Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*, 90(2), 139-159.
- Ozsoy, N., Yasar, K. 2022. The effects of heat treatment on chemical, biochemical, and microbiological properties of Ezine cheese. *Journal of Raw Materials to Processed Foods*, 3(2), 63-73.
- Pino, J. A., & Barzola-Miranda, S. E. 2020. Characterization of odor-active compounds in pechiche (*Vitex cymosa* Berteo ex Speng) fruit. *Journal of Raw Materials to Processed Foods*, 1(2), 33-39.
- Penland, M., Falentin, H., Parayre, S., Pawtowski, A., Maillard, M. B., Thierry, A., & Deutsch, S. M. 2021. Linking Pélardon artisanal goat cheese microbial communities to aroma compounds during cheese-making and ripening. *International Journal of Food Microbiology*, 345, 109130.
- Salum, P., Erbay, Z., ve Selli, S., 2019. The compositional properties, proteolytic–lipolytic maturation parameters and volatile compositions of commercial enzyme-modified cheeses with different cheese flavours. *International Journal of Dairy Technology*, 72,3.
- Sarhir, S., T., Amanpour, A., Bouseta, A., ve Selli, S., 2021. Fingerprint of aroma-active compounds and odor activity values in a traditional Moroccan fermented butter “Smen” using GC–MS–Olfactometry. *Journal of Food Composition and Analysis*. 96, 103761.
- Sarhir, S., T., Amanpour, A., Bouseta, A., ve Selli, S., 2022. Potent odorants and sensory characteristics of the soft white cheese “Jben”: Effect of salt content. *Flavour Fragr J.*; 37:243–253.
- Sen, K., Can, F., Asi, I., Demirel, N. 2023. Effect of pH and Brewing Methods on Volatile Nitrogenous Compounds in Turkish Coffee. *Journal of Raw Materials to Processed Foods*, 4(2), 1-12.
- Tekin, A., ve Güler, Z. 2019 Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: Effect of ripening materials. *Food Chemistry*, 286, 160-169.

Erzincan Tulum Peynirinin SPME/GC-MS Tekniğiyle Aroma Maddeleri Bileşiminin Belirlenmesi

- Tekin, A., ve Güler, Z., 2021. The effect of ripening medium (goat skin bag or plastic barrel) on the volatile profile, color parameter and sensory characteristics of Tulum cheese. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), syf.19-38.
- Tian, H., Zheng, G., Yu, H., Yuan, H., Lou, X., Sun, Y., . Chen, C. 2024. Investigation of the Interaction Between Lactones and Ketones in a Cheddar Cheese Matrix Using Feller's Additive Model, σ - τ Plots, U-Models, and Aroma Addition Experiments. *Journal of Dairy Science*. 107, 5496-5511.
- TGK, 2015. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği. Resmi Gazete, Sayı: 29261. www.resmigazete.gov.tr.
- Tomar, O., Akarca, G., Gök, V., ve ağlar, M., Y., 2020. The effects of packaging materials on the fatty acid composition, organic acid content, and texture profiles of Tulum cheese. *Journal of Food Science* – Vol. 85, Iss. 10.
- TÜİK. 2023. “Türkiye istatistik kurumu verileri”, “süt ve süt ürünleri üretim miktarı (ton)”. www.tuik.gov.tr.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2016). Tulum peyniri standardı TS 3001. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Uzkuç, H., Yüceer, Y. K. 2023. Effects of heat treatment, plant coagulant, and starter culture on sensory characteristics and volatile compounds of goat cheese. *International Dairy Journal*, 140, 105588.



Araştırma Makalesi

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Hatice Kübra ŞAŞMAZ¹, Onur SEVİNDİK^{1,2}, Özge AKSAY¹, Hasim KELEBEK^{1*}

ÖZ

Bu çalışma, siyah sarımsağın üretim sürecindeki önemli değişkenler olan nem (%70 ve %85) sıcaklık (65°C ve 84°C) ve sürenin (24 ve 50 gün) fizikokimyasal özelliklere olan etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Renk, nem, pH, protein, amino asit, HMF, şeker ve organik asit içerikleri, tekstür ve duyu özellikleri, farklı sıcaklık, nem ve süre koşullarında üretilen siyah sarımsak örneklerinde incelenmiştir. Protein ve amino asit içeriği incelendiğinde, siyah sarımsağın taze sarımsaktan daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hidroksimetilfurfural (HMF) miktarındaki artış, üretim süresi ve sıcaklıkla ilişkilidir. Şeker içeriği incelendiğinde, siyah sarımsak üretimi sırasında sakkaroz miktarının azaldığı ve fruktozun baskın şeker olduğu belirlenmiştir. Fizikokimyasal özellikler bakımından değerlendirildiğinde, 65°C sıcaklık, %85 nem miktarı ve 24 gün süreyle üretilen (S₆₅-N₈₅-G₂₄) siyah sarımsak örneği, diğer örneklere kıyasla daha belirgin olumlu özellikler sergilediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Allium sativum L.*, siyah sarımsak, HMF, amino asit, şeker, tekstür

Effect of Production Parameters (Temperature, Humidity, and Time) on Physicochemical Properties of Black Garlic

ABSTRACT

In this study, aims to investigate the effects of humidity (70% and 85%), temperature (65°C and 84°C), and time (24 and 50 days), which are important variables in the production process of black garlic, on physicochemical properties. Colour, moisture, pH, protein, amino acid, HMF, sugar and organic acid contents, texture, and sensory properties were investigated in black garlic samples produced under different temperatures, humidity and time conditions. When protein and amino acid contents were analysed, it was found that black garlic had higher protein content than fresh garlic. The increase in the amount of hydroxymethylfurfural (HMF) is related to production time and temperature. When the sugar content was analysed, it was determined that the amount of sucrose decreased during black garlic production and fructose was the dominant sugar. When evaluated in terms of physicochemical properties, it was determined that the black garlic sample produced at 65°C, with 85% humidity, over 24 days (S₆₅-N₈₅-G₂₄) exhibited more pronounced positive characteristics compared to the other samples.

Keywords: *Allium sativum L.*, black garlic, HMF, amino acid, sugar, texture

ORCID ID (Yazar sırasına göre)

0000-0003-4728-3151, 0000-0002-2761-6695, 0000-0002-7751-4240, 0000-0002-8419-3019

Yayın Kuruluna Geliş Tarihi: 04.11.2024

Kabul Tarihi: 29.12.2024

¹Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

²Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarı (ÇÜMERLAB), Adana

*E-posta: hkelebek@atu.edu.tr

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Giriş

Sarımsak (*Allium sativum* L.), antik çağlardan beri bilinen günümüzde bile popülerliğini koruyan bir sebzedir. Sarımsak allisin, dialil sülfid, dialil disülfid ve dialil trisülfid gibi sülfür içeren bileşikler, kateşin, epikateşin, resveratrol, kumarik, klorojenik asit gibi antioksidan potansiyeli yüksek fenolik bileşikler, karbonhidratlar (sakkaroz, glikoz), aminoasitler, mineraller içeren biyoaktif bileşikler ve fonksiyonel bileşenlerden oluşan eşsiz bir bileşime sahiptir (Martínez-Casas ve ark., 2017; Raghu ve ark., 2012). Sarımsak, antikanser, kardiyoprotektif, antihipertansif, antihiperlipidemik, antimikrobiyal, antiinflatuar ve lipid düşürücü gibi insan sağlığına yararlı özelliklere sahiptir (Ansary ve ark., 2020; Locatelli ve ark., 2017). Enfeksiyonlara, soğuk algınlığı ve solunum yolu hastalıklarına karşı kullanılmaktadır (Londhe ve ark., 2011). Sarımsak, benzersiz tadı ve potansiyel tıbbi özellikleri sayesinde dünyanın birçok yerinde yüzyıllardır kullanılmaktadır. Sarımsağın karakteristik kokusu, potansiyel sağlık faydalarına rağmen gıda endüstrisinde geniş çapta tercih edilmemesine yol açmaktadır. Birçok insan kokusundan dolayı sarımsağı tüketmekten kaçınmaktadır. Sarımsağın sağlık faydalarından yararlanmak isteyen tüketiciler için cazip bir alternatif olarak siyah sarımsak ürünü geliştirilmiştir (Kim ve ark., 2013; Qiu ve ark., 2021; Sasmaz ve ark., 2023). Siyah sarımsak, taze sarımsaktan 40°C ile 90°C arasında değişen sıcaklıklarda, 90 güne kadar yüksek nemli koşullarda (%60-%90) fermantasyonuyla üretilmektedir. Eşsiz tadı ve sağlık faydaları ile son yıllarda hızla popüler hale gelmiştir (Kim et al., 2013; Sasmaz ve ark., 2023).

Siyah sarımsak üretim sürecinde yeni bir renk kazanır ve karakteristik keskin kokusunu ve tadını kaybeder. Siyah sarımsak, tatlı-ekşi tada, yumuşak-elastik dokuya, kahve benzeri aromaya ve daha yüksek biyolojik ve beslenme özelliklerine sahiptir (Qiu ve ark., 2021). Siyah sarımsak üretiminde bir dizi kimyasal reaksiyonlar etkili olmaktadır. Bu reaksiyonlar sarımsağın besin içeriğini, rengini, dokusunu ve lezzetini değiştirir, siyah sarımsağın kendine

özgü tadı oluşur (Lu ve ark., 2017; Yuan ve ark., 2016). Taze sarımsağa göre siyah sarımsağın, aminoasit, şeker, organik asit ve protein miktarı gibi fizikokimyasal özellikleri farklılık göstermektedir (Choi ve ark., 2014). Artan organik asit içeriği ile birlikte siyah sarımsağın pH'sı önemli ölçüde azalmakta ve raf ömrü artmaktadır. Yapılan çalışmalar siyah sarımsağın taze sarımsaktan daha yüksek düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, antiinflatuar, antikanser ve antialerjik aktivite gibi birçok biyolojik aktivite de sergilemektedir (Jeong ve ark., 2016; Kim ve ark., 2013). Üretimde uygulanan işlemlerin, türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak, meyve ve sebzelerde bulunan bileşiklerin özelliklerini, aktivitesini ve biyoyararlanımını etkileyerek konsantrasyon, aktivite ve yapılarında değişikliklere neden olmaktadır (Gorinstein ve ark., 2009; Gorinstein ve ark., 2010).

Siyah sarımsak üretimi, hammaddenin kalitesine, türüne, çeşidine, yetiştirildiği çevre koşullarına bağlı olarak pek çok farklı faktörden etkilenmektedir. Ancak, siyah sarımsağın özelliklerini etkileyen en önemli faktörler arasında üretim süresi, nem ve üretim sıcaklığı gelmektedir. Siyah sarımsak üretiminde kullanılan parametrelerin, siyah sarımsağın fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini inceleyen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışma, Kastamonu taze sarımsağından üretilen siyah sarımsağın üretim sürecindeki önemli değişkenler olan nem (%70 ve %85), sıcaklık (65°C ve 84°C) ve süre (24 ve 50 gün) koşullarının renk kompozisyonları, pH, nem içeriği, tekstür özellikleri, protein, şeker, aminoasit ve organik asitlerin miktarları ve dağılımları gibi fizikokimyasal özellikler üzerindeki etkilerini ve bu özelliklerin taze sarımsaktan farklarını ayrıntılı bir şekilde incelemek amacıyla yapılmıştır. Amino asit ve şeker bileşimi fotodiyot dizili (HPLC-PDA) ve kırılma indisi dedektörlü (HPLC-RID) yüksek performanslı sıvı kromatografisi kullanılarak analiz edilmiştir. Organik asit bileşimi ise yüksek performanslı sıvı kromatografisi- diyot dizili dedektör-elektrosprey iyonizasyon kütle spektrometresi ile (HPLC-DAD-ESI-MS/MS) belirlenmiştir (Sasmaz ve ark., 2023).

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Materyal ve Yöntem

Materyal

Taze sarımsak örnekleri, Türkiye'nin Kastamonu ilinde (41°30'N; 34°12'E) yer alan Taşköprü şehrinde bulunan yerel bir pazardan temin edilmiştir. Siyah sarımsak üretim süreci sırasında, taze sarımsak örnekleri değişen sıcaklık (65°C ve 84°C), nem (%70 ve %85) ve sürelerde (24 ve 50 günde) iklimlendirme kabini (HCP105, Memmert, Almanya) kullanılarak üretilmiştir. Burada çalışılan sıcaklık, nem ve süreler önceki çalışmamızda yürütülen optimizasyon çalışmalarında elde edilmiştir (Sasmaz ve ark., 2023).

Yöntem

Renk Analizi

Renk ölçümlerinde Konica Minolta CM-5 (Konica Minolta, INC., JAPAN) cihaz kullanılarak L*, a*, b* değerleri kaydedilmiştir. L* değeri parlaklığı gösterir, 0 koyu rengi, 100 ise parlak rengi temsil eder. Pozitif a* değerleri kırmızı rengi, negatif (-) a* değerleri ise yeşil rengi ifade eder. Benzer şekilde, pozitif b* değerleri sarı rengi, negatif (-) b* değerleri ise mavi rengi temsil etmektedir (Keskin ve ark., 2019).

pH ve Titrasyon Asitliği

pH ve titrasyon asitliği Sasmaz ve ark. (2022) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır.

Protein ve Nem İçeriği Analizi

Protein içerikleri, toplam azot miktarının hesaplanmasıyla Kjeldahl yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Nem içeriği ise AOAC (2007) yöntemine uygun olarak belirlenmiştir.

Şekerlerin HPLC-PDA-RID ile Analizi

Şeker analizleri için, 2 g örnek alınarak, üzerine 20 ml su eklenmiş ve 30 dakika boyunca ekstraksiyon yapılmıştır. Ekstraktlar, 4 °C'de 5500 rpm'de santrifüj edilmiştir (Hettich Universal 320R). Ekstraktlar, şeker profillerini tespit etmek için RID dedektörlü HPLC'ye (Shimadzu Prominence-i LC-2030C) enjekte edilmiştir. Bileşiklerin miktarlarını belirlemek için her bir standart madde için beş farklı konsantrasyonda çözeltiler hazırlanmış ve şeker

miktarları kalibrasyon eğrilerinden hesaplanmıştır (Uzlaşır ve ark., 2024).

Organik Asitlerin LC-MS/MS ile Belirlenmesi

Taze ve siyah sarımsakların, ekstraksiyonları için Sasmaz ve ark. (2022)'nin uyguladığı yöntem kullanılmıştır. Ekstrakt 6000 rpm'de 4° C'de santrifüj (Hettich Universal 320R) edilerek üstteki berrak kısım alınıp 0.45 µm'lik filtrelerden süzülüş ve LC-MS/MS cihazına enjeksiyon yapılmıştır. Çalışmada, Agilent 6430 Triple Quadrupole kütle spektroskopili yüksek performanslı sıvı kromatografisi kullanılmıştır. Her bir analiz 3'er tekerrürlü olarak yapılmıştır. Organik asitlerin tanımlanmasında standart maddelerin enjeksiyonu ile elde edilen alıkonma zamanları, UV spektrumları ve LC-MS/MS analizleri yapılmıştır. Bileşiklerin tanımlanması LC-MS/MS kullanılarak negatif modda gerçekleştirilmiştir (Sasmaz ve ark., 2022).

HPLC-PDA ile Amino Asitlerin Analizi

HPLC-PDA ile amino asit analizi, Zeng ve ark. (2015) yöntemine yöntemi küçük modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. 0.5 g numune, 10 mL 0.1 N HCl içinde 110 °C'de 24 saat boyunca geri akış altında hidrolize edilmiştir. Daha sonra, sıvının 2 mL'si 0.45 µm boyutundaki filtreden süzülüştür. Analiz için Shimadzu HPLC cihazı (Prominence-i LC-2030C modeli) kullanılmış ve 3-MPA, OPA ve FMOAC ile türevlendirilen örnekler, Agilent marka cihaza bağlı Eclipse Plus kolon C18 (3.5 µm, 4.6 × 100 mm) kullanılarak belirlenmiştir. Amino asitler, standartların alıkonma sürelerine göre tespit edilmiş ve prolin için 262 nm, diğer amino asitler için ise 338 nm'deki pik alanları kullanılarak hesaplanmıştır.

Tekstür Analizi

Sarımsak numuneleri için tekstür analizi, TA.XT-plus Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro Systems, UK) ve P/2 iğne prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik (Newton) ve penetrasyon (Newton.saniye) gibi tekstür özellikleri, tekstür profili analizi (TPA) yöntemiyle belirlenmiştir. Analiz sırasında kullanılan tekstür analiz cihazı ayarları şu

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

şekildedir: ön test hızı: 2 mm/s, test hızı: 1 mm/s, son test hızı: 1 mm/s.

Duyusal Analiz

Farklı sıcaklık (65 ve 84°C), nem (%70 ve 85) ve süre (24 ve 50 gün) kombinasyonları uygulanarak üretilen sekiz siyah sarımsak örneği ile taze sarımsak örneklerinin tüketici tarafından kabul edilebilirliği, kalitesi ve duyu özellikleri dokuz uzman panelist (5 erkek ve 4 kadın, yaş ortalaması 32) tarafından belirlenmiş ve taze sarımsak örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Duyusal testlere 5 kadın ve 4 erkek olmak üzere toplam 9 eğitimli panelist katılmış ve bir onay formu imzalamıştır. Örneklerin renk, koku, tat, görünüş, asitlik, tatlılık acılık, kalıcılık, yapışkanlık, sertlik, pişmiş tat, hurmamsı tat ve genel izlenim kriterleri duyu değerlendirmelerde kullanılmıştır. Örnekleri puanlamak için 10 cm'lik basılı bir çizgi skalası kullanılmış ve çizginin uçlarında 'en düşük' ve 'en yüksek' ibareleri yer almıştır (Pardo ve ark., 2007). Çalışma Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Araştırma Etik Kurulundan alınan etik kurul izinleri sonrasında yürütülmüştür (Dosya numarası: E-76907350-050.01.04-84322).

İstatistiksel Analizler

İncelenen örneklerden elde edilen bulgular, uluslararası literatürlerle karşılaştırılmış ve elde edilen veriler, SPSS 22 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) yardımıyla %95 güven seviyesinde ($p \leq 0.05$) varyans analizine tabi tutulmuştur ve Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, önemli bulunan farklılıklar incelenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Renk Analiz Sonuçları

Renk, lezzet ve doku, gıda kabulünü belirleyen üç temel kalite özelliğidir ve rengin gıda kabulünde diğer özelliklere göre çok daha büyük bir etkisi vardır (Wrolstad ve Smith, 2017). Gıdanın rengi tüketiciler tarafından değerlendirilen ilk kalite parametresidir ve ürün kabulü için kritik öneme sahiptir (Leon ve ark., 2006). Taze ve farklı nem, süre ve sıcaklık koşullarında üretilen siyah sarımsakların L^* , a^* , b^* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli

farklılıklar tespit edilmiş ($p < 0.05$) ve Çizelge 1'de verilmiştir. L^* değeri parlaklığı (beyazlık veya açıklık koyuluk); $+a^*$ değeri kırmızı; $-a^*$ yeşil; $+b^*$ değeri sarı ve $-b$ değeri mavi renkleri temsil etmektedir. Genel olarak renk parametreleri değerlendirildiğinde, taze sarımsağa kıyasla siyah sarımsakta a^* değerinde artış olduğu, b^* ve L^* değerlerinde ise azalış olduğu belirlenmiştir. Siyah sarımsak üretiminde kullanılan parametrelere bağlı olarak renk parametrelerinin önemli ($p < 0.05$) değişim gösterdiği saptanmıştır.

Siyah renk siyah sarımsak için önemli bir parametredir (Zhang ve ark., 2016). Taze sarımsağın rengi, siyah sarımsak üretimi sırasında uygulanan sıcaklık ve üretim süresine bağlı olarak beyazdan kahverengiye ve sonrasında siyah renge dönmektedir. Taze sarımsaktan siyah sarımsağın renk bakımından farklı olmasında siyah sarımsağın üretiminde uygulanan ısı işlemi ile çeşitli kimyasal reaksiyonların meydana gelmesi etkilidir. Sarımsağın rengini değişmesine neden olan en önemli kimyasal reaksiyon Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonu, siyah sarımsak üretim sürecinde ısı işlemlerde meydana gelir; bu, indirgen şekerler ve amino asitler arasında enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonudur. Maillard reaksiyonunda oluşan HMF siyah sarımsağın renginin yoğunluğu ile ilişkilidir ayrıca reaksiyon sonunda oluşan kahverengi renkli bileşiklerde (melanoidin) siyah sarımsağın renginin oluşumunda etkilidir. HMF yaklaşık olarak 4 g/kg'a ulaştığında, sarımsağın rengi siyahlaşır (Zhang ve ark., 2016). Choi ve ark. (2014), siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini incelediği çalışmada siyah sarımsak örneklerinde a^* değerinin önemli ölçüde arttığını, L^* değeri ve b^* değerinin taze sarımsaklara göre azaldığını tespit etmişlerdir. Isıl işlemle kaynaklanan renk değişiklikleri tipik olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak bilinen Maillard reaksiyonundan ve genellikle Maillard reaksiyon ürünlerinin başlangıç, ara ve son aşamalarında oluşan bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Choi ve ark., 2014).

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Nem İçeriği

Taze ve farklı parametrelerde üretilen siyah sarımsakların nem miktarı belirlenmiştir ve elde edilen veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Taze sarımsağın nem içeriği %60.94 iken siyah sarımsakların nem içerikleri ise %11.35-45.79 arasında değişmiştir. Siyah sarımsak üretim parametrelerine bağlı olarak siyah sarımsağın nem içeriğinin önemli ($p<0.05$) ölçüde değiştiği saptanmıştır. 84°C derecede üretilen siyah sarımsak örneklerinde istenmeyen düzeylerde kurumaya yol açan nem kayıpları oluşmuştur. Bu durum sarımsakların tüketilebilirliklerini ve çığnenebilirliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Nem içeriği önemli bir parametredir ve piyasada satışı yapılan siyah sarımsakların nem içerikleri bakımından da çok büyük farklılıklar (%30-69) bulunmaktadır (Sasmaz ve ark., 2022). Siyah sarımsağın nem içeriği ile ilgili ve organoleptik özellikleri hakkında çok az veri mevcuttur. Kang’ın (2016), farklı ısı işlemlerinden sonra siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini belirlediği çalışmada, taze sarımsağın nem miktarını %62.31 farklı ısı işlemlerinde siyah sarımsağın nem içeriğinin ise % 58.48 ile % 39.03 arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Choi ve ark. (2008), siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada taze sarımsağın nem içeriğini %66.6 siyah sarımsağın nem içeriğini %58.2 olarak belirlemişlerdir. Botas ve ark. (2019) taze sarımsağın nem miktarını %54 siyah sarımsağın nem içeriğini ise %62 olarak belirlerken, başka bir çalışmada taze sarımsağın nem miktarını %72.42 siyah sarımsağın nem içeriğini ise %79.42 olarak belirlemişlerdir. Zhang ve ark. (2016) nem içeriği %45 ile %54 aralığında bulunan siyah sarımsakların, esnek ve çığnenebilir bir dokunun geliştirilmesine yarar sağladığını, nem içeriğinin %35’in altına düştüğünde, siyah sarımsağın tüketilebilirliğini güçleştirdiğini bildirmişlerdir. 80°C ‘de üretilen siyah sarımsağın çok kuru olduğunu ve kalitesinin iyi olmadığını bildirmişlerdir. 90°C ‘de üretilen siyah sarımsakta yanık kokusunun olduğunu ve yapının çok sert olduğunu bildirmişlerdir (Zhang ve ark., 2016). 65°C’de %85 ve %70 nemde, 24 ve 50 günde üretilen siyah sarımsakların yumuşak bir dokuya sahip

olduğu, 24 günde üretilen siyah sarımsakların ise daha yumuşak bir doku sergilediği tespit edilmiştir. Buna karşılık, 84°C’de %70 ve %85 nemde, 24 ve 50 günde üretilen siyah sarımsakların oldukça sert bir yapıya sahip olduğu, çığnenebilirlik ve tüketilebilirlik özelliklerinin düşük, ayrıca yanık kokusunun mevcut olduğu belirlenmiştir.

Protein İçeriği

Kastamonu taze sarımsağının ve farklı koşullarda (nem, süre, sıcaklık) üretilen siyah sarımsakların protein miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Farklı koşullarda üretilen siyah sarımsakların protein içeriklerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Taze sarımsağın protein miktarı %6.09, iken siyah sarımsakların protein miktarı %9.01-17.20 arasında değişim gösterdiği ve siyah sarımsakların taze sarımsaktan daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Taze ve siyah sarımsakların protein miktarını Sasaki ve ark. (2007) %8.4 ve %9.75 olarak; Liu ve ark. (2018) %5.32 ve %10.26 olarak bildirmişlerdir. Daha önce yapılan çok sayıdaki çalışmada siyah sarımsağın, taze sarımsağa göre daha yüksek protein içerdiği rapor edilmiştir.

pH ve Titrasyon Asitliği

Taze ve siyah sarımsakların pH ve titrasyon asitliği Çizelge 1’de sunulmuş ve istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Taze sarımsağın titrasyon asitliği % 0.91 ve pH değeri 6.36 olarak belirlenirken, siyah sarımsakların pH değeri 3.86 ile 4.52 arasında ve titrasyon asitliğinin ise % 8.88 ile 16.24 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Siyah sarımsak üretim sürecinde pH’nın azalış, titrasyon asitliğinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Siyah sarımsak üretim sürecinde asitliğin artışı şeker miktarındaki artışla birlikte tat dengesini sağladığı için istenen bir durumdur. Bu ekşi tat Maillard reaksiyon sırasında meydana gelen pH’daki değişikliklerle yakından ilgilidir. Siyah sarımsağın pH’sının düşmesi, esmerleşme süreciyle yakından ilişkilidir. Maillard reaksiyon ürünlerinin içeriği arttıkça aldolardaki aldehit gruplarının oksidasyonu sonucu organik asitlerin sentezi artar, bu da

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

pH'nın düşmesine neden olmaktadır (Liang ve ark., 2015). Zhang ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, taze sarımsaktaki pH değerinin 6.25 olduğunu, siyah sarımsak üretim sürecindeki ısı işleminden sonra siyah sarımsağın pH değerlerinin zamanla azaldığını ve 4.25'e ulaştığını, siyah sarımsağın üretim süreci sırasında pH değerinde azalma görüldüğünü tespit etmişlerdir. Siyah sarımsağın üretim süreci sırasında pH değerinde azalmanın nedeninin sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak organik asit içeriğindeki artışa bağlı geliştiğini belirtmişlerdir (Zhang ve ark., 2016). Kang'ın (2016) yaptığı çalışmada, farklı ısı işlem basamaklarından sonra siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini belirlemişler ve taze sarımsağın pH'sı 6.29 iken farklı ısı işlem basamaklarında pH'nın 5.27 ile 4.22 arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Choi ve ark. (2008) siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerini incelediği çalışmada taze

sarımsağın pH'sını 6.8 siyah sarımsağın pH'sını 4.4 olarak belirlemişlerdir. Siyah sarımsağın fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir diğer çalışmada taze sarımsağın pH'sı 6.4 ve siyah sarımsağın pH'sı 3.1 olarak bildirilmiştir (Bae ve ark., 2014). Siyah sarımsağın düşük pH'ı, uzun raf ömrü ve yüksek mikrobiyolojik stabilite sağlar. 4.2'nin altındaki pH, anaerobik bakteri çoğalmasını ve gıda zehirlenmesinden sorumlu mikroorganizmaların büyümesini önemli ölçüde azaltır. Siyah sarımsaktaki artan organik asit içeriği, sadece mikrobiyolojik stabiliteyi ve tat niteliklerini belirlemekle kalmaz, aynı zamanda proteinlerin ve polisakkaritlerin hidrolizini kolaylaştırır. Siyah sarımsağın karakteristik tatlı ve ekşi lezzetini oluştururken, aynı zamanda ürünün besin bileşenlerinin sindirimini ve emilimini artırmaktadır (Blecker ve ark., 2002).

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Çizelge 1. Taze ve siyah sarımsakların genel bileşimleri

	Taze sarımsak	Siyah sarımsak							
		S ₆₅ -N ₇₀ -G ₂₄	S ₆₅ -N ₇₀ -G ₅₀	S ₆₅ -N ₈₅ -G ₂₄	S ₆₅ -N ₈₅ -G ₅₀	S ₈₄ -N ₇₀ -G ₂₄	S ₈₄ -N ₇₀ -G ₅₀	S ₈₄ -N ₈₅ -G ₂₄	S ₈₄ -N ₈₅ -G ₅₀
Nem (%)	60.94±0.17 ^a	45.79±0.73 ^b	36.21±0.75 ^c	34.37±0.27 ^d	32.62±0.27 ^e	20.32±0.61 ^f	17.72±0.28 ^g	11.35±0.10 ⁱ	15.86±0.03 ^h
Protein (%)	6.09±0.56 ⁱ	9.01±0.38 ^h	10.71±0.41 ^g	11.09±0.13 ^e	10.97±0.49 ^f	11.21±0.05 ^d	17.20±0.85 ^a	15.40±1.39 ^c	16.47±0.23 ^b
Titre edilebilir asitlik (g/100g)	0.91±0.07 ⁱ	9.79±0.37 ^g	12.05±0.07 ^d	8.88±0.65 ^h	10.10±0.35 ^f	16.24±0.23 ^a	11.27±0.10 ^e	15.71±0.26 ^b	13.29±0.10 ^c
pH	6.36±0.01 ^a	4.52±0.08 ^b	4.09±0.01 ^d	4.44±0.01 ^c	4.02±0.01 ^e	3.86±0.01 ^a	3.99±0.01 ^a	4.08±0.00 ^d	3.97±0.01 ^f
HMF (g/kg)	Te	0.07±0.0 ^h	2.14±0.04 ^e	0.60±0.04 ^g	1.32±0.25 ^f	1.62±0.13 ^e	1.83±0.0 ^d	2.35±0.18 ^a	2.32±0.0 ^b
Şeker bileşimi(mg/100 g)									
Sakkaroz	1478.61±17.01 ^{dg}	1863.77±432.44 ^c	781.65±32.22 ^h	1719.23±112.89 ^f	497.57±80.19 ⁱ	4204.42±42.708 ^b	2042.23±293.29 ^d	5214.80±56.72 ^a	2122.46±47.17 ^c
Glikoz	122.13±13.99 ⁱ	1456.57±4.38 ^d	1706.91±11.07 ^b	1599.95±23.66 ^c	1299.91±5.38 ^e	809.32±46.93 ^g	767.98±90.91 ^h	1919.18±3.88 ^a	840.45±27.96 ^f
Fruktoz	395.23±93.52 ^f	27134.80±77.479 ^b	30789.90±50.147 ^a	30221.28±79.724 ^a	23122.04±22.459 ^c	112.64±0.43 ^g	64.53±24.99 ^h	3356.57±91.34 ^d	647.62±83.66 ^e
Toplam şeker	1995.98±62.51 ⁱ	30455.16±34.673 ^c	33278.45±54.477 ^b	33540.47±70.8 ^a	24919.53±29.940 ^d	5126.38±47.357 ^f	2874.74±409.19 ^h	10490.56±14.417 ^e	3610.54±15.879 ^g
Renk parametreleri									
L*	84.30±0.56 ^a	32.51±1.49 ^e	32.33±0.35 ^e	36.68±1.32 ^d	37.07±1.55 ^{cd}	38.54±0.77 ^c	34.65±1.59 ^b	37.53±0.31 ^{cd}	40±0.48 ^b
a*	-2.17±0.07 ^f	1.43±0.03 ^b	0.83±0.1 ^{cd}	0.75±0.15 ^d	0.43±0.08 ^f	0.88±0.14 ^c	0.60±0.03 ^e	1.31±0.11 ^b	1.87±0.18 ^a
b*	17.77±0.52 ^a	0.79±0.16 ^d	0.44±0.01 ^g	0.63±0.22 ^e	0.86±0.63 ^c	0.54±0.09 ^f	0.78±0.07 ^d	2.08±0.11 ^b	2.08±0.11 ^b

^{a-i} Aynı satırdaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir (p<0.05). Te: Tespit edilemedi, S: Sıcaklık (°C); N: Nem (%), G: Gün

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

HMF Miktarı

Sarımsakların HMF miktarı belirlenmiştir ve tanımlamada LC-MS/MS kullanılmıştır. Pozitif iyon modunda yürütülen çalışmada 127>109 çoklu reaksiyon izleme (MRM) geçişleri esas alınmıştır. Taze sarımsakta HMF tespit edilmemiştir. 65°C 'de %70 nemde 24 günde ve 50 günde üretilen siyah sarımsağın HMF miktarı sırasıyla 0.07 g/kg ve 2.14 g/kg olarak belirlenmiştir. 65° C 'de %85 nemde 24 günde ve 50 günde üretilen siyah sarımsağın HMF miktarı sırasıyla 0.60 g/kg, 1.32 g/kg olarak belirlenmiştir. 84°C 'de %70 nemde 24 günde ve 50 günde üretilen siyah sarımsağın HMF miktarı sırasıyla 1.62 g/kg ve 1.83 g/kg olarak belirlenmiştir. 84°C 'de %85 nemde 24 günde ve 50 günde üretilen siyah sarımsağın HMF miktarı sırasıyla 2.35 g/kg, 2.32 g/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Sıcaklığın siyah sarımsak üzerine etkisini incelediği çalışmada 60 °C 'de 69 gün , 70°C 'de 30 gün, 80°C 'de 15 gün ve 90 °C'de 9 gün %80 nemde siyah sarımsak üretimi gerçekleştirilmiş ve HMF miktarını sırasıyla 1.88 g/kg, 4.32 g/kg, 4.82 g/kg, 4.08 g/kg olduğu belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2016).

Şeker İçeriği

Taze ve farklı koşullarda (nem, süre, sıcaklık) üretilen siyah sarımsakların şeker içeriği (sakkaroz, glikoz ve fruktoz) Çizelge 1'de verilmiştir. Taze sarımsakta 1995.98 mg/100g olan toplam şeker miktarı siyah sarımsak üretim süreçlerinde önemli düzeylerde artış göstermiştir. 65°C'de yürütülen çalışmalarda şeker miktarı 24919.53-33540.47mg/100 g arasında ve 85°C'de yürütülen çalışmalarda ise şeker miktarı 2874.74-10490.56 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Şeker bileşimlerinde görülen en önemli değişme sakkarozda olmuştur. Siyah sarımsak üretim süresinin artmasına bağlı olarak sakkaroz miktarı önemli ölçüde azalmıştır. Taze sarımsaklarda baskın olan şeker sakkaroz iken siyah sarımsaklarda baskın olan şeker fruktoz olarak saptanmıştır (Çizelge 1). Taze sarımsak %23 oranında fruktan içermektedir. Fruktanlar, asidik ortamda, yüksek sıcaklıklarda stabil değildir ve siyah sarımsağın üretim sürecindeki işlemlere bağlı olarak fruktoz ve glikoza hidrolize olurlar.

Böylece siyah sarımsak daha tatlı hale gelmektedir ve ayrıca doku yumuşamaktadır (Huang ve ark., 2011; Li ve ark., 2017; Hofmann ve Schieberle, 2000; Sanz ve ark., 2001; Yuan ve ark., 2016).

Organik Asit İçeriği

Sarımsaklarda organik asit olarak asetik, sitrik, süksinik piroglutamik, pirüvik, ve malik asit bileşikleri LC-MS/MS ile belirlenmiştir. Belirlenen bileşiklere ait veriler Çizelge 2'de verilmiştir. Organik asitlerin analizinde 210 nm dalga boyu kullanılmıştır. Taze sarımsakta baskın organik asit sitrik asit (0.32 g/100 gram) iken, siyah sarımsakta ise süksinik asitin baskın olduğu (0.85-2.62 g/100 gram) belirlenmiştir. Siyah sarımsak üretiminde kullanılan farklı sıcaklık ve nem parametrelerinin organik asit miktarını değiştirdiği saptanmıştır. 65°C'de %70 nemde üretilen siyah sarımsaklarda üretim süresi arttıkça sitrik asit süksinik ve piroglutamik miktarlarında azalma olduğu saptanmıştır. 65 °C'de %85 nemde üretilen siyah sarımsaklarda üretimindeki fermentasyon süresi arttıkça organik asitlerin miktarında da artış meydana gelmiştir. Bu durum sıcaklık, üretim süresi ve nem değerinin organik asitler üzerinde etkisinin olduğunu göstermektedir. 84°C'de %70 nemde üretilen siyah sarımsaklarda üretim süresinin uzamasına bağlı olarak sitrik ve malik asit miktarı artarken, aynı sıcaklıkta %85 nemde üretilen siyah sarımsaklarda sadece malik asit artışı gösterdiği diğer organik asitlerin azaldığı belirlenmiştir.

Sarımsağa uygulanan ısı işleminden sonra asitliğin artmasında Maillard reaksiyonunda amadori ürünlerinin ve dikarbonil bileşiklerinin bozulmasıyla kısa zincirli karboksilik asitlerin oluşması ve sarımsakta bulunan glikoz, fruktoz gibi heksozlardan karboksilik asitlerin oluşması etkilidir (Qiu ve ark., 2021). Yapılan çalışmalarda siyah sarımsaklarda sitrik, malik, laktik, formik ve fumarik asidin en fazla bulunan organik asitler olduğu bildirilmiştir (Liang ve ark., 2015; Ritota ve ark., 2012; Sanz ve ark., 2001). Botas ve ark. (2019), taze ve siyah sarımsağın fiziksel, kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada, siyah sarımsakta bulunan organik asitlerin okzalik ve malik asit olduğunu belirlemişler ve okzalik ve malik asit

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

miktarının sırasıyla 0.12 g/100 g, 0.32 g/100 g olduğunu bildirmişlerdir. Taze sarımsakta ise okzalik, pirüvik, sitrik asit olmak üzere 3 organik asit tespit etmişlerdir ve okzalik asit miktarının 0.13 g/100 g ve pirüvik asit miktarının 1.43 g/100 g, sitrik asit miktarının 1.07 g/100 g olduğunu belirlemiştirlerdir.

Aminoasit İçeriği

Sarımsak fonksiyonel bileşenler bakımından zengin bir gıda ve iyi bir amino asit kaynağıdır (Liu ve ark., 2020). Kastamonu taze sarımsağının ve farklı parametreler (nem, süre, sıcaklık) kullanılarak sekiz farklı koşulda üretilen siyah sarımsakların amino asit miktarları Çizelge 3'de verilmiştir. Sarımsaklarda alanin, glisin, valin, lösin, izolösin, serin, prolin, aspartik asit, glutamik asit, fenilalanin, glutamik asit, lizin, histidin, tirozin, triptofan, arjinin, treonin ,metiyonin, hidroksiprolin ve sistein olmak üzere toplam 19 adet amino asit belirlenmiştir. Siyah sarımsağın amino asit içeriğinin taze sarımsaktan farklı olduğu bu farklılıkların siyah sarımsağın üretim parametrelerine göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Taze sarımsakta en fazla bulunan amino asitin literatürde bildirilen şekilde arjinin olduğu ve miktarının 139.99 mg/100 g olduğu belirlenirken, siyah sarımsak örneklerinde baskın aminoasitin siyah sarımsak üretim koşullarına bağlı farklılık gösterdiği (Arjinin, izolösin) saptanmıştır. 65°C'de üretilen siyah sarımsaklarda toplam amino asit içeriği 141.85-

411.75 mg/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek içerik 65°C'de %85 nem ve 24 gün uygulamasıyla elde edilmiştir. Aynı sıcaklık ve nemde fermentasyon süresindeki artış amino asit içeriğinde azalmaya yol açmıştır. Sabit sıcaklık ve sürelerdeki nem artışı amino asit miktarında artışa yol açmıştır. Histidin (S₈₄-N₈₅-G₂₄ hariç) ve hidroksiprolin (S₈₄-N₇₀-G₅₀ ve S₈₄-N₈₅-G₂₄ hariç) siyah sarımsaklarda saptanmamıştır. Bunlar arasında arjinin ve izolösin baskın olan amino asit olarak saptanmıştır. Elde edilen veriler genel olarak değerlendirildiğinde yapılan önceki çalışmalarda elde edilen veriler ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır (Choi ve ark., 2014; Liu ve ark., 2018). 84°C'de üretilen sarımsaklardaki toplam amino asit içeriği 59.74-182.15 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. 65°C'de elde edilen verilere benzer şekilde 84°C sıcaklık, %85 nem ve 24 gün üretim süresinde üretilen sarımsaklarda en yüksek amino asit içeriği saptanmıştır. 65°C ve 84°C üretimleri kıyaslandığında 84°C'de üretilen siyah sarımsakların amino asit içeriklerinin önemli ölçüde azaldığı dikkati çekmektedir. Taze sarımsakla kıyaslandığında tüm üretilen siyah sarımsaklarda lizin miktarı azalmış, bazılarında tamamen yok olmuştur. Bunun nedeni lizinin en reaktif amino asit olmasından ve indirgen şekerlerce zengin olan gıdalarda kolayca Maillard reaksiyona girmesinden kaynaklı olabilir.

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Çizelge 2. Taze ve siyah sarımsakların organik asit içeriği (g/100 g)

	RT (dk)	[M- H] ⁻ (m/z)	MS ² (m/ z)	Taze sarımsak	Siyah sarımsak							
					S ₆₅ -N ₇₀ -G ₂₄	S ₆₅ -N ₇₀ -G ₅₀	S ₆₅ -N ₈₅ -G ₂₄	S ₆₅ -N ₈₅ - G ₅₀	S ₈₄ -N ₇₀ -G ₂₄	S ₈₄ -N ₇₀ -G ₅₀	S ₈₄ -N ₈₅ - G ₂₄	S ₈₄ -N ₈₅ -G ₅₀
Sitrik asit	10.8	191	87	0.32±0.03 ^{cd}	0.66±0.01 ^a	0.37±0.01 ^c	0.25±0.01 ^{def}	0.55±0.01 ^b	0.23±0.01 ^{ef}	0.30±0.01 ^{cd}	0.24±0.08 ^{ef}	0.21±0.02 ^f
Malik asit	13.1	133	115	0.07±0.01 ^c	0.90±0.01 ^b	1.30±0.01 ^a	0.73±0.08 ^c	0.84±0.02 ^b	0.22±0.01 ^d	0.25±0.01 ^d	0.22±0.01 ^d	0.23±0.01 ^d
Pirüvik asit	11.2	87	59	0.27±0.01 ^a	Te	Te	Te	Te	Te	Te	Te	Te
Süksinik asit	17.1	117	73	Te	2.62±0.15 ^a	2.34±0.06 ^{bc}	1.24±0.01 ^c	2.18±0.03 ^c	2.61±0.07 ^a	2.41±0.03 ^b	1.47±0.06 ^d	0.85±0.06 ^f
Asetik asit	21.6			Te	0.44±0.02 ^b	0.53±0.01 ^a	0.40±0.02 ^b	0.52±0.01 ^a	0.35±0.01 ^c	0.16±0.01 ^d	0.17±0.01 ^d	Te
Piroglutamik asit	25.6	128		0.03±0.01 ^h	1.80±0.01 ^b	1.39±0.01 ^c	1.28±0.01 ^d	1.87±0.02 ^a	0.69±0.01 ^f	0.67±0.01 ^f	0.90±0.01 ^c	0.23±0.01 ^g

^{a-h} Aynı satırdaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir (p<0.05). RT: Alıkonma süresi, Te:Tespit edilemedi, S: Sıcaklık (°C); N: Nem (%), G: Gün

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Çizelge 3. Taze ve siyah sarımsakların aminoasit içeriği (mg/100 g)

		Taze sarımsak	Siyah sarımsak							
			S ₆₅ -N ₇₀ -G ₂₄	S ₆₅ -N ₇₀ -G ₅₀	S ₆₅ -N ₈₅ -G ₂₄	S ₆₅ -N ₈₅ -G ₅₀	S ₈₄ -N ₇₀ -G ₂₄	S ₈₄ -N ₇₀ -G ₅₀	S ₈₄ -N ₈₅ -G ₂₄	S ₈₄ -N ₈₅ -G ₅₀
Aspartik asit	Asp	9.27±2.16 ^d	22.79±0.08 ^b	6.81±0.02 ^e	19.53±0.03 ^c	6.24±0.02 ^f	Te	5.89±0.02 ^g	39.51±1.53 ^a	1.15±0.00 ^h
Glutamik asit	Glu	43.28±1.47 ^c	31.76±1.23 ^d	20.57±0.79 ^f	50.35±1.95 ^b	50.73±1.96 ^a	30.75±1.19 ^c	10.78±0.42 ^h	4.61±0.13 ⁱ	16.26±0.63 ^g
Serin	Ser	15.04±1.62 ^a	7.40±0.22 ^d	3.57±0.11 ^g	8.57±0.26 ^b	7.46±0.22 ^c	3.72±0.11 ^f	4.87±0.15 ^e	Te	3.39±0.10 ^h
Histidin	His	6.71±0.35 ^b	Te	Te	Te	Te	Te	Te	13.29±1.43 ^a	Te
Glisin	Gly	26.71±3.16 ^{fd}	40.73±4.40 ^a	10.42±1.12 ^g	31.05±3.35 ^c	35.57±3.84 ^b	12.44±1.34 ^f	13.22±1.43 ^e	6.21±0.57 ⁱ	10.24±1.10 ^h
Treonin	Thr	2.18±0.17 ^h	4.19±0.39 ^e	2.77±0.25 ^g	6.10±0.56 ^b	3.34±0.31 ^f	4.36±0.40 ^d	1.30±0.12 ⁱ	9.18±0.07 ^a	5.58±0.51 ^c
Arjinin	Arg	139.99±9.11 ^a	33.70±0.28 ^d	11.73±0.09 ^f	157.80±1.32 ^a	40.79±0.34 ^c	8.17±0.07 ^g	0.30±0.01 ⁱ	12.36±0.50 ^c	7.83±0.06 ^h
Alanin	Ala	13.43±1.18 ^c	9.71±0.40 ^f	7.54±0.31 ^g	19.49±0.80 ^f	16.47±0.67 ^b	11.57±0.47 ^e	3.53±0.14 ^h	1.61±0.04 ⁱ	11.95±0.49 ^d
Tirozin	Tyr	6.39±0.38 ^d	6.30±0.15 ^e	3.99±0.09 ^f	9.66±0.23 ^b	6.94±0.16 ^c	1.04±0.02 ^h	1.49±0.03 ^g	15.12±1.73 ^a	0.87±0.02 ⁱ
Sistein	Cys	38.20±3.83 ^a	17.64±2.02 ^d	13.22±1.51 ^f	27.67±3.17 ^b	15.64±1.79 ^e	18.16±2.08 ^c	5.07±0.58 ⁱ	11.09±0.05 ^g	7.66±0.88 ^h
Valin	Val	10.48±1.76 ^b	6.91±0.03 ^d	9.17±0.04 ^e	6.30±0.03 ^c	5.15±0.02 ^f	13.28±0.06 ^a	2.50±0.01 ⁱ	4.65±0.05 ^h	5.00±0.02 ^g
Metiyonin	Met	18.70±2.10 ^a	12.31±0.12 ^b	2.68±0.03 ^f	10.99±0.11 ^c	9.70±0.09 ^d	6.58±0.07 ^e	1.22±0.01 ^h	Te	1.88±0.01 ^g
Triptofan	Trp	14.57±1.10 ^a	Te	Te	3.35±0.10 ^c	Te	Te	1.91±0.05 ^d	9.02±1.69 ^b	Te
Fenilalanin	Phe	11.39±1.74 ^b	8.72±1.63 ^c	6.90±1.29 ⁱ	6.60±1.23 ^g	5.55±1.04 ^h	7.08±1.32 ^e	1.21±0.23 ⁱ	42.83±2.54 ^a	8.13±1.52 ^d
İzolösin	Ile	48.00±5.42 ^a	37.27±2.21 ^d	34.51±2.05 ^e	34.49±2.05 ^f	33.88±2.01 ^g	45.89±2.72 ^b	1.05±0.06 ^h	Te	37.32±2.21 ^c
Lösin	Leu	3.60±0.72 ^a	1.77±0.06 ^d	0.44±0.01 ^f	1.89±0.07 ^c	1.63±0.06 ^e	Te	3.16±0.1 ^b	Te	Te
Lizin	Lyz	26.73±5.77 ^a	Te	Te	13.73±3.60 ^b	3.16±0.83 ^c	Te	1.94±0.51 ^d	Te	Te
Hidroksiprolin	Hyp	Te	Te	Te	Te	Te	Te	0.31±0.02 ^b	7.39±0.68 ^a	Te
Prolin	Pro	14.39±1.72 ^a	4.26±0.39 ^f	7.52±0.68 ^b	4.19±0.38 ^g	5.71±0.51 ^d	1.94±3.64 ^h	Te	5.30±0.48 ^c	7.05±0.64 ^c
Toplam Amino asit		449.06±12.76 ^a	245.46±0.41 ^d	141.85±3.50 ^g	411.75±1.27 ^b	247.95±1.11 ^c	164.97±4.11 ^f	59.74±1.80 ⁱ	182.15±3.89 ^e	124.28±3.40 ^h

^{a-i} Aynı satırdaki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir (p<0.05). Te: Tespit edilemedi, S: Sıcaklık (°C); N: Nem (%), G: Gün

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Tekstür analizi

Gıdalardaki tekstür, tüketicilerin bir gıda ürünü beğenisini ve tercihini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Gıda tekstürü, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından duyusal analizler için standart sözlükte 'Bir gıda ürününün mekanik, dokusal ve uygun olduğu görsel olarak algılanabilen tüm reolojik ve yapısal (geometrik ve yüzey) özellikleri' olarak tanımlanmıştır (ISO, 2008). Tekstür özellikleri hem kalite güvencesi hem de gıda güvenliği açısından önemli kabul edilir (Wilhelm ve ark., 2004). Çalışmamız kapsamında üretilen siyah sarımsağın görünümünün ve yapısal özelliklerinin değişimini sayısal verilerle değerlendirmek için tekstür özellikleri belirlenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 4'te verilmiştir. 84°C'de üretilen siyah sarımsaklar kırılğan kömürsü yapıları nedeniyle tekstür profil analizi için uygun olmadığından analiz yapılamamıştır.

Sertlik değeri taze sarımsakta 5.31 Newton iken siyah sarımsaklarda bu değer 0.98 Newton'a kadar düştüğü belirlenmiştir. Isıl işlem sırasında sarımsaktaki, polisakaritlerin, monosakaritlere veya oligosakaritlere hidroliz olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Martinez-Casas ve ark., 2017). Fruktaanın siyah sarımsak üretim sürecinde tamamen hidrolize olduğu ve siyah sarımsakta kalan polisakaritlerin ise galaktan ve pektinlerden oluştuğu bildirilmiştir (Li ve ark., 2017). Bitkilerin hücre duvarındaki polisakaritlerinin hidrolizi dokunun yumuşamasına neden olduğundan siyah

sarımsağın dokusu, çiğ sarımsaktan daha yumuşak ve yapışkanımsıdır (Kang, 2016). Bu nedenle siyah sarımsakta sertliğin azalmasının polisakaritlerin hidrolizi sonucu olduğu düşünülmektedir. 65°C'de %70 nemde 24 gün ve 50 günde üretilen siyah sarımsakların sertlik değerleri sırasıyla 1.26 Newton ve 0.98 Newton olarak belirlenmiş olup bu sıcaklık ve nem düzeyinde üretilen siyah sarımsakların üretim süresi arttığında sertlik değerinin azaldığı belirlenmiştir. 65°C'de %85 nemde 24 gün ve 50 günde üretilen siyah sarımsakların sertlik değeri sırasıyla 2.52 Newton ve 3.43 Newton olarak belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda, siyah sarımsak üretim sürecinde sarımsak dişlerinin sertliğinin önemli ölçüde etkilendiği ve siyah sarımsağın çok daha yumuşak bir dokuya sahip olduğu (ortalama 3,01 Newton) bildirilmiştir (Bedrníček ve ark., 2021). Gıda biliminde penetrasyon testi, özellikle bir gıda maddesine uygulanan kuvvetin ne kadar derine nüfuz ettiğini göstermektedir. Bu test, gıdanın sertlik, yumuşaklık veya dokusal dayanıklılığı gibi özelliklerini belirlemede kullanılır (deMan, 1969). Çizelge 4'te verilen verilere göre, siyah sarımsak üretiminde uygulanan sıcaklık, nem ve süre gibi faktörler, siyah sarımsağın tekstürel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu değişkenler, siyah sarımsağı taze sarımsağa kıyasla daha yumuşak veya daha sert bir dokuya sahip hale getirebilmektedir.

Çizelge 4. Taze ve siyah sarımsakların tekstür analiz sonuçları

	Sertlik (Newton)	Penetrasyon (Newton.saniye)
Taze sarımsak	5.31±0.19 ^a	3.61±0.42 ^b
S ₆₅ -N ₇₀ -G ₂₄	1.26±0.38 ^d	0.95±0.25 ^c
S ₆₅ -N ₇₀ -G ₅₀	0.98±0.18 ^c	1.08±0.69 ^d
S ₆₅ -N ₈₅ -G ₂₄	2.52±0.31 ^c	2.73±0.33 ^c
S ₆₅ -N ₈₅ -G ₅₀	3.43±0.46 ^b	4.31±2.01 ^a

^{a-c} Aynı sütündeki farklı üstel harfler örnekler arasında önemli bir fark olduğunu göstermektedir (p<0.05). Sertlik birimi Newton'dur. S: Sıcaklık (°C); N: Nem (%), G: Gün

Duyusal analiz

Duyusal değerlendirme, gıdanın insanlar tarafından algılanması için kullanılan bir bilimsel yöntemdir. Bu yöntem, görme, koklama, dokunma, tatma ve işitme duyuları yoluyla ürünlerin insan tepkilerini ölçmek, analiz etmek ve yorumlamak amacıyla geliştirilmiştir (Walsh, 2007). Gıda endüstrisinde, duyusal

değerlendirme, pazarlama yönetimi, hedef pazarın anlaşılması, ürün özelliklerinin belirlenmesi ve kalite kontrol gibi birçok alanda önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, gıda ürünlerinin kalitesi, lezzeti, tüketici anlayışı ve tat profili gibi birçok açıdan değerlendirilmesine ve geliştirilmesine katkı

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

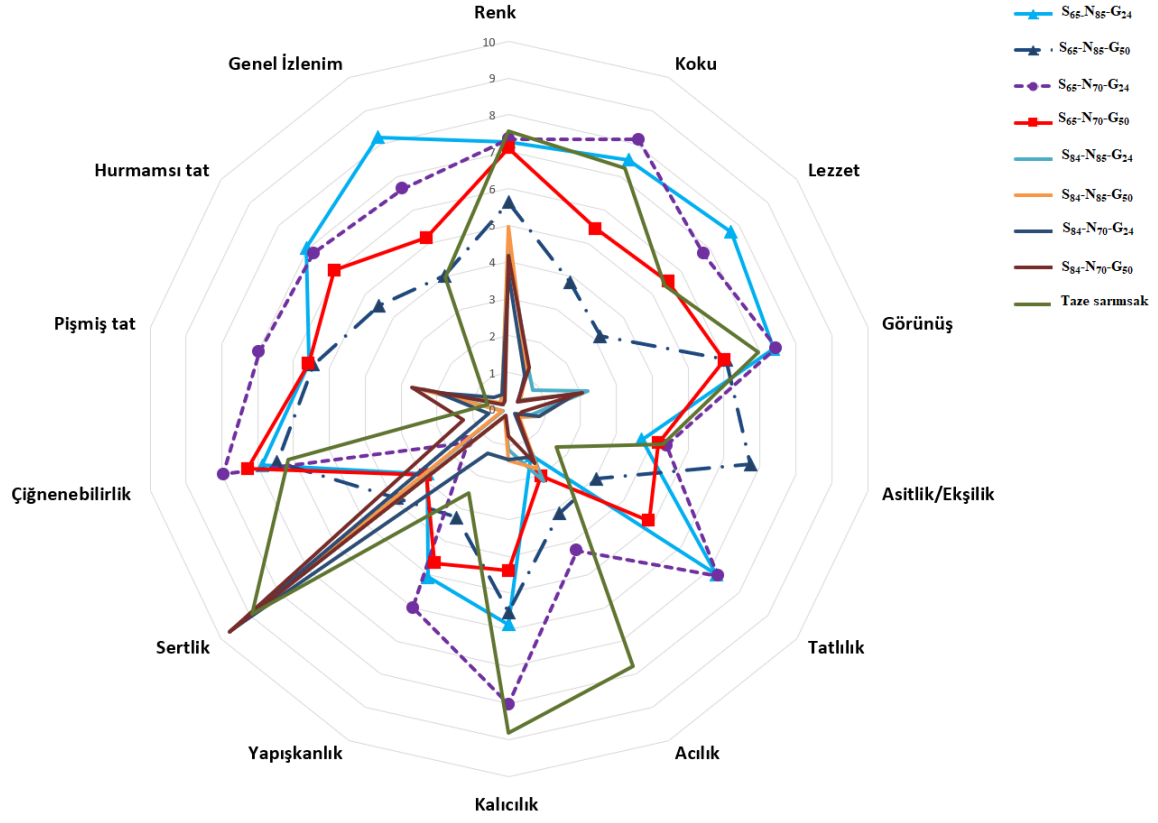
sağlayan önemli veriler sunmaktadır (Ruiz-Capillas ve Herrero, 2021).

Siyah sarımsakların tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği ve taze sarımsakla duyuşsal özellik farkları alanında uzman panelistlerce (9 panelist: 5 erkek 4 kadın) değerlendirilmiştir. Taze sarımsağı kıyasla siyah sarımsakta gelişen kalite parametrelerini ve yeni lezzet parametrelerini kıyaslamıştır. Duyusal analizde kullanılacak parametrelere karar vermek için panelistlerce ön değerlendirme yapılmış ve tanımlayıcı kalite kriterleri saptanmıştır. Buna göre, renk, koku, tat, görünüş, asitlik, tatlılık acılık, kalıcılık, yapışkanlık, sertlik, pişmiş tat, hurmamsı tat ve genel izlenim kriterleri duyuşsal değerlendirmelerde kullanılmıştır. Sarımsakların duyuşsal değerlendirmeleri sonrasındaki veriler ile oluşturulan örümcek ağı diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Koku, tat, görünüş, tatlılık, ekşilik, hurmamsı tat ve genel değerlendirmelerde 65°C'de %85 nemde 24 günde üretilen siyah sarımsaklar daha yüksek puanlar alarak tercih edilmişlerdir. Bu örneği 65°C'de %70 nemde 24 günde üretilen ve 65°C'de %70 nemde 50 günde üretilen örnekler izlemiştir. Genel olarak 65°C sıcaklığın tercih edildiği dikkati çekmektedir. Sıcaklığın artması durumunda sarımsak üretim süreci daha kısa olabilir ancak siyah sarımsağı özgü hurmamsı tat, tatlılık ve eksilik gibi parametreler yeterli ölçüde gelişim göstermemektedir. Yüksek sıcaklık uygulamasında sürenin biraz uzatılması durumunda ise çignenemeyecek nitelikte

ürünlerin oluşmasına yol açmaktadır. Aynı sıcaklık ve sürelerdeki nemin değişimi kıyaslanacak olursa daha yüksek nem içeriğinin arzu edilen kalite parametrelerini daha çok geliştirdiği saptanmıştır. Tüm bu parametreler değerlendirildiğinde siyah sarımsak daha fazla beğenilmiştir. Genel izlenim değerlendirildiğinde 65°C sıcaklıkta üretilen siyah sarımsakların taze sarımsağı göre daha yüksek puan aldığı belirlenmiştir. Duyusal analiz parametrelerinin belirlenmesi için yapılan ön çalışmada belirlenen hurmamsı tat, taze sarımsakta 0.91 puan ile değerlendirilirken siyah sarımsakta hurmamsı tadın arttığı ve 5.82 puan verildiği tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda sarımsağın üretim süresinin yüksek sıcaklıklarda daha kısa olduğunu, 70°C'de üretim söz konusu olduğunda olgunlaşma hızının 60°C'dekine göre iki kat daha hızlı olduğunu belirlemişlerdir (Toledano-Medina ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2016). Yapılan çalışmalarda duyuşsal değerlendirmelere göre 70°C ve 80°C arasında üretilen siyah sarımsağın kalitesinin daha iyi ve siyah rengin homojen olduğunu, 90°C'de üretim süresinin daha kısa olmasına rağmen acı ve ekşi tatlar gibi istenmeyen tatların oluştuğu bildirilmiştir (Toledano-Medina ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2016). 85°C de üretilen sarımsaklarda istenmeyen acı tat oluştuğu ve acılığın yüksek olduğu tespit edilmiştir, bu durum yapılan önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Zhang ve ark., 2016).

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi



Şekil 1. Sarımsak örneklerinin duysal analizinin örümcek ağı diyagramı

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

Sonuç

Bu çalışma ile, farklı koşullarda üretilen siyah sarımsakların renk, nem içeriği, pH, titrasyon asitliği, tekstür özellikleri, protein içeriği, amino asit içeriği, HMF içeriği, şeker içeriği ve organik asit içeriği gibi önemli kalite özellikleri değerlendirilmiştir. Renk analizi ile, siyah sarımsak üretim koşullarının renk parametreleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu saptandı. Özellikle, üretim süresinin artmasıyla birlikte a* ve b* değerlerinde belirgin değişiklikler gözlemlendi. Siyah sarımsakların taze sarımsaktan daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu ve amino asit profilinin üretim koşullarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Siyah sarımsakların üretim parametrelerinin HMF miktarını etkilediği yüksek sıcaklık ve uzun süreli üretimlerin HMF miktarını artırdığı saptanmıştır. Siyah sarımsakların üretim sürecinde şeker içeriğinde önemli değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Sakkaroz miktarında azalma ve fruktozun baskın hale gelmesinin, siyah sarımsağın tat profilini etkilediği saptanmıştır. Siyah sarımsakların organik asit profilinin üretim koşullarına bağlı olarak değiştiği ve özellikle, sıcaklık, nem ve süre arttıkça organik asit miktarında önemli değişikliklerin olduğu saptanmıştır. Tekstür analizine göre, üretilen siyah sarımsakların taze sarımsaktan daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu, siyah sarımsağın daha yumuşak bir dokuya sahip olduğu saptanmıştır. Siyah sarımsakların tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği ve taze sarımsakla duyuşal özellik farkları değerlendirilmiş ve 65°C sıcaklıkta üretilen siyah sarımsakların taze sarımsağa göre duyuşal olarak daha fazla beğenildiği belirlenmiştir. Gelecek çalışmalarda, siyah sarımsağın fonksiyonel gıda olarak kullanım potansiyelini artırmak için üretim parametrelerinin tüketici tercihleri ve besin değerleri üzerindeki etkilerini daha kapsamlı bir şekilde araştırabilir.

Teşekkür

Bu araştırma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje numarası: TOVAG 2190174).

Kaynaklar

- Ansary, J., Forbes-Hernández, T. Y., Gil, E., Cianciosi, D., Zhang, J., Elexpuru-Zabaleta, M., Simal-Gandara, J., Giampieri, F., Battino, M. (2020) potential health benefit of garlic based on human intervention studies: a brief overview. *Antioxidants (Basel)* 9(7).
- AOAC (2007) Official Methods of Analysis. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.
- Bae, S. E., Cho, S. Y., Won, Y. D., Lee, S. H., & Park, H. J. (2014) Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment. *LWT* 55(1), 397-402.
- Bedrníček, J., Laknerová, I., Lorenc, F., Moraes, P. P. d., Jarošová, M., Samková, E., Tříska, J., Vrchotová, N., Kadlec, J., & Smetana, P. (2021) The use of a thermal process to produce black garlic: differences in the physicochemical and sensory characteristics using seven varieties of fresh garlic. *Foods* 10(11), 2703.
- Blecker, C., Fougnes, C., Van Herck, J.-C., Chevalier, J.-P., & Paquot, M. (2002) Kinetic study of the acid hydrolysis of various oligofructose samples. *J. Agric. Food Chem.* 50(6), 1602-1607.
- Botas, J., Fernandes, Á., Barros, L., Alves, M. J., Carvalho, A. M., Ferreira, I. C. F. R. (2019) a comparative study of black and white *Allium sativum* L.: Nutritional composition and bioactive properties. *Mol.* 24(11).
- Choi, D.-J., Lee, S.-J., Kang, M.-J., Cho, H.-S., Sung, N.-J., Shin, J.-H. (2008) Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 37(4), 465-471.
- Choi, I. S., Cha, H. S., & Lee, Y. S. (2014) Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Mol.* 19(10), 16811-16823.
- deMan, J. (1969). Food texture measurements with the penetration method. *J. Texture Stud.* 11, 114-119.

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

- Gorinstein, S., Jastrzebski, Z., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Namiesnik, J., Najman, K., Park, Y.-S., Heo, B.-G., Cho, J.-Y., & Bae, J.-H. (2009) Comparative control of the bioactivity of some frequently consumed vegetables subjected to different processing conditions. *Food Control* 20(4), 407-413.
- Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Jastrzebski, Z., Najman, K., Tashma, Z., Katrich, E., Heo, B.-G., Cho, J.-Y., & Park, Y.-J. (2010) The influence of raw and processed garlic and onions on plasma classical and non-classical atherosclerosis indices: investigations in vitro and in vivo. *Phytother. Res.* 24(5), 706-714.
- Hofmann, T., & Schieberle, P. (2000) Formation of aroma-active Strecker-aldehydes by a direct oxidative degradation of Amadori compounds. *J. Agric. Food Chem.* 48(9), 4301-4305.
- Huang, X. S., Wang, M., & Bai, W. B. (2011) Some characteristics to the related food processing for garlic fructan. *Adv. Mater. Res.* 197, 79-85.
- Jeong, Y. Y., Ryu, J. H., Shin, J.-H., Kang, M. J., Kang, J. R., Han, J., & Kang, D. (2016) Comparison of anti-oxidant and anti-inflammatory effects between fresh and aged black garlic extracts. *Mol.* 21(4), 430.
- Kang, O.-J. (2016) Physicochemical characteristics of black garlic after different thermal processing steps. *Prev. Nutr. Food Sci.* 21(4), 348.
- Keskin, M., Soysal, Y., Sekerli, Y., Arslan, A., & Celiktas, N. (2019) Assessment of applied microwave power of intermittent microwave-dried carrot powders from Colour and NIRS. *Agron. Res.*
- Kim, J.-S., Kang, O.-J., & Gweon, O.-C. (2013) Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. *J. Funct. Foods* 5(1), 80-86.
- Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., & Leon, J. (2006) Color measurement in L* a* b* units from RGB digital images. *Food Res. Int.* 39(10), 1084-1091.
- Li, M., Yan, Y. X., Yu, Q. T., Deng, Y., Wu, D. T., Wang, Y., Ge, Y. Z., Li, S. P., & Zhao, J. (2017) Comparison of immunomodulatory effects of fresh garlic and black garlic polysaccharides on RAW 264.7 macrophages. *J. Food Sci.* 82(3), 765-771.
- Liang, T., Wei, F., Lu, Y., Kodani, Y., Nakada, M., Miyakawa, T., & Tanokura, M. (2015) Comprehensive NMR analysis of compositional changes of black garlic during thermal processing. *J. Agric. Food Chem.* 63(2), 683-691.
- Liu, J., Zhang, G., Cong, X., & Wen, C. (2018) Black garlic improves heart function in patients with coronary heart disease by improving circulating antioxidant levels. *Front. physiol.* 9, 1435.
- Liu, P., Weng, R., Sheng, X., Wang, X., Zhang, W., Qian, Y., & Qiu, J. (2020) Profiling of organosulfur compounds and amino acids in garlic from different regions of China. *Food Chem.* 305, 125499.
- Locatelli, D. A., Nazareno, M. A., Fusari, C., & Camargo, A. B. (2017) Cooked garlic and antioxidant activity: Correlation with organosulfur compound composition. *Food Chem.* 220, 219-224.
- Londhe, V., Gavasane, A., Nipate, S., Bandawane, D., & Chaudhari, P. (2011) Role of garlic (*Allium sativum*) in various diseases: An overview. *Angiogenesis*, 12(13), 129-134.
- Lu, X., Li, N., Qiao, X., Qiu, Z., Liu, P. (2017). Composition analysis and antioxidant properties of black garlic extract. *J. Food Drug Anal.* 25, 340-349
- Martínez-Casas, L., Lage-Yusty, M., & López-Hernández, J. (2017) Changes in the aromatic profile, sugars, and bioactive compounds when purple garlic is transformed into black garlic. *J. Agric. Food Chem.* 65(49), 10804-10811.
- Pardo, J. E., Escribano, J., Gómez, R., & Alvarruiz, A. (2007) Physical-chemical and sensory quality evaluation of garlic cultivars. *J. Food Qual.* 30(5), 609-622.
- Qiu, Z., Zheng, Z., Zhang, B., Lu, X., & Qiao, X. (2021) Characterization of the growth

Siyah Sarımsağın Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Üretim Parametrelerinin Etkisi

- properties of garlic endophytes and their roles in the formation of black garlic. *LWT* 147, 111537.
- Raghu, R., Liu, C.-T., Tsai, M.-H., Tang, X., Kalari, K. R., Subramanian, S., & Sheen, L.-Y. (2012) Transcriptome analysis of garlic-induced hepatoprotection against alcoholic fatty liver. *J. Agric. Food Chem.* 60(44), 11104-11119.
- Ritota, M., Casciani, L., Han, B.-Z., Cozzolino, S., Leita, L., Sequi, P., & Valentini, M. (2012) Traceability of Italian garlic (*Allium sativum* L.) by means of HRMAS-NMR spectroscopy and multivariate data analysis. *Food Chem.* 135(2), 684-693.
- Ruiz-Capillas, C., & Herrero, A. M. (2021) Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(3), 582.
- Sanz, M. L., del Castillo, M. D., Corzo, N., & Olano, A. (2001) Formation of Amadori compounds in dehydrated fruits. *J. Agric. Food Chem.* 49(11), 5228-5231.
- Sasaki, J. I., Lu, C., Machiya, E., Tanahashi, M., & Hamada, K. (2007) Processed black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Med Aromat Plant Sci Biotechnol* 1(2), 278-281.
- Sasmaz, H. K., Kadiroglu, P., Adal, E., Sevindik, O., Aksay, O., Erkin, O. C., Selli, S., & Kelebek, H. (2023) Optimization of black garlic production parameters using response surface methodology: Assessment and characterization of bioactive properties. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 34, 100477.
- Sasmaz, H. K., Sevindik, O., Kadiroğlu, P., Adal, E., Erkin, Ö. C., Selli, S., & Kelebek, H. (2022) Comparative assessment of quality parameters and bioactive compounds of white and black garlic. *Eur. Food Res. Technol.* 248, 2393 - 2407
- Toledano Medina, M. Á., Pérez-Aparicio, J., Moreno-Ortega, A., & Moreno-Rojas, R. (2019) Influence of Variety and Storage Time of Fresh Garlic on the Physicochemical and Antioxidant Properties of Black Garlic. *Foods (Basel, Switzerland)*, 8(8), 314.
- Uzlaşır, T., Şaşmaz, H. K., & Kelebek, H. (2024) Comparison of extraction techniques for determining bioactive compounds and antioxidant activity of *Spirulina platensis*. *Turkish TURJAF* 12(4), 554-560.
- Walsh, C. (2007) Consumer responses to low-salt food products. In D. Kilcast & F. Angus (Eds.), *Reducing Salt in Foods*, Woodhead Publishing, 124-133.
- Wilhelm, L. R., Suter, D. A., & Brusewitz, G. H. (2004) Texture of food materials. *Food & Process Engineering Technology*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI (Chapter 3).
- Wrolstad, R. E., & Smith, D. E. (2017) Color analysis. *Food Analysis*, 545-555.
- Yuan, H., Sun, L., Chen, M., & Wang, J. (2016) The comparison of the contents of sugar, Amadori, and Heyns compounds in fresh and black garlic. *J. Food Sci.* 81(7), C1662-C1668.
- Zeng, F., Ou, J., Huang, Y., Li, Q., Xu, G., Liu, Z., & Yang, S. (2015) Determination of 21 free amino acids in fruit juices by HPLC using a modification of the 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate (AQC) method. *Food Anal. Methods* 8, 428-437.
- Zhang, X., Li, N., Lu, X., Liu, P., & Qiao, X. (2016) Effects of temperature on the quality of black garlic. *J. Sci. Food Agric.* 96(7), 2366-2372.