



EÜ Ziraat Fakültesi Adına Sahibi (Director):

Prof. Dr. Banu YÜCEL

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekan
(Dean, Faculty of Agriculture - Ege University)

Sorumlu Müdür (Publishing Manager)

Prof. Dr. Dr. Ö. Hakan BAYRAKTAR

Baş Editör (Editor- in-Chief):

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Yardımcı Editör (Associate Editor)

Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ

Yabancı Dil Editörleri (Foreign Language Editors)

Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Prof. Dr. Eftal DÜZYAMAN

İndeks Editörü (Index Editor)

Doç. Dr. Gülfem ÜNAL

Teknik Editör (Technical Editor)

Doç. Dr. Çağrı KANDEMİR

ISSN 1018-8851

e-ISSN 2548-1207

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi; SCOPUS, EBSCO Clarivate Analysis Master Journal List, Zoological Record, DOAJ, TÜBİTAK/ULAKBİM, CAB Abstracts, FAO AGRIS ve NAL Catalog (AGRICOLA) tarafından taranan hakemli bir dergidir.

The Journal of Ege University Faculty of Agriculture is abstracted and indexed in SCOPUS, EBSCO Clarivate Analysis Master Journal List, Zoological Record, DOAJ, TÜBİTAK/ULAKBİM, CAB Abstracts, FAO AGRIS and NAL Catalog (AGRICOLA).

Dergimize yaptığınız atıflarda “Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.” kısaltması kullanılmalıdır.

The title of the journal should be cited as “Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.”.

Konu Editörleri (Section Editors)

Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI

Bitki Koruma

(Plant Protection)

Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ

Zootekni

(Animal Science)

Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ

Süt Teknolojisi

(Dairy Technology)

Prof. Dr. Fatma AYKUT TONK

Tarla Bitkileri

(Field Crops)

Doç. Dr. Arzu YAZGI

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği

(Agricultural Machinery & Technologies)

Doç. Dr. Ali Rıza ONGUN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme

(Soil Science & Plant Nutrition)

Doç. Dr. İpek ALTUĞ TURAN

Peyzaj Mimarlığı

(Landscape Architecture)

Dr. Öğr. Üyesi Ece SALALI

Tarım Ekonomisi

(Agricultural Economics)

Dr. Öğr. Üyesi Emrah ZEYBEKOĞLU

Bahçe Bitkileri

(Horticulture)

Dr. İlkay ALKAN

Tarımsal Yapılar ve Sulama

(Agricultural Structures & Irrigation)

Yayın Tarihi: 29.12.2023

Yazışma Adresi

(Correspondence Address)

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı, 35100 Bornova, İzmir, TÜRKİYE

e-mail: ziraatbasinyayin@mail.ege.edu.tr – ziraatbasinyayin@gmail.com

Baskı: Ege Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, Bornova – İZMİR, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679



Uluslararası Yayın Kurulu
(International Editorial Board)

- Meryem ATİK**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE
George BAURAKIS, Mediterranean Agronomic Institute of Chania, GREECE
Kemal BENLİOĞLU, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, TÜRKİYE
Süha BERBEROĞLU, Çukurova Üniversitesi, TÜRKİYE
Boris BILČÍK, Slovak Academy of Sciences, SLOVAK REPUBLIC
Vittorio CAPOZZI, National Research Council of Italy, ITALY
Vedat CEYHAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, TÜRKİYE
İlkay DELLAL, Ankara Üniversitesi, TÜRKİYE
Vedat DEMİR, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
Can ERTEKİN, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE
Hakan GEREN, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
Salim HIZIROĞLU, Oklahoma State University, USA
M. Ali KHALVATI, Ontario Technology University, CANADA
Figen KIRKPINAR, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
Ahmet KURUNÇ, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE
Monika MARKOVIC, University of Osijek, CROATIA
Pedro MARTINEZ-GOMEZ, Biología Aplicada del Segura, SPAIN
Hossein NAVID, University of Tabriz, IRAN
Barbaros ÖZER, Ankara Üniversitesi, TÜRKİYE
Sezen ÖZKAN, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
Erdoğan ÖZTÜRK, Atatürk Üniversitesi, TÜRKİYE
Reza Farshbaf POURABAD, University of Tabriz, IRAN
Ian T. RILEY, The University of Adelaide, AUSTRALIA
Roman ROLBIECKI, Bydgoszcz University, POLAND
Evangelia N. SOSSIDOU, Veterinary Research Institute, GREECE
Ali TOPÇU, Hacettepe Üniversitesi, TÜRKİYE
Serdar TEZCAN, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
Yüksel TÜZEL, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE
Attila YAZAR, Çukurova Üniversitesi, TÜRKİYE
Banu YÜCEL, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE

Bilimsel Hakem Kurulu

(Scientific Advisory Board of This Issue)

Dergimizde 2023 yılında değerlendirmesi tamamlanan makalelerimizde,
değerli katkılarını esirgemeyen hakemlerimize sonsuz teþekkürlerimizi sunarız.

Dr. Öğr. Üyesi A. Zeki HEPÇİMEN	Celal Bayar Üniversitesi	MANİSA
Prof. Dr. Abdullah ÖZKÖSE	Selçuk Üniversitesi	KONYA
Prof. Dr. Abdullah YEŞİLOVA	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	VAN
Dr. Adalet HAZIR	Adana Biyolojik Mücadele Araş. Enst.	ADANA
Prof. Dr. Adalet MISIRLI	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Adem DOĞAN	Akdeniz Üniversitesi	ANTALYA
Prof. Dr. Adnan ÇİÇEK	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	TOKAT
Dr. Öğr. Üyesi Adnan UĞUR	Ordu Üniversitesi	ORDU
Prof. Dr. Ahmet ALÇİÇEK	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Akın TEPE	Batı Akdeniz Tarımsal Araş. Enst.	ANTALYA
Doç. Dr. Alper Serdar ANLI	Ankara Üniversitesi	ANKARA
Prof. Dr. Altuğ ÖZDEN	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Doç. Dr. Aslıhan TIRNAKÇI	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	NEVŞEHİR
Prof. Dr. Atif Can SEYDİM	Süleyman Demirel Üniversitesi	ISPARTA
Dr. Öğr. Üyesi Aysel ULUS	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	İSTANBUL
Prof. Dr. Behçet Kemal ÇAĞLAR	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Prof. Dr. Belgin ÇAKMAK	Ankara Üniversitesi	ANKARA
Dr. Öğr. Üyesi Burak AKYÜZ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	SAMSUN
Doç. Dr. Burçak KAPUR	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK	Iğdır Üniversitesi	IĞDIR
Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Cevher İlhan CEVHERİ	Harran Üniversitesi	ŞANLIURFA
Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU	Ordu Üniversitesi	ORDU
Doç. Dr. Çağdaş CİVELEK	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Prof. Dr. Çiğdem COŞKUN HEPCAN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Çiğdem KAPTAN AYHAN	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Doç. Dr. Çiğdem SÖNMEZ	Ege Üniversitesi	İZMİR
D. Merve ÇETİNKAYA SÖNMEZ	Nuh Naci Yazgan Üniversitesi	KAYSERİ
Doç. Dr. Davut Soner AKGÜL	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Dr. Öğr. Üyesi Deniz İŞTİPLİLER	Ege Üniversitesi	İZMİR

Dr. Öğr. Üyesi Derya SAYGILI	İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu	İZMİR
Dr. Didar SEVİM	İzmir Zeytincilik Araştırma Enstitüsü	İZMİR
Dr. Duygu TOSUN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Ebru ERSOY TONYALIOĞLU	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Ecem AKAN	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Prof. Dr. Eftal DÜZYAMAN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Üyesi Elif Merve KAHRAMAN	İstanbul Aydın Üniversitesi	İSTANBUL
Dr. Elif ÖZER	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Emine MALKOÇ TRUE	Ege Üniversitesi	İSTANBUL
Dr. Erdal ORMAN	Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araş. Enst.	YALOVA
Dr. Öğr. Üyesi Erdal ÖZ	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Erhan AKKUZU	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Ertuğrul ARDA	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü	İZMİR
Prof. Dr. Fatih KIZILOĞLU	Atatürk Üniversitesi	ERZURUM
Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Prof. Dr. Fatih ŞEN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Fatma ÖZSEMERCI	Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü	İZMİR
Prof. Dr. Fazilet Nezahat ALAYUNT	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Üyesi Feride ÖNCAN SÜMER	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Prof. Dr. Ferit ÇOBANOĞLU	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Dr. Fırat KÖMEKÇİ	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Üyesi Filiz ERBAŞ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Prof. Dr. Füsün ERDURAN NEMUTLU	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Prof. Dr. Gökçen YÖNTER	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK	Siirt Üniversitesi	SİİRT
Doç. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Üyesi Gülçin ŞATIR	Süleyman Demirel Üniversitesi	ISPARTA
Doç. Dr. Gülfem ÜNAL	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Hakan GEREN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Halil ERDEM	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	TOKAT
Prof. Dr. Harun KESENKAŞ	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Burak AĞIR	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	KAHRAMANMARAŞ
Prof. Dr. Hasan Sungur CİVELEK	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	MUĞLA
Doç. Dr. Hatice SÖNMEZ TÜREL	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Ü. Hüseyin YÜRDEM	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Işık TEPE	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	VAN
Prof. Dr. İbrahim DUMAN	Ege Üniversitesi	İZMİR

Doç. Dr. İlkay YAVAŞ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Prof. Dr. İknur SOLMAZ	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Prof. Dr. İsa TELCİ	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	ISPARTA
Doç. Dr. İsmail Emrah TAVALI	Akdeniz Üniversitesi	ANTALYA
Dr. Öğr. Ü. Kenan ÇİFTÇİ	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	VAN
Doç. Dr. Mahmut TEPECİK	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Merve ÖZEREN ALKAN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Metin ARTUKOĞLU	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Miray SÖKMEN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	SAMSUN
Dr. Öğr. Üyesi Mortaza HAJYZADEH	Şırnak Üniversitesi	ŞIRNAK
Prof. Dr. Murat ŞEKER	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Prof. Dr. Murat YILMAZ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Doç. Dr. Mustafa ARTAR	Bartın Üniversitesi	BARTIN
Prof. Dr. Mustafa ŞAHİN	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	KAHRAMANMARAŞ
Doç. Dr. Mustafa YAMAN	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	İSTANBUL
Doç. Dr. Nermin Merve YALÇINKAYA	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Doç. Dr. Nilüfer KART AKTAŞ	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	İSTANBUL
Prof. Dr. Nuh BOYRAZ	Selçuk Üniversitesi	KONYA
Doç. Dr. Nurdan ERDOĞAN	İzmir Demokrasi Üniversitesi	İZMİR
Dr. Öğr. Üyesi Nurdan ZİNCİRCİOĞLU	Manisa Celal Bayar Üniversitesi	MANİSA
Prof. Dr. Okan YILMAZ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Doç. Dr. Oktay YERLİKAYA	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Orhan DENGİZ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	SAMSUN
Dr. Öğr. Üyesi Ömer ERTUĞRUL	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	KIRŞEHİR
Prof. Dr. Öner CANAVAR	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI	Manisa Celal Bayar Üniversitesi	MANİSA
Dr. Öğr. Üyesi Perihan KENDİRCİ	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Rıdvan KIZILKAYA	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	SAMSUN
Doç. Dr. Rüveyda YÜZBAŞIOĞLU	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	TOKAT
Prof. Dr. Sarp KORKUT SÜMER	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Prof. Dr. Seval Sevgi KIRDAR	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	BURDUR
Prof. Dr. Şebnem BUDAK	Ankara Üniversitesi	ANKARA
Doç. Dr. Şebnem ÇİMŞEK	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Şenol YILDIZ	Bolu İzzet Baysal Üniversitesi	BOLU
Prof. Dr. Şerafettin AŞIK	Ege Üniversitesi	İZMİR
Dr. Şükrü Sezgi ÖZKAN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Tayfun AŞKIN	Ordu Üniversitesi	ORDU
Dr. Öğr. Üyesi Taylan ÇAKMAK	Düzce Üniversitesi	DÜZCE

Doç. Dr. Timuçin EVEREST	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Doç. Dr. Tuba ŞANLI	Ankara Üniversitesi	ANKARA
Prof. Dr. Turgay TAŞKIN	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Türker SARAÇOĞLU	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Prof. Dr. Türker SAVAŞ	Onsekiz Mart Üniversitesi	ÇANAKKALE
Doç. Dr. Uğur SERBESTER	Çukurova Üniversitesi	ADANA
Dr. Utku ŞANVER	Siirt Üniversitesi	SİİRT
Doç. Dr. Ümit ÖZYILMAZ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	AYDIN
Doç. Dr. Ünal KARIK	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü	İZMİR
Prof. Dr. Vedat CEYHAN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Veli ERDOĞAN	Ankara Üniversitesi	ANKARA
Dr. Vildan AKDENİZ	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Yahya BULUT	Atatürk Üniversitesi	ERZURUM
Prof. Dr. Yakut GEVREKÇİ	Ege Üniversitesi	İZMİR
Doç. Dr. Yaşar Tuncer KAVUT	Ege Üniversitesi	İZMİR
Prof. Dr. Yavuz TOPÇU	Atatürk Üniversitesi	ERZURUM
Prof. Dr. Zeliha KÜÇÜKYUMUK	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	ISPARTA
Doç. Dr. Zeynep DUMANOĞLU	Bingöl Üniversitesi	BİNGÖL
Dr. Öğr. Üyesi Ziba GÜLEY	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi	ANTALYA

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (RESEARCH ARTICLES)

ICT-supported applications in rural area planning: Vodafone Smart Village model

Kırsal alan planlamasında BİT destekli uygulamalar: Vodafone Akıllı Köy modeli

Rukiye Gizem ÖZTAŞ KARLI, Burcu ÖZÜDURU, Selma ÇELİKİYAY541

Analysis of cotton production and price relationship by Koyck model: a case study for Azerbaijan

Pamuk üretimi ve fiyat ilişkisinin Koyck modeli ile analizi: Azerbaycan için bir örnek çalışma

Gülistan ERDAL, Ayten ZEYNALOVA, Sait ENGİNDENİZ561

Cereal-based fermented synbiotic instant powders: a dessert practice

Tahıl bazlı fermente sinbiyotik hazır tozlar: tatlı denemesi

Özlem KARAGÜL, Sedef Nehir EL571

Health and safety sign knowledge levels of tractor operators in agricultural production

Tarımsal üretimde çalışan traktör operatörlerinin sağlık ve güvenlik işaretleri bilgi seviyeleri

Ümit ALKAN, Celal GÜNGÖR581

Solar power plants in terms of landscape protection and repair: activities of local governments in İzmir

Peyzaj koruma ve onarım açısından güneş enerji santralleri: İzmir'de yerel yönetimlerin faaliyetleri

Deniz KARADAN, Tanay BİRİŞÇİ595

Modeling of different covariance structures with the Bayesian method in repeated measurements

Tekrarlanan ölçümlerde farklı kovaryans yapılarının Bayes yöntemi ile modellenmesi

Fatma YARDİBİ, Mehmet Ziya FIRAT611

Determination of the soil health status of wheat fields in Tekirdağ, Türkiye, based on nematode diversity

Türkiye'de Tekirdağ ili buğday tarlalarının toprak sağlık durumunun nematod çeşitliliğine göre belirlenmesi

Lerzan ÖZTÜRK, Nur SİVRİ, İbrahim Halil ELEKCİOĞLU.....627

The effect of different altitudes on nut properties and yield in “Chandler” walnut variety

Farklı yükseltilerin “Chandler” ceviz çeşidinde meyve özellikleri ve verime etkisi

Nihal ACARSOY BİLGİN, Adalet MISIRLI639

Fonksiyonel bitki enginarın (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) tescilli, Bursa ili Hasanağa yöresi plantasyonlarının toprak ve bitki besin maddesi değişimlerinin incelenmesi

The investigation of agricultural status of registered functional plant artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) of Hasanağa region plantations in Bursa province

Serhat GÜREL, Mustafa BIYIKLI647

Farklı melez kombinasyonları ile elde edilmiş su kabağı (<i>Lagenaria siceraria</i>) melezlerinin su kültürü koşullarında tuz stresine morfolojik ve fizyolojik olarak tolerans düzeylerinin belirlenmesi Determination of morphological and physiological tolerance levels of bottle gourd (<i>Lagenaria siceraria</i>) hybrids obtained by hybrid combinations salt stress in hydroponic conditions Alim AYDIN, Hakan BAŞAK	665
Kiraz domatesi çeşitlerinde farklı depolama sürelerinin bazı mekanik özelliklere etkisi The effects of different storage periods on some mechanical properties of cherry tomato varieties Begüm ARKAIN, Türker SARAÇOĞLU	679
Antalya kenti Konyaaltı ilçesi mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi Assessment of blue infrastructure situation in Antalya, Konyaaltı district Elif PARLAK, Meryem ATİK.....	689
Domateste toprak kökenli fungal patojenlerin mücadelesinde rizobakterilerin kullanılma potansiyeli The potential of rhizobacteria to control soil-borne fungal pathogens in tomato Mustafa AKBABA, Tuba GENÇ KESİMCİ	705
Meyveli süt ürünlerinde gıda boyası kullanımı ve tüketici davranışları: İzmir ili örneği Using food dye in fruit dairy products and consumer behaviour: The case of Izmir Province Zuhal ŞENYÜZ, Özge Elmas GÜNAYDIN, Derya SAYGILI, Cem KARAGÖZLÜ	723

DERLEMELER (REVIEWS)

Utilization of food waste in production of bacterial cellulose Gıda atıklarının bakteriyel selüloz üretiminde kullanımı Pelin ÖZKAYA, Seval DAĞBAĞLI, Müge UYARCAN.....	737
--	-----



Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):541-559

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1273336>

Rukiye Gizem ÖZTAŞ KARLI ^{1*}

Burcu ÖZÜDURU ²

Selma ÇELİKAY ¹

¹ Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, 74100, Merkez, Bartın, Türkiye

² Gazi University, Faculty of Architecture, Department of City and Regional Planning, 06570, Çankaya, Ankara, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

roztas@bartin.edu.tr

Keywords: Digital divide, information society, LEADER, rural development

Anahtar sözcükler: Dijital bölünme, bilgi toplumu, LEADER, kırsal kalkınma

ICT-supported applications in rural area planning: Vodafone Smart Village model*

Kırsal alan planlamasında BİT destekli uygulamalar: Vodafone Akıllı Köy modeli

* This article is summarized from the corresponding author's master's thesis.

Received (Alınış): 30.03.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 28.11.2023

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate ICT-supported innovative solutions through a new-generation rural living model, Vodafone Smart Village (VSV) model, which is Türkiye's first smart village equipped with end-to-end digital technologies and offers a new-generation rural life model.

Material and Methods: The study is based on a qualitative research method, a case study analysis. The research design is a holistic single-case design. Within the scope of the study, Vodafone Smart Village (VSV), located in Kasaplar Neighborhood (Aydın), was examined. Data were collected through semi-structured interviews and a questionnaire.

Results: To ensure a balanced and sustainable rural development and to plan rural areas for keeping the pace with the globalizing world in the process of transformation into an information society, it is essential to integrate ICT-supported innovative solutions to rural areas. In this context, the effective use of LEADER and Smart Village models is crucial.

Conclusion: This study emphasizes the importance of ICT-supported innovative solutions in rural development plans, projects and practices in Türkiye, in particular relevant plans, policies and strategies to be created in order to compete in the global world.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, BİT destekli yenilikçi çözümlerin Türkiye'nin uçtan uca dijital teknolojilerle donatılmış ilk akıllı köyü, yeni nesil kırsal yaşam modeli olan Vodafone Akıllı Köy (VAK) modeli üzerinden değerlendirilmesidir.

Materyal ve Yöntem: Çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan örnek alan çalışmasına dayanmaktadır. Araştırma deseni ise bütüncül tek durum desendir. Çalışma kapsamında Kasaplar Mahallesi'nde (Aydın) yer alan Vodafone Akıllı Köy (VAK) incelenmiştir. Veriler yarı yapılandırılmış mülakat ve anket ile toplanmıştır.

Araştırma Bulguları: Dengeli ve sürdürülebilir kırsal kalkınmanın sağlanması ve kırsal alanların planlanarak bilgi toplumuna dönüşüm sürecinde küreselleşen dünyaya ayak uydurabilmesi için BİT destekli yenilikçi çözümlerin kırsal alanlara entegrasyonu sağlanmalıdır. Bu kapsamda LEADER ve Akıllı Köy modelleri etkin bir şekilde kullanılmalıdır.

Sonuç: Bu çalışma; Türkiye'de kırsal kalkınma plan, proje ve uygulamalarında özellikle küresel dünyada rekabet edebilmek için oluşturulacak plan, politika ve stratejilerin BİT destekli yenilikçi çözümleri de içermesi gerektiğinin önemi vurgulamaktadır.

INTRODUCTION

After the 1980s, rural development and rural area planning became one of the priorities of growth-based policies (Gülçubuk, 2006; Mantino, 2010; Naldi et al., 2015). Problems such as increasing income inequality and poverty, deterioration of the rural-urban balance in favor of the city, increasing development gap between regions, social injustices and economic imbalances, pollution and rapid consumption of natural resources, climate change, global warming, and growing digital divide with developing technology have increased the focus on the development of rural areas (OECD, 2006; Yenigül, 2017). Demographic and socio-economic structures of rural areas are more limited and static than those of urban areas. In addition, many problems, such as infrastructure (roads, water, electricity, telephone, internet systems), development, and advancement of education and health facilities are limited in rural areas. The socio-economic characteristics of the people in rural areas are low. For this reason, the inability to adapt and use technologies restrict rural people's access to technical information, thus negatively affecting the development of rural areas and the transformation process of rural people into an information society (World Bank, 2005; Maumbe & Okello, 2013).

Since the beginning of the 2000s, the information revolution has transformed technology into an essential part of daily life, significantly improving the quality of life. Competitiveness of businesses has increased, new economic growth and job opportunities have been created, better access to services has been provided, and local communities have been strengthened; therefore, the global economy has been reshaped, and the phenomenon of an information society has come to the fore (World Bank 2005; Hoq, 2012). In transforming countries into an information society, strategies for developing solutions for rural people's problems also shape rural development approaches and area planning (Öztaş Karlı, 2021). Developing information technologies requires a social structure that can adapt to the changes in technology; for this reason, the concept of rural development has to dwell on community participation by eliminating imbalances between rural and urban areas, ensuring collaboration between public and private sectors, non-governmental organizations (NGOs), and local people, and adopting constructive approaches, such as encouraging innovation (European Commission, 2006, 2017).

Information and communication technologies (ICT) are fundamental elements of the information society and lead to inequalities that negatively affect the environmental, social, and economic structure due to differences in use (Öztaş et al., 2019). Societies are in a continuous process of transformation and development, which causes a significant impact on individuals. One of these impacts, the inequality between individuals, is called the "digital divide" (Hoffman & Novak, 1999) in the information society. When inequality in the availability of information tools is added to the existing inequality in income and education across rural and urban populations, the transition to an information society becomes more difficult.

In the transition to an information society, the socio-economic status of rural areas and people affect the access and utilization practices of ICTs. In this context, the number of policies, projects, and studies to increase access to ICTs and technology use in rural areas has been rising recently (European Commission, 2018, 2020a, 2020b; ENRD, 2020). In particular, due to rapid technological developments, the European Union (EU) is improving telecommunication services and solving the digital divide problem through capacity-building programs (ENRD, 2019a). One of these efforts is the LEADER (Links Between Actions for the Development of the Rural Economy) approach, an EU rural development initiative (European Commission, 2017).

The LEADER approach is implemented in rural areas of the member states to achieve EU's rural development objectives. The LEADER approach is a method that emerged in the context of achieving and stimulating rural development through local rural communities, rather than through the implementation of prescribed measures (European Commission, 2006; Cañete et al., 2020). The basis of this approach is the participation of local actors in the decision-making processes of rural development strategy-making and projects to be implemented in the EU, the openness and transparency of the

process, the support of relevant private and public organizations, and the transfer of good practices (Altundağ, 2008; Nieto Masot et al., 2019). The LEADER approach distinguishes LEADER from traditional rural development policies by showing "how" development will be achieved rather than "what" should be done. The LEADER approach has 7 main components: bottom-up elaboration and implementation of strategies, area-based local development strategies, local public-private sector partnerships: local action groups (LAGs), innovation, networking, cooperation and integrated and multisectoral actions (Figure 1). The components of the LEADER approach should not be considered separately from each other as they complement each other (European Commission, 2006).

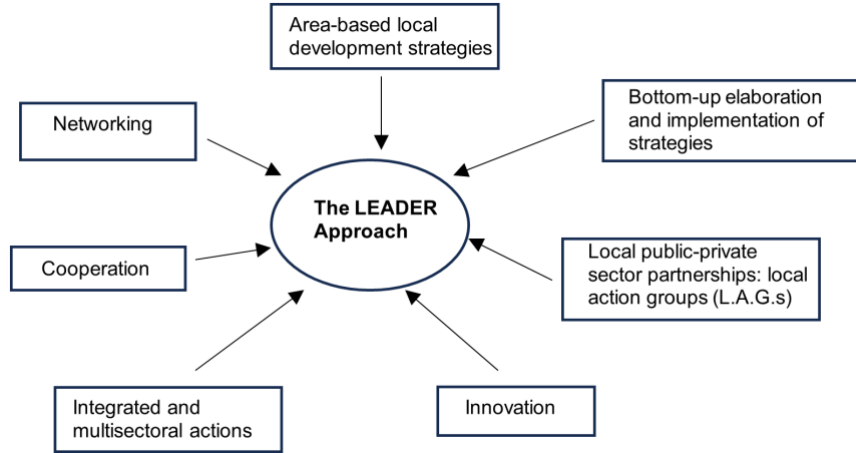


Figure 1. Seven key features of the LEADER approach (EC, 2006).

Şekil 1. LEADER yaklaşımının yedi temel özelliği (EC, 2006).

In addition to the LEADER approach, one of the innovations emerging in the rural development process is the smart village model, which is a model of rural development that uses ICTs to promote sustainable development of rural areas based on clarifying characteristics and needs of rural development, in addition to the LEADER approach in the EU (Zhang & Zhang, 2020). The smart village model is based on a participatory approach that uses the solutions offered by digital technologies to improve economic, social, and environmental conditions to develop and implement strategies, particularly by promoting innovation (ENRD, 2019b).

Plans, projects, policies, and implementations for rural development in Türkiye need to be more organized, cohesive, and coordinated. The policies and practices were not formulated within the planning discipline and plan gradation; they were partially supported by economic and social policies (Öztaş & Karaaslan, 2017; Berber, 2019). Policies were conducted to provide services to rural areas, and in particular, the spatial dimension was ignored (Öğdül, 2019). While public and private sectors, as well as NGOs, play active roles in decision-making processes, the participation of local people has not been effective. In other words, an effective monitoring/evaluation mechanism was not established. Area-based local development strategies have been designed, but local initiatives and regional and international collaborations have not been supported adequately (Akci, 2015; Gökçe et al., 2022).

In this context, local labor markets have yet to be established in Türkiye, and the contribution of local organizations remains limited. Subsidies and loans were insufficient, and a top-down planning approach was adopted (Gülçubuk et al., 2016). In addition, social disharmony has increased; local technology and knowledge have remained insignificant; ICT-supported innovative tools have not been used effectively; and the increase in inequalities created by the digital divide has not been managed. Smart and competitive strategies and policies that can integrate rural areas into the globalized world and the transformation process stages of the society into an information society brought about by the

developing technology have not been established. The policies on the topic were not implemented until 2003, and the concept of "rural area" comes to the fore only under two sections in Türkiye's most recently prepared "2015-2018 Information Society Strategy and Action Plan".

The objective of this study was to evaluate ICT-supported innovative solutions that can develop innovative, local development strategies and support bottom-up planning to ensure rural development and keep pace with the globalizing world in the process of transformation of rural areas into an information society through the Vodafone Smart Village (VSV) model, which is Türkiye's first smart village equipped with end-to-end digital technologies and offers a new generation rural living model. Although rural areas are not open to change due to their characteristics, they are more stable and can be easily guided by appropriate transformation and planning policies.

In the rest of the study, the smart village model and ICT-supported innovative solution applications are mentioned. Next, the study's methodology is detailed, and the findings are presented from the in-depth interviews conducted in VSV and the surveys conducted in Kasaplar Neighborhood. Afterward, the VSV Project is discussed within the scope of the LEADER approach. In the conclusion and recommendations section, strategy and policy recommendations for the integration of ICT-supported innovative solutions into rural areas are provided.

Smart village model

Technological developments and changes that alter people's daily routines, environmental perceptions, electricity, food, health, and education are directly linked to the social and economic characteristics of the community (Stojanova et al., 2021). Achieving sustainable development goals requires finding the right solutions to economic inequality and climate change, ensuring access to modern technologies, and utilizing the needed infrastructure (Öztaş Karlı, 2020). Considering the disadvantages/advantages of practical approaches, making rural areas "smart" is one of the most promising paths in rural development, as it improves the quality of life and economic level of rural people by keeping pace with developing technology and has the potential to be more effective than other strategies (Zavratnik, 2018; Gerli et al., 2022).

Smart villages are settlements based on a rural development model that acquires smart solutions for the local problems of rural people (Renukappa et al., 2022). Building on existing local capabilities and the sustainable development of their respective regions (Ella & Andari, 2018), they provide a participatory approach to improving economic, social, and environmental conditions, developing and implementing strategies, especially in promoting innovation and using the solutions offered by digital technologies. Smart village managers collaborate with other communities and actors in rural and urban areas. The creation and implementation of smart village strategies are financed by various public and private sources (World Bank, 2019). To implement the smart village model, the decision-makers must adopt a bottom-up integrated planning approach, establish effective public-private community partnerships, develop supportive policy frameworks, and provide access to financing mechanisms. The most important point of the process is to ensure local communities' participation and make decisions in parallel with the wishes and needs of the community (Gevelt et al., 2018). Therefore, it is necessary to adopt a "problem-solving" perspective that aims to determine the problems in rural areas and generate solutions with ICTs in developing smart villages.

The developments in information technologies have changed the traditional service provision and the demographic structure of rural areas. To keep pace with these developments, it is necessary to increase and develop the use of ICT-supported innovative solutions (National Rural Development Strategy, 2015). Internet technologies can provide access to any information from anywhere at any time, and along with the developments in ICT, the interaction between people and computers is increasing. These developments increase the need for applications related to the smart village. The "Internet of

Things (IoT)" concept stands out as one of these smart systems. With IoT, any data can be received from anywhere at any time, and data can be collected, exchanged, and analyzed. In this context, IoT offers various opportunities to users (Can et al., 2016).

Several applications increase people's quality of life and contribute to societies' social, cultural, and economic development in various fields, along with the increase in the ability of objects to interact while sharing information. IoT is used in education, agriculture, and health services. In education, e-books, teleconferencing, and video conferencing with experts are some examples (Mohanty et al., 2020). In the medical and healthcare fields, telemedicine, remote health monitoring, emergency notification systems, wearable IoT devices, real-time baby monitoring (Chandra et al., 2019; Gahlot et al., 2018), in agriculture, smart agricultural applications (Sensitive Agriculture, Livestock Management / Animal Monitoring, Monitoring of Climate Conditions, Smart Greenhouse / Greenhouse Automation, Crop Management, Pest Control Management, Food Stock Management, Dairy Farm Monitoring, End-to-End Farm Management, Agricultural Drones, Kindle E-Books, Mobile Applications, Site Specific Food Production, Productivity, Protection, Soil Quality Control) can be given as some of the examples (Aleksandrova, 2018; Xing et al., 2021).

Recent technological advancements made smart systems more common across European countries. These smart-systems analyze all factors required for production. Producers can monitor and manage farming duties with a tablet or a phone, which reduces the labor force, creating more efficient production opportunities (ENRD, 2019b; Komorowski & Stanny, 2020). Smart agriculture practices guide actions to transform and reshape agricultural systems to effectively support development and provide food security in a changing climate (FAO, 2019). High-tech smart farming systems are used on farms; the whole farm is monitored, humidity and temperature levels are controlled with smart sensors, misuse of resources is prevented, and pollution is reduced (Avşar, 2016). Smart irrigation is a relatively new concept in the agricultural sector. Sensors and water flow controllers are used in the irrigation cycle. These tools are programmed to run at certain times of the day to enable controlled water use, which reduces the amount of water used on a field by automating the running times of the irrigation system (Soni et al., 2018; FAO, 2019). The smart village model is not the only strategy for developing rural areas (Zavratnik et al., 2018), but it facilitates the rural development process (Adamowicz & Zwolińska-Ligaj, 2020). Therefore, strategies and policies should be developed to create smart and competitive rural areas in the rural development process by utilizing technological opportunities.

MATERIALS and METHODS

Materials

The main material of the study consists of printed and online publications, reports and documents of various institutions and organizations, plans and projects, statistical data, and legal regulations. In addition, the materials of the study include face-to-face in-detailed interviews conducted with 3 members of the project team and fieldwork on 28.05.2019 in the implementation area of the VSV located in Kasaplar Neighborhood of Koçarlı District of Aydın Province, and face-to-face surveys conducted with 64 people on 27.05.2019 in Kasaplar Neighborhood.

Methods

The study is based on a case study, one of the qualitative research methods (Figure 2). The research design is a holistic single-case design. In the holistic single-case design, there is a single unit of analysis (a city, a family, a port, a village, etc.) (Yıldırım & Şimşek, 2008). Within the scope of the study, Vodafone Smart Village (VSV), located in Aydın Province, Koçarlı District, Kasaplar Neighborhood, and Kasaplar Neighborhood was examined. The practices in VSV were evaluated within the scope of the LEADER approach. In this context, five features and 15 criteria were selected within the study's scope to evaluate the VSV Project's impact on rural development. In the period of transformation to an information

society in Türkiye, VSV was selected as the study area due to the use of ICTs in rural areas, especially in the agricultural sector. In this context, it is the only "smart village" in Türkiye. In the study, data were collected in May 2019 through in-detailed interviews and questionnaires. In-depth interviews and semi-structured interviews were used to collect data from the founders of VSV in line with the VSV Project process (project development process, project implementation process, and the project's effects). The questionnaires were used to evaluate the approach of the people of Kasaplar Neighborhood to the problems experienced in rural areas, which constitute an obstacle to rural development in Türkiye in the process of transformation into an information society in the context of technological developments. In this context, the questionnaire included three headings: socio-economic and demographic and environmental and social indicators and evaluated within the scope of this study.

A convenience sampling technique was used in the study. According to the province-based neighborhood population for 2019 obtained from the TURKSTAT Address Based Population Registration System (ABPRS), 470 (N) people live in Kasaplar Neighborhood (TURKSTAT, 2019). In order to ensure statistical significance at a 95% confidence interval (Cochran, 1963), it was calculated that the sample size should be at least 54 (Equation 1). To minimize the error value, the required number of surveys was exceeded by 10%, and 64 face-to-face surveys were conducted.

$$n = \frac{Z^2NPQ}{ND^2 + Z^2PQ} = \frac{1,96^2 \cdot 470 \cdot 0,50 \cdot 0,50}{470 \cdot 0,10^2 + 1,96^2 \cdot 0,50 \cdot 0,50} = 54 \tag{1}$$

n: sample size

Z: confidence coefficient

N: population

P: the probability that the characteristic to be measured is present in the population

Q: 1-P

D: accepted sampling error (a sampling error of 10% was assumed for the study).

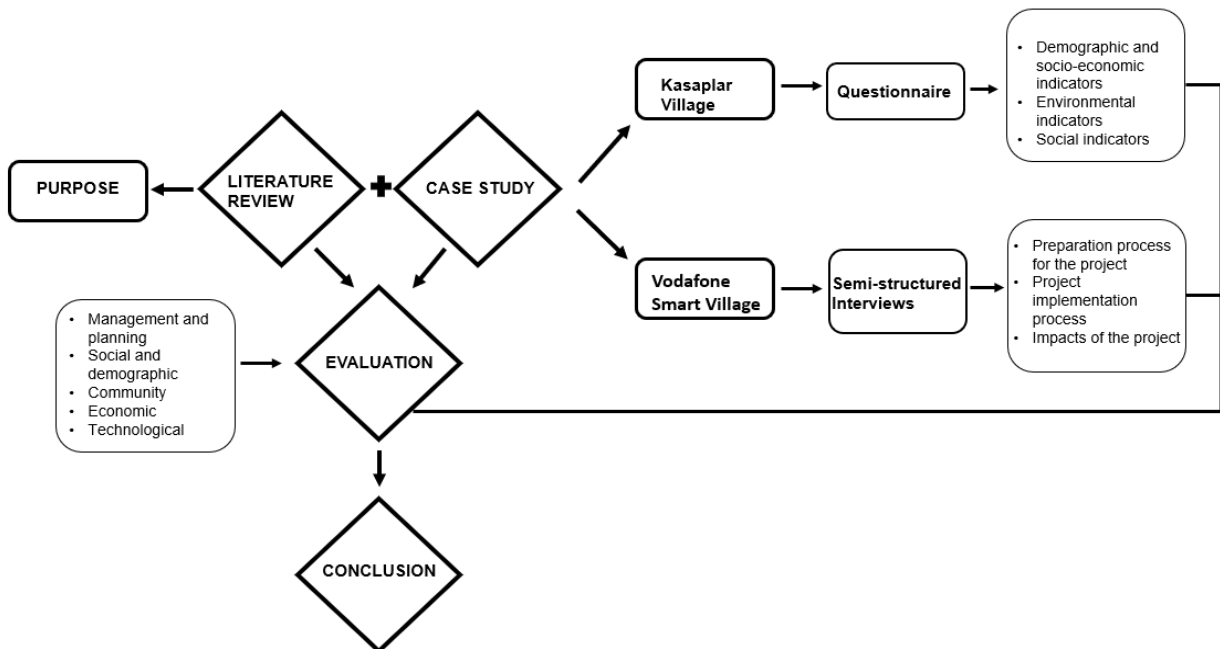


Figure 2. Research framework.

Şekil 2. Araştırma çerçevesi.

RESULTS and CONCLUSION

Vodafone smart village (VSV) project

VSV Project was launched on 26 October 2017 in Aydın Province, Koçarlı District, Kasaplar Neighborhood, in partnership with TABİT (Tarımsal Bilişim ve İletişim Teknolojileri Ltd. Şti.) and Vodafone Türkiye to support development in rural areas. VSV is "the world's and Türkiye's first smart village equipped with end-to-end digital technologies" (Vodafone, 2017). This project created a "new generation rural life model" by integrating advanced technology into traditional agricultural techniques. This model aims to increase productivity in production and use smart agricultural practices in family farming and improve the villagers' quality of life. The project area was 29.8 hectares together with the pasture belonging to the village (Figure 3). The VSV Project includes sections such as "modern fruit growing area, under-canopy vegetable growing area, modern hothouse practices, open field vegetable and fodder plant cultivation, fruit and vegetable processing warehouse, cold air facility, collective milking and milk cooling system, modern pasture (grazing) area, monitoring and tracking center, water and fertilizer management center, animal feeding and management center, farmer decision support center, renewable energy solution center, soil leaf analysis laboratories, experience workshops, training centers, social life, and sports facilities" (Vodafone, 2017).



Figure 3. VSV settlement area (VAKDR, 2019).

Şekil 3. VAK yerleşim alanı (VAKDR, 2019).

Preparation process for the project

The emergence of VSV is based on the "agricultural marketing" project of TABİT (Agricultural Information and Communication Technologies). With this project, 17,000 villages in Türkiye were visited, the problems in rural areas were determined and solutions were generated. However, after a while, it was observed that the rural people did not implement these solutions. For this reason, instead of visiting every village, the foundations of the VSV Project were initiated with the idea of creating a center, a model village that everyone can be inspired by and that can adapt to any place. The project was initiated with the idea that it would be an area where farmers who want to be informed about the practices described by visiting the villages or who want to apply them in their fields can come, receive training and practice (T. Akın, personal communication, 28 May 2019).

The main criteria determined for the site selection of VSV are given below;

- It should be established on fertile agricultural land where most crops are grown ,
- It should be away from the leverage pressure brought by the housing and tourism sectors,
- It should be a village with dominant rural characteristics (economic, social, demographic),
- It should be about 1 hour from the international airport,
- It should represent Türkiye in terms of demographic characteristics (low education level, average income level, high elderly population, high migration, etc.),
- It must be an undeveloped village in the western part of Türkiye,
- There should be resistance such as the education level of the village people, the population of the village, and the existence of certain problems in the settlement area.

In the context of these criteria, 5 provinces were determined as İzmir, Aydın, Manisa, Muğla, and Mersin. The main reason for choosing these 5 provinces is that 80% to 96% of the agricultural products grown in Türkiye can be produced in these provinces. These 5 provinces were evaluated within themselves, and it was seen that Koçarlı District of Aydın Province met the above criteria, and it was decided to establish the campus in Kasaplar Neighborhood. The selection of Kasaplar Neighborhood was influenced by the fact that agricultural and animal production areas are very close (C. Yıldırım, personal communication, 28 May 2019).

The imbalances created by the plans and policies in Türkiye between rural and urban areas have increased with various problems arising in the rural development process. The objectives of the VSV Project to solve these problems and especially the use of developing technology in agricultural production are directly related to rural development policies. As a result of the rural development policies examined by Yıldırım and Akın (2019) in the process of smart village development, it was determined that there are deficiencies in rural development since the development plans in Türkiye require a society that consumes rather than produces-the project aimed to eliminate these deficiencies.

The projects and practices implemented within the scope of LEADER in the EU also show that projects where local people are the main actors are successful. In the VSV Project, the "participation" approach, one of Türkiye's biggest and most important deficiencies in rural development policies, has been adopted. Within the scope of the VSV Project, which does not ignore local actors, the support of the public was obtained by conducting interviews with local people before the implementation (T. Akın, personal communication, 28 May 2019). However, in time, the locals did not support the project knowingly and consciously, and the reason for this was that there was a different perception of economic income in the village people due to the name "Vodafone" (C. Yıldırım, personal communication, 28 May 2019).

Project implementation process

VSV is "Türkiye's first technology application village" (Vodafone, 2017); it aims to use fully smart devices in the agricultural production process and animal husbandry in the village. In addition, automation systems and measurements will be managed with mobile devices. Qualified data will be collected in a single center in this way. In this context, IoT applications for "smart irrigation system, early warning system, pest automation, seedling planting techniques, solar drying system, atmosphere-controlled soilless green feed production, new generation olive and almond garden, smart milking system, smart pasture, spraying unit, smart hothouse, N.F.C. technology, free-range chicken unit, beekeeping systems" are included in VSV (O. Kurt, personal communication, 28 May 2019). It is planned to make farmers' lives easier with these applications' effective and efficient use.

2016-2018 Vodafone Smart Village Status Report (VSVSR, 2019) was utilized in the implementation process of the project (Figure 4-5);

- Smart Pasture research for the reduction of feed costs in animal husbandry,
- Establishing a collective milking station to increase milk yield in animal husbandry and using smart information management.
- Efficient lettuce cultivation work with women entrepreneurs using smart technologies,
- Efforts to increase yield in profitable melon cultivation,
- Efforts to increase yields in profitable cotton cultivation and olive cultivation, village poultry and beekeeping,
- In VSV, it is seen that objectives such as organizing various courses and activities for training and socialization for farmers, women, youth, and children were achieved.

The VSV Project is actually a project closely intertwined with the villagers (T. Akın, personal communication, 28 May 2019). It is seen that a community-based approach is adopted that does not ignore the needs of society and tries to produce solutions by taking into account the problems that may arise in the continuation of the process. In VSV, ICTs are currently used in agriculture and education. In Kasaplar Neighborhood, especially the agricultural production process is combined with ICT.



Figure 4. Project implementation examples (1) (VAKDR, 2019).

Şekil 4. Proje uygulama örnekleri (1) (VAKDR, 2019).



Figure 5. Project implementation examples (2) (VAKDR, 2019).

Şekil 5. Proje uygulama örnekleri (2) (VAKDR, 2019).

Impacts of the project

The VSV Project promotes the region and Kasaplar Neighborhood on a local, national, and international scale. However, the villagers' dependence on the traditional production method, lack of willingness to work, being closed to innovation, and, most importantly, thinking that they have more knowledge than experts and acting accordingly make the use of ICTs difficult and negatively affect the

development process of the smart village (C. Yıldırım, personal communication, 28 May 2019). In addition, while participation in smart village applications was high at the beginning of the project process, the people of Kasaplar Neighborhood showed a negative attitude towards VSV later on. The application in which almost the whole village actively participated is the smart milking center (O. Kurt, personal communication, 28 May 2019). 5 women farmers earned significant income by producing lettuce in the smart greenhouse with the training they received. One farmer also earned income through early melon production (VAKDR, 2019). Although participation is not at the expected level, it is seen that the yield obtained by the participating farmers is at the expected level. The approach of the surrounding neighborhoods to the VSV Project is more moderate than in Kasaplar Neighborhood (C. Yıldırım, personal communication, 28 May 2019).

Kasaplar neighborhood survey assessment

The survey was conducted with 64 people living in Kasaplar Neighborhood; it was aimed to determine the capacity use and skills of I.C.T. applications of the people living in Kasaplar Neighborhood and to establish the relationship between Kasaplar Neighborhood and VSV. The findings obtained from the evaluation of the survey results are given below.

Demographic and socio-economic indicators

The sample consists of 37.5% women and 62.5% men; 12.5% are 20-30 years old, 12.5% are 31-40 years old, 6.3% are 41-50 years old, 31.3% are 51-60 years old, and 37.5% are over 61 years old; 25% are single and 75% are married. When the educational status was examined, it was found that 18.8% were secondary education graduates, 25% were primary education graduates, 31.3% were literate, and 25% were illiterate. The people in the sample have yet to complete secondary, high school, and higher education degrees.

While 6.3% of the respondents always, 50% sometimes, and 43.8% never use VSV's facilities during agricultural production. It is observed that the rate of never utilization is high due to the low number of people engaged in production among the respondents, the presence of elderly individuals, and especially the fact that some individuals are against this project. However, to make a better evaluation, another question was asked to the public about their use of VSV applications. The main purpose of asking this question is to determine whether this is the case only in the agricultural production phase or whether the utilization rates of VSV practices generally are at the same level. While 25% of the neighborhood people do not use any application, 75% of them use applications. Among these applications, it is noteworthy that the usage rates of the smart milking center (38.2%) and farmer SMS package (35.6%) are higher than the other applications. Only 1.2% of the sample stated that they use other applications (smart irrigation and smart pasture).

Notably, the milking process, a very difficult task, especially for women, became easier with the "smart milking center," which benefits women and is the most used application. It was determined that after a certain period, the people come to the smart milking center, which is actively used only for the cow milking action, and they do not have attitudes such as obtaining more efficiently and more liters of milk and generating economic income from it. With the "farmer SMS package," producers received daily data and news on weather conditions, irrigation amounts, etc., which provided great convenience to the users. In addition, although the neighborhood residents did not use all of the VSV applications, they stated that the smart village supported the producers by organizing courses on agricultural productivity and production and by making the agricultural tools in the VSV available for the use of the neighborhood people.

A total of 68.8% of the people surveyed with the VSV Project stated that they use smart technologies in production and animal husbandry, making their lives easier and increasing their income. The contribution of the VSV Project to employment was positively acknowledged by the majority, with 75%

stating that it played a role. However, they expressed a preference not to work themselves. Once more, participants in this sample expressed that the VSV Project contributed to women's participation in working life, with a rate of 43.8%.

According to 75% of the respondents, the VSV Project team supports agricultural production and productivity. With the use of smart agriculture practices, farmers learned industrial and traditional agricultural techniques. However, in terms of the transition to industrial agriculture, respondents expressed varying views: 56.3% stated that agriculture was negatively affected, 12.5% found it beneficial, while 31.2% remained undecided. Farmers generally do not want to change the traditional agricultural techniques they are used to, so they have yet to adopt the industrial agriculture technique fully.

Among those surveyed with the VSV Project, a majority of 68.8% reported using smart technologies in production and animal husbandry, citing that it eases their lives and enhances their income. The positive response to the impact of the VSV Project on employment came from 75% of the respondents. They acknowledged the project's contribution to employment but expressed a preference not to engage in the work themselves. Once more, participants in this sample, at a rate of 43.8%, affirmed the contribution of the VSV Project to women's participation in working life.

According to 75% of the respondents, the VSV Project team provides support in agricultural production and productivity. With the use of smart agriculture practices, farmers have learned industrial agriculture techniques as well as traditional agriculture techniques. However, for the transition to industrial agriculture, 56.3% of the respondents stated that agriculture was negatively affected, 12.5% stated that it was beneficial, and 31.2% were undecided. In general, farmers do not want to change the traditional agricultural techniques they are used to, so they have not fully adopted the industrial agriculture technique.

Among the respondents, those who believed that the VSV staff involved in transferring VSV practices to the neighborhood possessed sufficient knowledge constituted 56.3%, while 25% remained undecided, and 18.7% expressed the need for more knowledge.

It is seen that the fact that Kasaplar Neighborhood has fertile soils and offers the opportunity to grow a wide variety of products due to its climate cannot be turned into an opportunity by the neighborhood people. The VSV Project offers various opportunities to the people of the neighborhood to increase their economic income and improve their quality of life.

Environmental indicators

It has been determined that there are some problems in infrastructure services such as sewerage, water, and roads in Kasaplar Neighborhood. 33.3% of the respondents state that VSV has yet to contribute to Kasaplar Neighborhood regarding infrastructure and superstructure. On the other hand, 40% of the respondents stated that VSV did contribute to the neighborhood; a stream in the neighborhood was cleaned, the existing football pitch was improved, and wifi and internet were provided in the neighborhood square. In addition, the respondents stated that infrastructure services should be provided by central and local governments, that the VSV team does not have such an obligation, and that it is wrong to attribute such problems to them. This statement indicates that there are problems in the planning process, especially in the implementation and monitoring/evaluation stages, that infrastructure services in rural areas need to be improved, and that the control of services cannot be ensured.

In addition, it was stated that the VSV team made arrangements in the idle pasture at the neighborhood's entrance, made the pasture usable, provided road service, and contributed to the painting of the exterior facades of the houses by providing free paint. It was found that the spatial arrangement of the neighborhood was the focus of 78.7% of the examples provided by the respondents.

Social indicators

During their leisure hours, a substantial 68.8% of the surveyed individuals choose to allocate their free time in coffeehouses. Moreover, worship is practiced by women to the extent of 18.8%, while 6.3%

prefer spending time with neighbors, and an additional 6.3% of young individuals engage in sightseeing activities. 85.7% of the people of the neighborhood who participated in the survey stated that VSV provides opportunities for the socialization of the people of Kasaplar Neighborhood. Of these opportunities, 64.3% are family tea gardens, and 21.4% are football pitches. 81.3% of the respondents stated that VSV carries out activities to integrate women into social life. These activities generally include training and courses for women. However, as in other practices, the neighborhood people stopped attending these training after a while.

87.5% of the respondents stated that the VSV team provides various training courses to increase people's ability to use technology. These courses are especially beneficial for the poorly educated and elderly people. However, it was also found that the courses were ended due to insufficient participation in these courses.

50 % of the respondents stated that VSV's technological infrastructure and applications contributed to the neighborhood, 25% were undecided, and 25% stated that they did not contribute. When we look at the ownership of technological tools of the neighborhood people, it is seen that the ownership of smartphones (87.5%) and mobile internet (62.5%) is at the highest rate. Laptop ownership and home internet use were found mostly in families with children. In addition, it was observed that the individuals who use normal mobile phones are younger individuals with higher educational attainment. In general, it is concluded that the neighborhood has an infrastructure in terms of device ownership, but they use them, especially for communication and socializing purposes.

Notably, the social opportunities offered by VSV are especially targeted toward women and children, who are characterized as disadvantaged groups. It is seen that courses are organized to contribute to children's education, and social activities such as theatre and cinema, which are not available in urban areas, are carried out in the VSV settlement. It has been determined that VSV has carried out various activities for the people to follow the current technologies and improve their ability to use technology. Still, all these activities have stopped due to the need for more public participation.

The survey findings show that the VSV team is trying to implement and disseminate the technological infrastructure. Still, the neighborhood residents prefer to use these applications or attend courses. To summarize, it was found that although the respondents knew what would benefit them and were aware of the opportunities offered by VSV, they needed to be more engaged with VSV.

DISCUSSION

The current planning system and the laws and regulations made for this purpose are beginning to differentiate under the influence of changing and developing technological and socio-economic factors. Rural areas are being reshaped, and the problems of rural areas vary in this context. These problems are the ones that arise due to the inability to use technological tools and technology, such as the digital divide that emerges based on globalization and developing technology, the inability to take part in global networks, the inability to use ICT-supported innovative solutions in production, and in this context, the decrease in efficiency and loss of time. Among these problems, the digital divide makes structural adaptation difficult in rural areas. The inability to take place in global networks causes rural people to be inadequate in cooperation. The inability to use ICT-supported innovative solutions in production reduces productivity and accelerates rural-urban migration. In addition, the inadequate educational status of the rural people and the fact that they need to be open to innovations cause the emergence of the need for more ability to use technological tools and technology. In other words, the problem of "imbalance between rural and urban areas" no longer manifests itself in inadequacy/imbalance in-service distribution. As can be seen, globalization and developing technology change society's structure and existing problems. For this reason, the transformation process into an information society should be well designed, and priority should be given, especially to rural areas where disadvantaged people are concentrated.

Adaptation to technology for rural development will strengthen the rural-urban relationship and reduce inter-regional inequality in all dimensions by bringing innovative solutions to social issues.

To assess the impact of the VSV Project on rural development, 5 dimensions and 15 criteria were identified within the context of the LEADER approach. These are in the management and planning dimension; participation understanding, approach, strategic approaches, cooperation, planning understanding, financial instruments, monitoring and evaluation criteria; in the social and demographic dimension; social cohesion, digital divide, education level of rural people, local-specific criteria, in the community dimension; networks, target group, cooperation, in the economic dimension; sectoral diversity, local employment, local economy, women entrepreneurs, local development criteria and in the technological dimension; innovation and smart and competitive rural areas criteria (Table 1).

Table 1. Evaluation of practices in VAK within the scope of LEADER approach

Çizelge 1. LEADER yaklaşımı kapsamında VAK'daki uygulamaların değerlendirilmesi

Dimension	Criteria	Sub-criteria	Implementations in the VSV	
MANAGEMENT AND PLANNING	Participation approach		√	
		Approach	Bottom-up approach	√
	Strategic approaches		Top-down approach	O
			Region-based approach	√
	Cooperation	Area based approach		√
			Public institutions	O
		Private Sector	√	
		NGOs	√	
		Local community	√	
	Planning approach		Holistic planning	O
			Segmental planning	X
	Financial tools		Subsidy	X
			Incentives	X
		Local incentives	X	
	Monitoring and Assessment		√	
SOCIAL AND DEMOGRAPHIC	Social cohesion		O	
	Digital divide		√	
	Education level of the rural population	Low	√	
		Medium	X	
		High	X	
Local specific		O		
COMMUNITY	Networks	International	√	
		Local	O	
	Target group		X	
Cooperation		√		
ECONOMY	Sectoral diversification	Agriculture	√	
		Tourism	X	
		Industry	X	
		Tourism-Services	X	
		Agriculture-Tourism	X	
	Agriculture-Industry	X		
	Local employment		√	
	Local economy		√	
Women entrepreneur		√		
Local development		√		
TECHNOLOGICAL	Innovation	ICT (Information communication technologies)	√	
		IoT (Internet of Things)	√	
	Smart and competitive rural areas		O	

√- Available

O- Not sufficient

X- Not available

Management and planning dimension

The VSV Project adopts a participatory approach. However, it is observed that there needs to be sufficient in ensuring the participation of local people in the process and the continuity of the participants. It is difficult to ensure the continuity of projects not orientated toward the demands and needs that the public is not involved in. In this context, at the stage of determining the stakeholders in the SMP process, an effective group should be formed in which the local people will be active, as well as the private and public sectors, including people who are important and trusted by the neighborhood people. This situation, which is also encountered in the EU, has been solved by establishing local action groups (LAGs), one of the main features of the LEADER approach. In fact, with the LAGs, the unequal weight of stakeholders in the participation process, which causes the SMP to be criticized up to date, is also solved. In the LEADER approach, LAGs should have a balanced structure, and stakeholders and partnerships from the private sector should constitute at least 50% of local partnerships in the decision-making process.

Adopting a bottom-up planning approach, the managers of the VSV Project have created region and area-based strategies and carried out studies orientated toward the wishes and needs of the public. The projects and practices implemented in the EU within the scope of LEADER show that projects where local people are the main actors are successful. However, the village is a "spatial" concept, and planning has multifaceted environmental, social, and economic characteristics. A holistic planning approach that includes these three dimensions should be adopted in the plans and projects.

The fact that the globally recognized Vodafone corporate company is one of the partners of the VSV project facilitates VSV's national and international cooperation and integration into global networks. Looking at the collaborations made during the creation process of VSV, it is seen that private sector institutions and organizations, NGOs, and local people are involved in the process, but collaborations with public institutions are insufficient. During the creation process of the projects and applications, Türkiye's incentive options and numbers needed to be improved; VSV did not benefit from public grants and incentives.

The process until the achievement of the objectives within the scope of the VSV Project is monitored and evaluated. Although interventions are made in some cases arising from local actors to ensure the effective functioning of the process, the monitoring and supervision mechanism needs to be improved, which is one of the problems experienced in the SMP process in Türkiye, also emerges in the VSV Project.

Social and demographic dimension

The educational status of rural people plays an effective role in developing rural areas. The low level of education of the people of Kasaplar Neighborhood has a negative impact on VSV and causes an increase in the digital divide. However, VSV is trying to reduce the digital divide with the activities carried out to improve the technology usage skills of the local people and the wireless internet access service established in the village square to increase the access of the village people to the internet; various activities are carried out, especially for women and children. Courses such as literacy and handicrafts were offered for women, while educational courses and activities were organized for children. In addition, initiatives were taken to employ women, and women entrepreneurs were supported by providing training on smart greenhouse production. It is seen that there needs to be more work on local identity or culture in the practices carried out in VSV.

Community dimension

It is observed that VSV has national and international collaborations and is integrated into global networks. However, in the community dimension, problems related to the quality of social capital in VSV are noteworthy. Social capital includes the number and quality of other cooperation networks established within NGOs and society. The need for high-quality social capital hinders the successful implementation of participation processes. During the creation of the VSV Project, this issue should have been

considered when creating the site selection criteria. In addition, VSV has not been able to create international and national networks for the target group of the Kasaplar Neighborhood, and it has yet to be able to benefit from the knowledge sharing and experiences of other individuals at a sufficient level.

Economic dimension

The practices in the VSV are focused on agriculture and animal husbandry, and there are no activities to increase sectoral diversity (tourism, industry). Considering that 70% of the individuals in the neighborhood work as farmers, 20% as laborers, and 10% as daily wage laborers, sectoral diversification activities were ignored at the initial stage of the project. Providing local employment opportunities to rural people, VSV has organized various activities and practical training to support women entrepreneurs, especially efficient lettuce cultivation using smart technologies. On the other hand, efforts were made to increase yields in profitable melon cultivation and milk yield incomes with a smart milking center. In addition, farmers were allowed to use all the tools owned by VSV free of charge and to receive free consultancy from experts. Since agriculture is the main sector in the Kasaplar neighborhood, it is seen that VSV contributes to local employment and development, especially in agriculture and animal husbandry.

Technological dimension

In VSV, efforts aimed at ensuring the integration of technological developments in rural areas to develop local development with a focus on agriculture. However, the use of ICTs and IoT tools should be encouraged and supported in agriculture, education, and health. Although insufficient, digital libraries have been established in VSV to inform people about farming, fertilization, diseases, etc., and especially to increase their technological competencies. With these initiatives, efforts have been made to create smart and competitive rural areas in order for rural areas to play an active role in the global market.

In cases where local people are unwilling to VSV, there are problems in producing solutions. Nevertheless, with VSV, a unique and positive case study smart village model has been created in which ICTs are used in the agricultural sector to create smart and competitive rural areas, where the problems experienced in the rural development process in Türkiye are tried to be solved, and which has been put into practice for the development of rural areas with the globalizing world and developing technology.

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

The VSV Project experience teaches many things about rural development in Türkiye, rural area planning, and adapting different models to rural areas. First of all, although all efforts in the organization are associated with planned and appropriate actions, rural Türkiye's demographic and socio-economic structure stands as an obstacle in front of all VSV and similar projects. Adoption of technology in agricultural production and animal husbandry required by the smart village model, overcoming the problems in the fields of education, health, infrastructure, etc. by increasing the communication of farmers among themselves and with institutions through technology, adoption of ICT-supported applications and prevention of digital divide will be possible by overcoming the problems in the demographic and socio-economic structure of the local people.

First, comprehensive studies should be carried out to keep the young population in rural areas. The proportion of the young population has decreased in the Kasaplar neighborhood; therefore, the target group to adopt technology was limited. Returning this structure with its causes and consequences will be possible when it is handled at different scales with regional, urban, and rural policies. Job opportunities and social interactions for the young population to return to the neighborhood and continue their lives can be made more easily accessible with technology.

Another issue is that the uneducated population is higher in rural areas. Smart village projects should be considered together with both short-term and long-term education processes to ensure the continuity of interest. Continuity of interest is also very important for the participation and support of the

local community. This situation is also problematic due to the issues within the scope of the economic and social structure. Economically unsatisfied rural people or insufficient motivation from the economic contribution of the technology cause the local people not to participate in the training processes to a sufficient extent. In addition, the social segregation between the male and female population causes women, who adopt the changes more easily, to start training but not to continue afterward due to social and economic pressures. The trained population's impact on the neighborhood remains marginal for these reasons.

Within the scope of the study, strategy/policy recommendations for creating smart and competitive rural areas / smart village models that can keep up with the globalized world and the transformation process to the information society brought about by technology are presented below.

In the planning phase

- It should not be neglected that the characteristics and dynamics of each rural area are different, and these issues should be taken into consideration during planning,
- Participation of actors in the planning process should be ensured,
- The ICT access and usage levels and skills of disadvantaged groups should be measured and focused policies should be developed for each group (middle-aged and above, low-income, women, disabled).
- LEADER approach should be adopted in this context;
 - Local action groups (LAGs) should be established in rural areas,
 - A bottom-up planning approach should be adopted,
 - Local development strategies should be developed for each region,
 - International and national networking should be targeted,
 - Cooperation should be built,
 - Integrated and multi-sectoral activities should be organized,
 - Innovation should be encouraged.

In the implementation phase

- Broadband internet access should be provided to rural areas,
- Telecommunication infrastructure should be improved in rural areas,
- The competitiveness of rural areas should be increased,
- Funding and incentive opportunities should be increased,
- Networks and cooperation should be built,
- The demands and needs of rural areas should be taken into consideration together with local characteristics,
 - ICT device ownership and access to ICTs should be increased,
 - Efforts should be made to improve the digital skills of rural people, courses and training should be organized,
 - Visual content in Turkish should be enriched for individuals whose educational status is not very good or who cannot read or write at all,
 - The use of ICT in agricultural production in rural areas should be encouraged,
 - The creation of a solidaristic social environment should be supported,

- Sectoral diversity in rural areas should be increased.

At the monitoring/assessment phase

- Monitoring and assessment mechanisms should be established,
- A "digital divide index" should be developed to enable the development of policies for rural people by measuring the ICT access, utilization, and skills of rural people.

ICT-supported innovative solutions should be integrated into rural areas to ensure balanced and sustainable rural development and to plan rural areas and keep pace with the globalizing world in the process of transformation into an information society. In this context, the effective use of LEADER and Smart Village models in rural development contributes to increasing the competitiveness of rural areas, improving environmental quality with spatial development projects, developing innovative methods in rural area planning, developing interdisciplinary and public participation studies, and effective use of monitoring and evaluation mechanism. Finally, this study emphasizes the importance of ICT-supported innovative solutions in Türkiye's rural development plans, projects, and practices, especially the plans, policies, and strategies to be created to compete globally.

REFERENCES

- Adamowicz, M. & M. Zwolińska-Ligaj, 2020. The "Smart Village" as a way to achieve sustainable development in rural areas of Poland. *Sustainability*, 12 (16): 6503.
- Akci, A., 2015. Kırsal Kalkınma İçin Bir Model Önerisi: Köy Kümeleri. Selçuk University, Institute of Sciences, (Unpublished) Phd Thesis, Konya, Turkey, 224 pp.
- Aleksandrova, M., 2018. Tarımda IoT teknolojileri. (Web page: <https://dzone.com/articles/iot-inagriculture-five-technology-uses-for-smart>) (Date accessed: March 2022).
- Altundağ, H., 2008. AB Kırsal Kalkınma Politikasında LEADER Yaklaşımının Yeri ve Türkiye'de Uygulamaya Yönelik Yapılan Çalışmalar. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 4-32.
- Avşar, D. & G. Avşar, 2016. "Türkiye'de tarımsal üretimde kullanılan makinalarda yeni teknolojik gelişmeler 3-5". 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Antalya,
- Berber, E., 2019. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Kırsal Mahalle (Köy) Yerleşik Alanının Belirlenmesi. Karadeniz Technical University, Institute of Sciences, (Unpublished) Master Thesis, Trabzon, Turkey, 165 pp.
- Can, Ö., E. Sezer, O. Bursa & M.O. Ünalır, 2016. "Nesnelerin interneti ve güvenli bir sağlık bilgi modeli önerisi, 1201-1209". 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Alanya/Antalya,
- Cañete, J. A., A. Nieto, E. Cejudo & G. Cárdenas, 2020. "Territorial Distribution of Projects Within the LEADER Approach (2007–2013) in Extremadura and Andalusia, 87-109". In *Neoendogenous Development in European Rural Areas: Results and Lessons*. Springer, Cham.
- Chandra, S. R. Gupta, S. Ghosh & S. Mondal, 2019. An intelligent and power efficient biomedical sensor node for wireless cardiovascular health monitoring. *IETE Journal of Research*, 1-11.
- Cochran, W.G., 1963. *Sampling techniques*. New York: Wiley, 118 pp.
- Davoudi, S. & I. Strange, (2009). *Conceptions of Space and Place in Strategic Spatial Planning* (7-42). London: Routledge.
- Ella, S. & R.N. Andari, 2018. "Developing a smart village model for village development in Indonesia, 1-6". 2018 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS), IEEE.
- ENRD, 2019a. Food and drink supply chains. (Web page: https://enrd.ec.europa.eu/enrd-thematic-work/smart-and-competitive-rural-areas/food-and-drink-supply-chains_en) (Date accessed: April 2022).
- ENRD, 2019b. Smart villages. (Web page: https://enrd.ec.europa.eu/enrd-thematic-work/smart-and-competitive-rural-areas/smart-villages_en) (Date accessed: April 2022).

- ENRD, 2020. Common agricultural policy post-2020. (Web page: https://enrd.ec.europa.eu/policy-in-action/common-agricultural-policy-post-2020_en) (Date accessed: April 2022).
- European Commission, 2006. The LEADER approach, a basic guide, fact sheet. (Web page: <https://enrd.ec.europa.eu/sites/default/files/2B953E0A-9045-2198-8B09-ED2F3D2CCED3.pdf>) (Date accessed: March 2022).
- European Commission, 2017. The european network for rural development (ENRD) LEADER/CLLD. (Web page: https://enrd.ec.europa.eu/leader-clld_en) (Date accessed: September 2019).
- European Commission, 2018. Wifi4EU free wifi for europeans. (Web page: <https://wifi4eu.ec.europa.eu/#/home>) (Date accessed: April 2022).
- European Commission, 2020a. Shaping Europe's digital future. (Web page: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en>) (Date accessed: April 2022).
- European Commission, 2020b. Broadband Europe. Support for broadband rollout.(Web page: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/broadband-support>) (Date accessed: April 2022).
- FAO, 2019. Climate-smart agriculture. (Web page: <http://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/>) (Date accessed: March 2022).
- Gahlot, S., S.R.N. Reddy & D. Kumar, 2018. Review of smart health monitoring approaches with survey analysis and proposed framework. IEEE Internet of Things Journal, 6 (2): 2116-2127.
- Gedikli, B., 2007. Stratejik Mekansal Planlama: Planlamada Yeni Anlayışlar Yöntemler ve Teknikler. Ankara: İmge, 237-289.
- Gerli, P., J. Navio Marco & J. Whalley, 2022. What makes a smart village smart? A review of the literature. Transforming Government: People, Process and Policy, 16 (3): 292-304.
- Gevelt V., T., C. Canales Holzeis, S. Fennell, B. Heap, J. Holmes, M. Hurley Depret, B. Jones & M.T. Safdar, 2018. Achieving universal energy access and rural development through smart villages. Energy for Sustainable Development, 43: 139-142.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2015. Ulusal kırsal kalkınma stratejisi 2014-2020. (Web page: [https://kkp.tarim.gov.tr/UKKS%20\(2014-2020\).pdf](https://kkp.tarim.gov.tr/UKKS%20(2014-2020).pdf)) (Date accessed: March 2022).
- Gökçe, S., T. Titiz, F. Özden, & I. Ferruh, 2022. İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin kırsal kalkınmaya yönelik hizmet kalitesinin değerlendirilmesi: Bergama ve Ödemiş ilçeleri örneği. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 59 (3): 513-527.
- Gülçubuk, B. 2006. Kırsal kalkınma, Türkiye'de tarım kitabı. Ankara: TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 11-32.
- Hoffman, D.L. & T.P. Novak, 1996. The growing digital divide: Implications for an open research agenda, Understanding the digital economy. Data Tools and Research, 245-260.
- Hoq, K. M. G., 2012. Role of information for rural development in Bangladesh: a sector-wise review. Information Development, 28 (1): 13-21.
- İçyer, A., 2010. Marka Kent Oluşturma Açısından Stratejik Kent Yönetimi. Karamanoğlu Mehmetbey University, Social Sciences Institute, (Unpublished) Master Thesis, Karaman, Turkey, 134 pp.
- Komorowski, Ł. & M. Stanny, 2020. Smart villages: Where can they happen?. Land, 9 (5): 151.
- Mantino, F., 2010. The reform of EU rural development policy and the challenges ahead. (Web page: <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/49294/>) (Date accessed: March 2022).
- Maumbe, B. M. & J. Okello, 2013. "Uses of Information and Communication Technology (ICT) in Agriculture and Rural Development 113-134". In Sub-Saharan Africa: Experiences from South Africa and Kenya. In Technology Sustainability and Rural Development in Africa. IGI Global.
- Mohanty, S., B. Mohanta, P. Nanda, S. Sen & S. Patnaik, 2020. "Smart Village Initiatives: An Overview, 3-24". In Smart Village. Springer, Cham.
- Naldi, L., P. Nilsson, H. Westlund & S. Wixe, 2015. What is smart rural development?. Journal of Rural Studies, 40: 90-101.
- Nieto Masot, A., G. Cárdenas Alonso & L.M. Costa Moreno, 2019. Principal component analysis of the leader approach (2007–2013) in south western europe (extremadura and alentejo). Sustainability, 11 (15): 4034.

- Numanoğlu, G., 1999. Bilgi toplumu-eğitim-yeni kimlikler-ı bilgi toplumu ve eğitime yansımalar. Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences, 32 (1): 331-339.
- OECD, 2006. OECD rural policy reviews, the new rural paradigm policies. (Web page: <https://www.oecd.org/cfe/regionalpolicy/thenewruralparadigmpoliciesandgovernance.htm>) (Date accessed: February 2022).
- Öğdül, H., 2019. Kırsal alanların değişimi ve kırsal planlama çerçevesinde bir değerlendirme. Mimarist, 66: 41-49.
- Öztaş Karlı, R.G., 2020. "Akıllı kentlerden Akıllı Köylere, 29-47". Mimarlık Planlama ve Tasarım Alanında Teori ve Araştırmalar, Gece Kitaplığı.
- Öztaş Karlı, R. G., 2021. Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Kırsal Kalkınmadaki Rolünün A'WOT Analizi ile Değerlendirilmesi. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 31 (2): 494-501.
- Öztaş, R.G., B. Özüduru & H.S. Çelikyay, 2019. "Dijital bölünme çerçevesinde bilgi toplumuna dönüşüm sürecinin değerlendirilmesi, 253-270". Çukurova 3. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Adana, TÜRKİYE.
- Öztaş, Ç. Ç. & Ş. Karaaslan, Ş. 2017. Türkiye'de kırsal planlama ve farklı ülkelere ait kırsal planlama örnekleri. Journal of Urban Academy, 10 (32): 432-465.
- Renukappa, S., S. Suresh, W. Abdalla, N. Shetty, N. Yabbati, & R. Hiremath, 2022. Evaluation of smart village strategies and challenges. Smart and Sustainable Built Environment, <https://doi.org/10.1108/SASBE-03-2022-0060>
- Soni, K., D. Waghela, R. Shah & M. Mohan, 2018. "Smart well monitoring system (1-5)". 2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology (ICSCET), IEEE.
- Stojanova, S., G. Lentini, G. P. Niederer, T. Egger, N. Cvar, A. Kos & E. Stojmenova Duh, 2021. Smart villages policies: Past, present and future. Sustainability, 13 (4): 1663.
- TÜİK, 2019. Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi. (Web page: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>) (Date accessed: September 2019).
- Vodafone-Tarımsal Bilişim ve İletişim Teknolojileri Ltd. Şti., 2019. 2016-2018 yılı Vodafone Akıllı Köy Durum Raporu (VAKDR), Vodafone-TABİT, Aydın, 45 s.
- Vodafone, 2017. Vodafone akıllı köy projesi. (Web page: <http://www.vodafoneakillikoy.com/>) (Date accessed: September 2019).
- World Bank, 2005. Information and communication technologies for rural development: Issues and options, Volume 1. Main Report and Annexes. Washington, DC. World Bank. (Web page: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/8316>) (Date accessed: February 2022).
- World Bank, 2019. Smart village. (Web page: <http://www.worldbank.org/en/topic>) (Date accessed: March 2022).
- Xing, Y., S. Lei, C. Jianing, F.M. Amine, W. Jun, N. Edmond & H. Kai, 2021. A survey on smart agriculture: Development modes, technologies, and security and privacy challenges. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 8 (2): 273-302.
- Yenigül, S. B., 2017. Kırsal Kalkınma politikalarında yeni yaklaşımlar ve bu yaklaşımların Türkiye'nin kırsal kalkınma politikalarına etkisi. Planning, 27 (1): 16-25.
- Yıldırım, A. & H. Şimşek, 2008. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Zavratnik, V., A. Kos & E. Stojmenova, 2018. Smart villages: Comprehensive review of initiatives and practices. Sustainability. 10 (7): 2559.
- Zhang, X. & Z. Zhang, 2020. How do smart villages become a way to achieve sustainable development in rural areas? Smart village planning and practices in China. Sustainability, 12 (24): 10510.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):561-570
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1359942>

Gülistan ERDAL¹

Ayten ZEYNALOVA²

Sait ENGİNDENİZ^{3*}

¹Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 60240, Tokat-Türkiye

²Azerbaijan State Agricultural University, Faculty of Agronomy, Department of General Agriculture, Genetics and Selection, Ganja-Azerbaijan

³Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 35100, Bornova/Izmir-Türkiye

*Corresponding author (Sorumlu yazar):
sait.engindeniz@ege.edu.tr

Keywords: Azerbaijan, cotton, cotton marketing, cotton price, Koyck model

Anahtar sözcükler: Azerbaycan, pamuk, pamuk pazarlaması, pamuk fiyatı, Koyck modeli

Analysis of cotton production and price relationship by Koyck model: a case study for Azerbaijan

Pamuk üretimi ve fiyat ilişkisinin Koyck modeli ile analizi: Azerbaycan için bir örnek çalışma

Received (Alınış): 13.09.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 28.11.2023

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to examine the production quantity-price relationship in cotton production in Azerbaijan with the data of the period 1995-2022.

Materials and Methods: In this study, the data obtained from FAOSTAT and the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan were analyzed. Koyck model was used to analyze the relationship between cotton production and price in Azerbaijan.

Results: It was determined that the time required for the change in cotton prices to cause a significant and perceptible effect on cotton production is 2,86 years according to the average number of lags. A one-unit increase in cotton prices increases production by 2,524 tons, while a one-unit change in prices in the previous period increases cotton production by 1,870 tons.

Conclusion: In order to sustain and increase cotton production in Azerbaijan and to create international competition opportunities, it is necessary to closely follow the developments in the production of this product and develop alternative strategies and policies.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Azerbaycan'da pamuk üretiminde üretim miktarı-fiyat ilişkisini 1995-2022 dönemi verileriyle incelemektir.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışmada FAOSTAT ve Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet İstatistik Komitesinden elde edilen veriler analiz edilmiştir. Azerbaycan'da pamuk üretimi ile fiyat arasındaki ilişkiyi analiz etmek için Koyck modeli kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Ortalama gecikme sayısına göre, pamuk fiyatlarındaki değişimin pamuk üretimi üzerinde anlamlı ve hissedilir bir etki yaratması için gereken sürenin 2,86 yıl olduğu tespit edilmiştir. Pamuk fiyatlarındaki bir birimlik artış üretimi 2,524 ton artırırken, önceki dönemde fiyatlardaki bir birimlik değişiklik pamuk üretimini 1,870 ton artırmaktadır.

Sonuç: Azerbaycan'da pamuk üretiminin sürdürülebilmesi, artırılması ve uluslararası rekabet imkanlarının oluşturulabilmesi için bu ürünün üretimindeki gelişmelerin yakından takip edilmesi, alternatif strateji ve politikaların geliştirilmesi gerekmektedir.

INTRODUCTION

Due to the fact that agricultural production is significantly affected by natural conditions, producers are faced to find solutions to different risks and uncertainties. The negativities in climatic conditions, diseases and pests and uncertainties about the price have an impact on production (Erdal, 2006). Farmers in Azerbaijan face significant price uncertainties due to their small lands and lack of organization. Generally, farmers take the prices of the previous year as a basis when making production decisions. This situation may cause fluctuations in production amount and price. In agricultural production, a period of time must pass for the products to come to harvest. Therefore, the supply elasticity of agricultural products is low in the short term. Therefore, farmers can show their price sensitivity in the next year's production (Erçakar & Taşçı, 2011).

Due to this structural feature of agricultural products, production quantity-price relationship can be analyzed with the help of Distributed Delay Models. In regression models using time series data, if the model includes not only the present values but also the lagged (past) values of the explanatory variables, it is called a distributed lag model (Gujarati, 2001). The Koyck model was developed to predict distributed lag models in order to eliminate the problems of multicollinearity and decreasing degrees of freedom depending on the lag length (Koyck, 1954). As a matter of fact, in many studies conducted in different countries, it is seen that the Koyck model is used in the analysis of the relationship between the production quantity and price of different crops (Yurdakul, 1998; Dikmen 2006; Erdal, 2006; Erdal & Erdal, 2008; Çetinkaya, 2012; Çelik, 2014; De Silva et al., 2014; Doğan et al., 2014; Hasan & Khalequzzaman, 2015; Mbise, 2016; Akgül & Yıldız, 2016; Al-Shamary & Mikhlef, 2017; Berk, 2017; Hasan et al., 2017; Ağazade, 2021; Avciöğlü & Aksoy, 2021; Faied & Elshater, 2022; Turğut et al., 2023).

Cotton is one of the most important crops in the economy of Azerbaijan. While cotton production meets the country's needs, it also provides an important export income for the country. In 2021, 287,041 tons of cotton were produced on 100,590 hectares of land in Azerbaijan. In 2021, 38.4% of the cotton produced in Azerbaijan came from Mil-mughan, 28.3% from Karabakh and 23.4% from Shirvan-salyan economic regions. In 2022, the production area reached 104,000 hectares and the production reached 322,300 tons. About 190,000 people in the country still earn their living from cotton growing (The State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, 2023).

The "State Program for the Development of Cotton Production" covering the period from 2017 to - 2022 in Azerbaijan made significant contributions. The main policy objectives set in the program are to increase cotton production, revive the ginning and processing industry, improve employment opportunities and improve exports. With this program, the government also decided to support farmers in purchasing agricultural machinery, fertilizers and other inputs (Zeynalova & Engindeniz, 2023a). Estimation studies show that cotton production in Azerbaijan will increase and it may reach 326,112 tons in 2024 (Uzundumlu et al., 2023).

In 2021, Azerbaijan exported 207,980 tons of cotton fiber and 58,115 tons of cotton fabrics to other countries such as Türkiye, Iran, Russia, Pakistan, Ukraine, Bangladesh, and Switzerland (Zeynalova & Engindeniz, 2023b). Azerbaijan exported 114,728 tons of cotton fiber and 16,186 tons of cotton fabrics to Türkiye in 2021 (The State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, 2023).

The increases in cotton production and exports in Azerbaijan in recent years are significant. However, research on cotton should be continued and this sector should be followed closely in order to ensure the country's self-sufficiency and sustain the export level. In cotton production, prices received by farmers play an important role in directing production. In many studies that analyze the effect of prices on cotton production in different countries, it has been revealed that farmers plan production based on price and are affected by price fluctuations (Hudson et al., 1996; Tossi, 2013; Ahmad & Afzal, 2018; MacDonald & Meyer, 2018; Geetha & Mahe, 2019; Shahraki et al., 2019; Wang et al., 2021; Bodjongo, 2022). Increasing studies in this direction in Azerbaijan will be important in determining appropriate policies that can be implemented.

Analyzing the relationship between production quantity and price of cotton will provide important contributions in terms of revealing the sensitivity of farmers to prices and creating data for effective marketing organizations for cotton. The objective of this study was to examine the production quantity-price relationship in cotton production in Azerbaijan with the Koyck model.

MATERIALS and METHODS

Data

In the study, cotton production and cotton price data obtained from FAOSTAT and the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan were analyzed. Data are annual and cover the period 1995-2022. In addition, the results of previous similar studies were also used.

Method

In order to adjust cotton current prices from the effects of inflation, the price series were converted to 1995-based fixed agricultural index values. The prepared data were regressed with the Koyck model (the distributed lag model) and analyzes were carried out. Tons (1,000 kg) are used for cotton production, and AZN (Azerbaijan Manat)/kg for cotton price. In 2022, it was 1 AZN =0.59 USD.

Koyck Model

Distributed lag models have a special importance in the economic literature in that they enable the analysis of the behavior of economic units (consumers and producers, etc.). Distributed lag models, first studied and used by Irving Fisher, include not only the present (current year) value of the explanatory variable, but also past years' values (Işyar, 1999). If the explanatory variable is not defined how far back into the past, it is called an "infinitely lag model" and is shown as follows;

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + u_t \quad (1)$$

If the number of years to go back to the past for the explanatory variable is determined by k , this is called the "finite distributed lag model" and is defined as follows;

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_k X_{t-k} + u_t \quad (2)$$

In model, the dependent variable Y ($Y_t \dots Y_{t-k}$) is affected not only by the present value (X_t) of the explanatory variable X , but also by its past values ($X_{t-1} \dots X_{t-k}$). Most of the time, Y reacts to X after a while, this time is called lag (lag length) (Dikmen, 2006).

In distributed lag models, unknown parameters ($\alpha, \beta_0, \dots, \beta_k$) can be estimated by the classical least squares method (Alt, 1942; Gujarati, 2001). However, there are some drawbacks of model-specific estimation in distributed lag models. One of these drawbacks is that the model does not have any preliminary information about how lag length will be. Another drawback is that the degrees of freedom of the parameters decrease gradually in statistical significance tests, when a data set that can estimate a large number of lags cannot be generated. Another drawback, and the most important one, is that the variables determined as explanatory variables are in a multicollinearity.

A method was developed by Koyck in order to overcome the above-mentioned drawbacks in distributed lag models (Koyck, 1954). In this method, which is referred to as the Koyck model, based on the assumption that the lags of the independent variable affect the dependent variable at a certain weight and that the weights of the lags decrease geometrically, the regression equation is estimated by making the model reduced (Dikmen, 2006). To arrive at the reduced model, in an infinitely distributed lag model, Koyck assumes that all β 's are of the same sign, decreasing geometrically as shown below;

$$\beta_k = \beta_0 \lambda^k \quad k = 0, 1, \dots \quad (3)$$

Here, λ ($0 < \lambda < 1$) denotes the rate of decrease or decrease of the distributed delay, $1 - \lambda$ denotes the rate of adaptation. β_k is the value of the lag coefficient. The lag coefficient value (β_k) depends on λ other than β_0 . The closer λ is to 1, the lower the rate of decrease in β_k , while the closer λ is to zero, the faster the decrease in β_k (Gujarati, 2001). In other words, the fact that λ is close to 1 indicates that the values of the explanatory variable in the distant past have a significant effect on the dependent variable, and the fact that λ is close to zero indicates that the effects of the values of the explanatory variable in the distant past on the dependent variable disappear very quickly. The average number of lags is the weighted average of all lags. It is calculated for the Koyck model as follows;

$$\text{Average lag} = \frac{\lambda}{1 - \lambda} \quad (4)$$

The average number of lags shows the time period that must pass for a one-unit change in the explanatory variable X to have a noticeable effect on the dependent variable Y (Yurdakul, 1998; Dikmen, 2006).

In the light of these explanations, the infinite lag model is constructed as follows;

$$Y_t = \alpha + \beta_0 X_t + \beta_0 \lambda X_{t-1} + \beta_0 \lambda^2 X_{t-2} + \dots + u_t \quad (5)$$

Linear regression analysis cannot be applied to the regression equation 5, since it contains infinite lag and the λ coefficients are far from linearity. In order to eliminate this problem, the following regression model was obtained by withdrawing the model for a period by Koyck;

$$Y_{t-1} = \alpha + \beta_0 X_{t-1} + \beta_0 \lambda X_{t-2} + \beta_0 \lambda^2 X_{t-3} + \dots + u_{t-1} \quad (6)$$

When the equation 6 is multiplied by λ , the equation 7 below is reached;

$$\lambda Y_{t-1} = \lambda \alpha + \lambda \beta_0 X_{t-1} + \lambda^2 \beta_0 X_{t-2} + \lambda^3 \beta_0 X_{t-3} + \dots + \lambda u_{t-1} \quad (7)$$

When the equation 7, whose lag is withdrawn for 1 period, is subtracted from the equation 5, whose delay is infinite, the following equation is obtained;

$$Y_t - \lambda Y_{t-1} = \alpha (1 - \lambda) + \beta_0 X_t + (u_t - \lambda u_{t-1}) \quad (8)$$

If the equation 8 is rearranged, the following equation 9 is reached. The $v_t = (u_t - \lambda u_{t-1})$ in the equation represents the moving average of u_t and u_{t-1} .

$$Y_t = \alpha (1 - \lambda) + \beta_0 X_t + \lambda Y_{t-1} + v_t \quad (9)$$

The process described above is known as the Koyck transform, and the equation 9 is defined as the Koyck model. In the Koyck model, variables containing the lagged values of the explanatory variables were not defined, so the multicollinearity problem was solved in a sense. On the other hand, while there is an obligation to predict α and an infinite number of β in the infinitely distributed model, in the Koyck model, distributed lag model analysis can be performed by estimating only α , β_0 and λ .

RESULTS and DISCUSSION

Changes in cotton production and cotton prices in Azerbaijan in the period 1995-2022 are presented in Figure 1. According to the figure, cotton production, which fluctuated over the years, reached the lowest level in 2009, and significant increases were recorded in production, especially with the policies implemented after 2017. In 2020, the highest production level of this period was reached. It is observed that the current cotton prices received by the farmers have increased over the years.

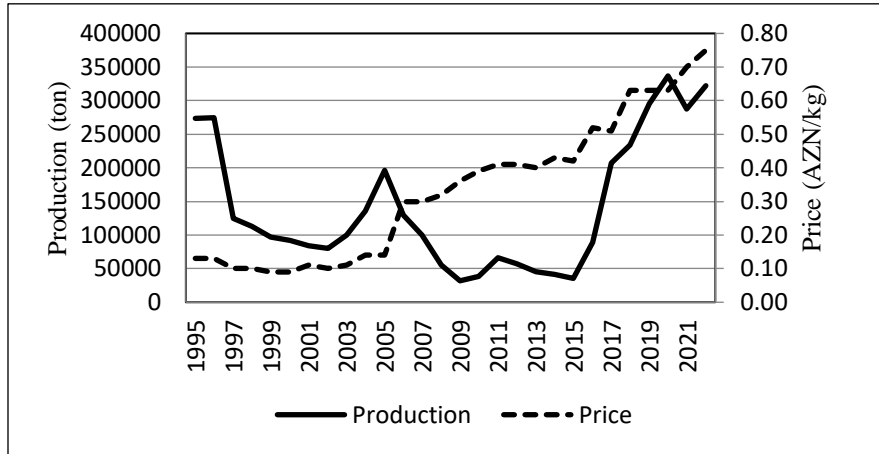


Figure 1. Developments in Cotton production and cotton price in Azerbaijan

Şekil 1. Azerbaycan'da pamuk üretimi ve pamuk fiyatındaki gelişmeler

Source: FAOSTAT, 2023; The State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, 2023.

To determine the level of relationship between cotton production and cotton prices in the examined period, correlation analysis was performed and the correlation coefficient was calculated as 0,701. As a result, it has been determined that there is a sufficient and high level of interest between cotton production and its prices. This result reveals that the quantity-price relationship in cotton can be examined with the Koyck model. The distributed lag model for cotton is constructed as follows;

$$Q_t = \alpha + \beta_0 P_t + \beta_1 P_{t-1} + \beta_2 P_{t-2} + \dots + \beta_k P_{t-k} + u_t \quad (10)$$

In the model (equation 10): Q_t = Cotton production (tons) in period t, P_t = Cotton price (AZN/kg) in period t.

To create the Koyck model, it is necessary to determine the lagged value (lag length) of the Cotton price series. Schwarz criterion (SC) is commonly used to determine the lag length in a distributed lag model (Dikmen, 2006). Schwarz suggests minimizing the following function (Çetinkaya, 2003);

$$SC = \ln \sigma^2 + m \ln n$$

In the function: σ^2 = Sum of squared errors / n, m = Lag length, n = Number of observations.

A regression model is used with various lag values (m), and the m value that makes the Schwarz Criterion value the smallest is chosen (Gujarati, 2001). At this stage, without any limitation on the form of the distributed lag, starting with a very large m value, it is observed whether the model undergoes a significant deterioration when this time is shortened (Davidson & Mackinnon, 2021).

The Schwarz Criterion values determined at different lag lengths for equation 10 in the study are given in Table 1.

Table 1. Schwarz criterion values according to lag lengths

Çizelge 1. Gecikme uzunluklarına göre Schwarz kriteri değerleri

Lag length	SC value
k=0	23,61
k=1	21,97
k=2	22,02
k=3	22,27
k=4	22,63

As can be seen from Table 1, the lowest Schwarz Criterion value was obtained with 1 lag length. Accordingly, the effect of cotton prices on cotton production becomes zero after 1 year. According to the determined lag length, the relationship between cotton production and price in the examined period was estimated as follows using the equation 10 using the classical least squares method;

$$Q_t = -221002,6 + 34,187 P_t + 44,867 P_{t-1} \quad (11)$$

$$t \rightarrow (-3,393) \quad (1,765) \quad (2,531)$$

$$p \rightarrow (0,002) \quad (0,090) \quad (0,018)$$

$$R^2 = 0,68 \quad F = 15,69 \quad (p=0,000)$$

According to the results of equation 11, cotton price in period t and 1 period ago affects cotton production positively. Partial regression coefficients in the model were found to be statistically significant. The model as a whole is also statistically significant. The multiple determination coefficient of the model was found to be 0,68 and this means that 68% of the changes in cotton production are explained by the cotton price and its lagged distribution.

Although the model as a whole is statistically significant, two important problems in distributed lag models have to be discussed in terms of the reliability of the model. The first problem is the multi-correlation problem, since the lagged values of the price variable are taken into account in the model. The second problem is the loss of observation that occurs in the set of lagged values. If the number of data in the created series is not very large, the prediction values may show inconsistency due to lags.

To eliminate these two important problems, estimation was made using the Koyck Model. The estimation results of the regression equation 11 obtained by Koyck Model are given below;

$$Q_t = -71974,4 + 2,524 P_t + 0,741 Q_{t-1} \quad (12)$$

$$t \rightarrow (-1,601) \quad (2,095) \quad (6,092)$$

$$p \rightarrow (0,122) \quad (0,047) \quad (0,000)$$

$$R^2 = 0,88 \quad F = 43,66 \quad (p=0,000)$$

In the model (equation 12): Q_t = Cotton production (tons) in period t, P_t = Cotton price (AZN/kg) in period t, Q_{t-1} = Cotton production (tons) in period before period t.

The model as a whole was found to be statistically significant. According to the model results, 1 AZN increase in cotton price increases cotton production by 1,524 tons, while 1 ton increase in cotton production in the previous period increases cotton production by 0,741 tons.

Based on the model results (equation 12), the average number of lags was calculated as follows;

$$\text{Number of average lag} = \lambda / (1 - \lambda) = 0,741 / (1 - 0,741) = 2,86$$

According to the average number of lags, the time required for a change in cotton prices to have a significant and perceptible effect on cotton production is 2,86 years. This result shows that farmers react quickly to price changes in cotton farming in Azerbaijan.

Based on the Koyck model, the equation 11 can be reached as follows. If the Koyck model is rewritten;

$$Q_t = \alpha + \beta_0 P_t + \lambda Q_{t-1} + u_t \text{ and } \beta_k = \lambda^k \beta_0$$

Since $0 < \lambda < 1$, the equation 11 is reached with the following calculations;

$$\beta_k = \lambda^k \beta_0$$

$$\beta_0 = \lambda^0 \beta_0 = (0,741)^0 (2,524) = 2,524$$

$$\beta_1 = \lambda^1 \beta_0 = (0,741)^1 (2,524) = 1,870$$

$$\alpha_0 = \alpha / (1 - \lambda) = -71974,4 / (1 - 0,741) = -277893,4$$

With these results, when the regression equation derived from Koyck's model is rewritten, the following equation is obtained;

$$Q_t = \alpha_0 + \beta_0 P_t + \beta_1 P_{t-1} + u_t$$

$$Q_t = -277893,4 + 2,524 P_t + 1,870 P_{t-1} \quad (13)$$

In the equation 13 above, which expresses a distributed lag model derived from the Koyck model, it can be stated that lagged cotton prices have a decreasing effect on cotton production since the coefficient λ is $0 < \lambda < 1$. The fact that the parameters of the lagged prices gradually decrease is due to the fact that the coefficient λ creates a limiting effect in the model.

Based on the regression equation 13, one-unit increase in cotton prices in the current year increases production by 2,524 tons, while a one-unit change in prices in the previous period increases cotton production by 1,870 tons.

CONCLUSION

In this study, the relationship between cotton production quantity and prices in Azerbaijan was analyzed using the Koyck model, one of the distributed lag models. In the model, cotton production was considered as the dependent variable, cotton price and lagged values of cotton price were considered as explanatory variables. The study was carried out with data from the period 1995-2022.

In the period examined in Azerbaijan, a 70% correlation was determined between cotton production quantity and prices, and as a result, it can be stated that the quantity-price relationship could be examined with the Koyck model.

The lag length was determined as 1 using the Schwarz Criterion for the estimation of unknown parameters in the Koyck model. By using this lag length, a distributed lag model was created for cotton production amount and price in the examined period and regression analysis was performed. Although the obtained model is statistically significant as a whole, the model has been subjected to Koyck transformation due to the problem of multiple correlations in the model. In the Koyck model, in which the relationship between cotton production and price was examined, the multiple determination coefficient was 88%, and it was determined to be statistically significant at the 1% level with the whole model. It has been determined that the time required for the change in cotton prices to cause a significant and perceptible effect on cotton production is 2,86 years according to the average number of lags. Based on the results of the Koyck model, the 1 year lag-derived Koyck model parameters were calculated. Accordingly, a one-unit increase in cotton prices in the current year increases production by 2,524 tons, while a one-unit change in prices in the previous period increases cotton production by 1,870 tons.

It is also useful to compare the results in Azerbaijan with other countries. For example, according to the results of the koyck model created with the data of 1985-1997 in Türkiye an increase of 1 unit per kg in the cotton price in the t period increases the cotton production in the t period by 12,6 tons (Yurdakul, 1998). In another study, according to the results of the koyck model created with the data of 1991-2018 in Türkiye, it was determined that a 1% change in the real cotton price affected the cotton production amount by 0.31% in the same year. In the study, the average time required for the reflection of the change in the real price of cotton to the amount of cotton production was calculated as 4,99 years (Ağazade, 2021).

According to the data of the International Cotton Advisory Committee (ICAC), Azerbaijan ranks 30th in the world in terms of cotton (lint) production. According to ICAC data, 68,000 tons of cotton (lint) were produced in Azerbaijan in 2021, 30,000 tons of this was reserved for domestic use and 38,000 tons were exported (ICAC, 2023). However, there are problems encountered in cotton production and need to be resolved in Azerbaijan. Cotton production can be improved if sufficient training is provided to cotton farmers on production technologies, varieties, irrigation and plant protection by extension organizations in Azerbaijan. Currently, up-to-date information on modern cotton production is lacking and needs improvement. Farmers especially need appropriate financing and training. The emergence of companies that produce cotton under contract with farmers helped to resolve some of the problems. They help local farmers overcome transition challenges by providing finance and technology. But even these large cotton companies are currently struggling to reach skilled agronomists (Zeynalova & Engindeniz, 2003a).

In 2021, cotton was produced in 6.1% of the total cultivated area (1.6 million ha) and in 82.5% of the industrial crops area (121,992 ha) in Azerbaijan. However, in the research conducted for the same year, the net income of the farmers was 228 AZN/ha for cotton, 869 AZN/ha for tobacco and 1,389 AZN/ha for sugar beet (Zeynalova et al., 2023). It has also been revealed in previous studies that cotton farmers in Azerbaijan have difficulties in paying their production costs and can earn less income than other crops (Prikhodko et al., 2019; Tagiyeva, 2020). These results show that cotton farmers should be supported by price and non-price methods in order to sustain production.

As a matter of fact, some measures were taken for cotton production upon the instruction of President İlham Aliyev. According to the measures, cotton production and processing companies decided to increase their cotton purchase prices just before the harvest. According to the agreement reached between the companies, the current cotton purchase prices have been increased by 50 AZN/ton for the 2022 harvest. Cotton production is also supported by the government. As of 2022, subsidies of 170 AZN have been paid to farmers for each ton of cotton delivered to supply points (Azerbaijan Republic Ministry of Agriculture, 2023).

As a result, in order to sustain and increase cotton production in Azerbaijan and to create international competition opportunities, it is necessary to closely follow the developments in the production of this crop, to reveal the problems encountered and to develop alternative strategies and policies.

REFERENCES

- Ağazade, S., 2021. Analysis of the relationship between cotton production and prices by using Koyck Approach in Turkey. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 18 (3): 386-399. <http://doi.org/10.33462/jotaf.681808>
- Ahmad, D. & M. Afzal, 2018. Estimating the economic perspective of cotton crop in southern Punjab of Pakistan. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 5 (6) 50-55. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.06.007>
- Akgül, S. & Ş. Yıldız, 2016. "Analysis of wheat production and price relationship in Yozgat with Koyck model, 178-188". *Proceeding of International Bozok Symposium (5-7 May 2016, Yozgat-Türkiye)*, Publications of Bozok University, 599 pp.
- Al-Shamary, H.F.H. & T.Z. Mikhlef, 2017. An econometrical analysis of supply response for lentils crops in Iraq by using the dynamic nerlove and production the lentils crops by using Koyck model for the Perio (1993-2013). *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 17 (2): 317-324.
- Alt, F., 1942. Distributed lags. *Econometrica*, 10: 113-128.
- Avcıoğlu, Ü. & A. Aksoy, 2021. Analysis of correlation of pistachio production and income with the Koyck models in Turkey, *Alinteri Journal of Agricultural Science*, 36 (1): 71-76. <http://doi.org/10.47059/alinteri/V36I1/AJAS21012>
- Berk, A., 2017. The Analysis of relationship between sunflower production and its price by using Koyck model in Turkey. *Custos e Agronegócio Online*, 13 (4): 42-53.

- Bodjongo, M.J.M., 2022. Climate change, cotton prices and production in Cameroon. *The European Journal of Development Research*, 34: 22-50. <https://doi.org/10.1057/s41287-020-00345-1>
- Çelik, Ş., 2014. The analysis of production-price relation in hazelnuts shelled production using Koyck model of Turkey. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1 (4): 524-530.
- Çetinkaya, O., 2003. Determining the number of variables. *Journal of Faculty of Economics of Istanbul University*, 53 (1): 43-54.
- Çetinkaya, Ş., 2012. Econometric analysis of last ten years wheat production quantity-price relation of Turkey: Koyck - Almon technique. *Journal of the Human and Social Science Researches*, 1 (4): 52-66.
- Davidson, R. & J.G. Mackinnon, 2021. *Estimation and Inference in Econometrics*, Oxford University Press (ISBN 0-19-506011-3), New York, USA, 903 pp.
- De Silva, M.S.K., U.K. Jayasinghe-Mudalige, J.C. Edirisinghe, H.M.L.K. Herath & J.M.M. Udugama, 2014. Assessing the production and price relationship of black tea in Sri Lanka: an application of Koyck's geometric-lag model. *Sri Lanka Journal of Economic Research*, 2 (2): 43-53.
- Dikmen, N., 2006. The relationship between Koyck-Almon approach and tobacco production and price. *Journal of Social Sciences Institute of Çukurova University*, 15 (2): 153-168.
- Doğan, H.G., A.Z. Gürler, B. Ayyıldız & E. Şimşek, 2014. An analytical evaluation of production-price relation in potato production using Koyck approach (the case of TR 71 region). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 2 (1): 42-46.
- Erçakar, M.E. & M. Taşçı, 2011. Relationship between productivity and prices of agricultural products: an empirical application on Turkey. *Electronic Journal of Social Sciences*, 10 (36): 171-186.
- Erdal, G. & H. Erdal, 2008. The Interaction between production and prices for dry onion. *Journal of Faculty of Agriculture of Gaziosmanpaşa University*, 25 (1): 33-39.
- Erdal, G., 2006. The Analysis of the relation between production and price in agricultural products with Koyck model (tomato case). *Journal of Faculty of Agriculture of Gaziosmanpaşa University*, 23 (2): 17-24.
- Faied, E.K. & A.A.M. Elshater, 2022. Socio-economics study of tomato production in Egypt: a case study. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 11 (1): 312-323. <http://doi.org/10.36632/mejar/2022.11.1.20>.
- FAOSTAT, 2023. *Crop Production and Price Statistics*. (Web page: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>) (Date accessed: July 2023).
- Geetha, R.S. & V. Mahesh, 2019. Minimum support prices (MSP) and its influence on cotton farming in India. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics and Sociology*, 30 (4): 1-8. <http://doi.org/10.9734/AJAEES/2019/v30i430118>.
- Gujarati, D.N., 2001. *Basic Econometry*. (Translate for Turkish: Ü. Şenesen & G. Şenesen), Literature Publications No.33, Istanbul, Türkiye, 849 pp.
- Hasan, M.K. & K.M. Khaleqzaman, 2015. Relationship between production and price of garlic in Bangladesh: an analysis by using distributed lag model. *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture*, 38: 31-38.
- Hasan, M.K., M.M. Haque & M.G. Rabbani, 2017. Production and price relationship of ginger in Bangladesh: a distributed lag model. *The Agriculturists*, 15 (1): 1-9. <https://doi.org/10.3329/agric.v15i1.33423>.
- Hudson, D., D. Ethridge & J. Brown, 1996. Producer prices in cotton markets: evaluation of reported price information accuracy. *Agribusiness*, 12 (4): 353-362.
- International Cotton Advisory Committee (ICAC), 2023. *Cotton Production, Export and Import Statistics*, (Web page: <https://www.icac.org/>) (Date accessed: July 2023).
- Işyar, Y., 1999. *Econometric Models*. Uludağ University Empowerment Foundation Publications, No.141, Bursa, Türkiye, 695 pp.
- Koyck, L.M., 1954, *Distributed Lags and Investment Analysis*. North Holland Publishing Company, Amsterdam, 21-50.
- MacDonald, S. & L. Meyer, 2018. Long run trends and fluctuations in cotton prices, Munich Personal RePEc Archive, Paper No. 84484, (Web page: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/84484/>) (Date accessed: July 2023).
- Mbise, M., 2016. Influence of expected farm-gate price on maize production in Ludewa District of Njombe Region, Tanzania: estimation of Koyck lag model. *International Journal of Advanced Research*, 4 (12): 292-299. <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/2393>.

- Prikhodko, D., B. Sterk, Y. Ishihara, F. Mancini, H. Muminjanov & H. Weissen, 2019. Azerbaijan: Cotton Sector Review. FAO Investment Centre Country Highlights. Rome, FAO, 37 pp.
- Shahraki, A.S., N.A. Ahmadi & M. Safdari, 2019. Economic analysis of price shocks of production inputs and their impact on cotton price in Iran: the application of panel data vector auto-regression (PVAR) model. *Environmental Energy and Economic Research*, 3 (1): 23-36. <https://doi.org/10.22097/eeer.2019.159908.1052>.
- Tagiyeva, L., 2020. "The role of cotton in the development of regions, 652-657". Proceeding of 55th International Scientific Conference on Economic and Social Development (18-19 June 2020, Baku-Azerbaijan), Varazdin Development and Entrepreneurship Agency, 873 pp.
- The Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, 2023. Agricultural supports. (Web page: <https://www.agro.gov.az/en>) (Date accessed: July 2023).
- The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, 2023. Crop production and trade statistics. (Web page: <https://www.stat.gov.az/search/?q=cotton>) (Date accessed: July 2023).
- Toossi, M., 2013. The price linkages between domestic and world cotton market. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 13 (3): 352-356. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajeaes.2013.13.03.1936>.
- Turğüt, U., D. Güler & S. Engindeniz, 2023. The analysis of the relation between production and price in sunflower by Koyck model. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 29 (1): 57-64. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.1271544>.
- Uzundumlu, A.S., A. Zeynalova & S. Engindeniz, 2023. Cotton production forecasts of Azerbaijan in the 2023-2027 periods. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60 (2): 235-245. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1296642>.
- Wang, W., C. Zhang, J. Song & D. Xu, 2021. The Impact of target price policy on cotton cultivation: analysis of county-level panel data from China. *Agriculture*, 11: 1-18. <https://doi.org/10.3390/agriculture111100988>.
- Yurdakul, F., 1998. The econometrics analysis of relationships between cotton production and prices: Koyck-Almon approach. *Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences of Cukurova University*, 8: 1-4.
- Zeynalova, A. & S. Engindeniz, 2023a. "An evaluation on the sustainability of cotton growing in Azerbaijan, 188-200". Proceeding of Avrasya 7th International Conference on Applied Sciences (10-12 March 2023, Budapest-Hungary), Academy Global Publishing House, 449 pp.
- Zeynalova, A. & S. Engindeniz, 2023b. "Recent developments in Azerbaijan's cotton export to Turkey, 387-397". Africa 2nd International Conference on New Horizons in Sciences (28-30 June 2023, Cairo-Egypt), Academy Global Publishing House, 489 pp.
- Zeynalova, A., G. Abbasova & S. Engindeniz, 2023. "Comparative analysis of cotton, tobacco and sugar beet production in Azerbaijan, 1-11". Proceeding of Karadeniz 13th International Conference on Applied Sciences (21-24 July 2023, St. Petersburg-Russia), Academy Global Publishing House, 278 pp.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):571-579
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1336843>

Özlem KARAGÜL¹

Sedef Nehir EL^{2*}

¹ Ege University Engineering Faculty, Food Engineering Department 35100 Bornova, İzmir, Türkiye

² Ege University Engineering Faculty, Food Engineering Department 35100 Bornova, İzmir, Türkiye

* Corresponding author:

sedef.el@ege.edu.tr

Keywords: Angiotensin-converting enzyme inhibition, bile-acid binding capacity, functional food, *in vitro* digestion, prebiotic, probiotic

Anahtar sözcükler: Anjiyotensin dönüştürücü enzim (ADE) inhibisyonu, safra bağlama kapasitesi, fonksiyonel gıda, *in vitro* sindirim, prebiyotik, probiyotik,

Cereal-based fermented synbiotic instant powders: a dessert practice

Tahıl bazlı fermente sinbiyotik hazır tozlar: tatlı denemesi

* This article is summarized from the first author's thesis.

Received (Alınış): 02.08.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.12.2023

ABSTRACT

Objective: This study was aimed to develop synbiotic and probiotic instant powder mixtures that can be used in food products to meet the increasing interest of consumers in functional foods.

Materials and Methods Cereal flours (oat, rice, wheat), sesame, cranberry, chestnut and milled germinated grains (lentil, mung bean) were blended and autoclaved then subjected to fermentation process using the *Lactobacillus plantarum* strain. A part of the porridge was conventionally dried (FPP) and skim milk powder+fructooligosaccharide+inulin mixture as prebiotic sources were added to the other part and subjected to freeze drying (FSP). The viability of probiotics in the gastrointestinal environment and the Angiotensin-converting enzyme inhibition and bile-acid binding capacities of the powders after *in vitro* digestion were analyzed. The sensory acceptability of the desserts was evaluated.

Results: FSP contained a higher number of viable cells than FPP after *in vitro* digestion. Relative bile-acid binding and angiotensin-converting enzyme inhibition capacities of samples were confirmed as their cholesterol-lowering and blood pressure-regulating potential. The panelists rated the dessert samples enriched with 5-15% FPP and FSP as 'liked'.

Conclusion: The integration of these powders into a variety of food products will provide consumers with healthier dietary choices that support their overall health goals.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, tüketicilerin fonksiyonel gıdalara artan ilgisini karşılamak için gıda ürünlerinde kullanılacak sinbiyotik ve probiyotik hazır toz karışımların geliştirilmesidir.

Materyal ve Yöntem: Tahıl unları (yulaf, pirinç, buğday), susam, kızılcık, kestane ve öğütülmüş çimlendirilmiş taneler (mercimek, maş fasulyesi) karıştırılarak otoklavlanmış ve *Lactobacillus plantarum* suşu kullanılarak fermantasyon işlemine tabi tutulmuştur. Lapanın bir kısmı konvansiyonel olarak kurutulmuş (FPP), diğer kısmına prebiyotik kaynak olarak yağsız süt tozu+fruktooligosakkarit+inülin karışımı ilave edilip, dondurarak kurutmaya (FST) tabi tutulmuştur. Probiyotiklerin gastrointestinal ortamdaki canlılığı ve *in vitro* sindirim sonrası anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibisyonu ve safra bağlama kapasiteleri analiz edilmiş, hazırlanan tatlıların duyuşsal kabul edilebilirliği değerlendirilmiştir.

Araştırma Bulguları: FST, *in vitro* sindirimden sonra FPP'den daha yüksek sayıda canlı hücre içermiştir. Örneklerin relatif safra asidi bağlama ve anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibisyon kapasiteleri, kolesterol düşürücü ve kan basıncını düzenleyici potansiyel etkileri doğrulanmıştır. Panelistler %5-15 FPP ve FST ile zenginleştirilmiş tatlı örneklerini 'beğenildi' olarak değerlendirmişlerdir.

Sonuç: Bu tozların çeşitli gıda ürünlerine entegrasyonu, tüketicilere genel sağlık hedeflerini destekleyen daha sağlıklı beslenme seçenekleri sağlayacaktır.

INTRODUCTION

Recent studies have highlighted the significance of consuming cereals, vegetables, and fruits in reducing the risk of chronic and degenerative diseases. Plant foods are rich in bioactive compounds, including phenolics, fibers, and phytosterols, which have a pivotal role in maintaining oxidative balance, which is a key factor in cancer development and chronic diseases (Samtiya et al., 2021). To enhance the nutritional properties of foods, ancient and cost-effective methods such as germination and fermentation have been employed. *De novo* synthesis and microbial activity, during these processes not only increase the content and quality of proteins, amino acids, lipids, and vitamins but also lead to the development of bioactive compounds with health benefits in humans (Nkhata et al., 2018). Furthermore, dietary fibers' functional properties, such as bile acid sorption and bioactive peptide formation during germination, fermentation, and gastrointestinal digestion, are vital in mitigating the risk of diet-related diseases (Prasadi & Joye, 2020).

As cereal-based foods keep on being a major source of optimum nutrition in developed and developing countries, the food industry should focus on improving their nutritive value by innovatively formulating composite blends of cereals, grains, and dried foods. Additionally, optimizing daily nutrition can be achieved, by enhancing prebiotic and probiotic properties in a wide range of products (El & Simsek, 2012; Blandino et al., 2003).

In this study, we aimed to produce probiotic and synbiotic instant powders to achieve optimal survivability. In this respect, cereal flours (oat, rice, wheat) and chopped sesame, cranberry, chestnut and milled germinated grains (lentil, mung bean) were selected to prepare functional cereal-based fermented probiotic and synbiotic instant powders. The fermentation process was carried out using a strain of *L. plantarum* and skim milk powder, fructooligosaccharides and inulin were used as prebiotics. Instant properties of powders were evaluated, and *in vitro* digestion was applied to powders. The ACE inhibition (Angiotensin-converting enzyme) and bile-acid binding capacities of the samples were assayed. Subsequently, these powders were integrated into a commercial ready-to-eat mousse powder at varying ratios for dessert preparation, and sensory evaluation was conducted by a panel.

MATERIALS and METHODS

Ingredients and chemicals

Green lentil (*Lens culinaris*), mung bean (*Vigna radiata*), rice (*Oryza sativa* L.), whole wheat (*Triticum durum*), oat (*Avena sativa* L.), chestnut (*Castanea sativa*), sesame (*Sesamum indicum* L.), dried cranberry (*Vaccinium oxycoccos*), ready-to-eat instant mousse dessert and skim milk powder (SMP) were purchased from the hypermarket in Izmir. Inulin (Beneo Orafiti) and fructooligosaccharides (FOS) were obtained from Artisan Food Inc. *Lactobacillus plantarum* (*Lp*) (Visby-vac Serie 1000, prod-Nr: 40022951) was kindly provided by Ege University, Department of Food Engineering and Biotechnology Section. α -amylase (A1031), pepsin (P7000), bile acids (B 8631), pancreatin (P1750), ACE (angiotensin-converting enzyme, EC 3.4.15.1) (A6778), pefabloc SC (76307), FAPGG/N- (3-[2-furylacryloyl]-phe-gly-gly) (F7131) were purchased from Sigma-Aldrich. MRS agar (1106600) and MRS broth (1106610) were provided from Merck Darmstadt Germany. Bile Acid Diagnostic Kits were provided by Trinity Biotech plc, Bray Co. (Wicklow, Ireland). The Vivaspin 20 model ultrafiltration membrane (MWCO 3000) ultrafiltration membrane was obtained from Sartorius Stedim Biotech GmbH. The study was conducted at Ege University, Food Engineering Department Nutrition Laboratory between 2016 and 2019.

Germination

Green lentils (*Lens culinaris* M.) and mung bean (*Vigna radiata* var.) were rinsed with water containing 0.5% hypochlorite. The seeds were then soaked at room temperature for 6 h at 1:5 v/w, germination was performed in an incubator at 30°C for 3 days. Seeds with sprouts were freeze-dried and milled into flour, then kept at -20°C.

Fermented probiotic powder (FPP) and Fermented synbiotic powder (FSP)

The production of cereal-based fermented probiotic powder (FPP) and synbiotic powder (FSP) is shown in Figure 1. Rice, whole wheat, oat, and chestnut flours in equal amounts (8 g) and germinated mung bean (3 g) and lentil (3 g) flours, chopped cranberry (3 g) and sesame (3 g) were mixed and then water (1:10 g/mL) was added into the mixture. The mixture was placed into the glass jars and autoclaved at 121°C for 15 minutes. After being cooled to room temperature, *Lactobacillus plantarum* (*Lp*) was inoculated (10^6 cfu microorganisms/100 g of product). The fermentation period ended after 32 h, at 37°C. The mixture was divided into two parts; one of the parts was mixed with 10 g inulin+FOS+SMP mixture (1:1:2, w/w/w) to 100 g fermented sample. Then the sample was homogenized at 6000 rpm, 6 min and subjected to a freeze-drying process (FSP). The other part (no added prebiotics) was dried at 60°C, 42 h in a conventional oven (FPP). All samples were ground to a particle diameter of 0.3 mm and stored at -20°C until analysis.

Analysis

Instant properties

The instant properties of the powders were studied by dispersibility, wettability, and solubility capacities as described by Shittu & Lawal (2007).

Viability in simulated gastric and intestinal fluids

The viability of *Lp* under simulated gastric and intestinal conditions was measured according to the method of Paez et al. (2012) with minor modifications. One-gram powder of FPP and FSP were mixed with the five volumes of simulated saliva and gastric fluids prepared according to the suggestion by Minekus et al. (2014). After incubation at 37°C for 90 minutes in a water bath, the samples were centrifuged (6000×g, 15 min, 5°C) and resuspended in simulated intestinal juice. *In vitro* intestinal conditions were applied (Minekus et al., 2014) and the samples were taken after 90, 270 and 450 minutes of incubation for *Lp* cell counts cell counts (MRS, 37°C, aerobic incubation, 48 h, 450 min.) as extended duodenal conditions.

***In vitro* digestion**

In vitro static digestion according to the procedure described by Minekus et al. (2014) was used. Also, as participants of INFOGEST, we applied minor modifications to this method. Digestive enzyme activities were assayed and simulated digestive fluids and bile acid solution were prepared according to El et al. (2015). The procedure was applied in oral, gastric, and duodenal phases. After digestion, digesta was ultrafiltered with 10kDa cut-off membrane and then freeze-dried and stored at -18°C.

***In vitro* bile binding capacity**

The bile-acid binding capacities were analyzed according to the method of Kahlon & Smith (2007). A milliliter of 0,01 N HCl was added 100 mg sample in falcon tubes and incubated at 37°C for 1 h in a shaker water bath. The pH was then adjusted to 6.3 with 0.1 mL of 0.1 N NaOH. The working solution of the bile acid mixture (4 mL, 720 µM), 4 mL 0,1 M phosphate buffer (pH 6,3) and 5 mL of pancreatin solution (10 mg pancreatin/mL phosphate buffer) was added and vortexed. After this step, the tubes were incubated for 1 h in a 37°C shaker water bath and at the end of incubation. The mixtures were centrifuged at 10,000×g for 10 minutes. Bile acids in the supernatant were analyzed at 530 nm using the Microplate reader (Thermo Scientific Varioscan Flash, Finland) according to the Trinity Biotech bile acids procedure (Trinity Biotech Distribution, St. Louis, MO). Cellulose and cholestyramine were used as negative and positive controls, respectively. The results were calculated as the percentage of inhibition equivalent to cholestyramine.

ACE inhibition capacity

Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of the samples after *in vitro* digestion were performed by Lahogue et al. (2010). The digested sample was mixed with 100 μL 2,5 μM FAPGG, in buffer solution in the Eppendorf tube. Five different concentrations were taken, and the reaction was started by adding 25 μL of ACE enzyme solution (100 mU/mL). Control and contain inhibitor samples were injected into HPLC. The peak area of the FAP reaction product of FAPGG was used to evaluate the degree of ACE inhibition (%).

Dessert practice and Sensory evaluation

A ready-to-eat instant mousse powder, which does not require any heating process, was used for dessert practice. Mousse powder was placed in a container and FPP and FSP were added at different amounts (5, 10, 15 and 20). Then, cold milk was added according to the instructions on the product label and the mixture was whipped with a mixer for 5 minutes. Sixteen panelists were invited to evaluate and rank all FPP and FSP enriched samples according to taste and appearance preferences. A five-point scoring system was applied with scores ranging from 1 (dislike) to 5 (like) (Granato et al., 2012). Samples that received at least 70% "very like" were considered successful.

Statistical analyses

The data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) and the significance of the difference between means was determined by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$) using the SPSS, version.

RESULTS and DISCUSSION

Viability of probiotics

The cell counts of FPP (containing no prebiotics) and FSP (containing prebiotics) were presented in Table 1. The initial cell count in FSP was higher than in FPP ($p < 0.05$). During *in vitro* gastric digestion, both samples had reduced cell viability ($p < 0.05$), with FPP showing the most significant decline after 90 minutes. No change in viability was observed for FPP during small intestinal digestion (270 min) ($p > 0.05$), but there was a notable increase in viability under extended intestinal conditions (450 min) ($p < 0.05$). FSP exhibited a difference in viability between extended incubation (450 min) and intestinal digestion (270 min) ($p < 0.05$). Approximately 81% *Lp* cells survived under extended intestinal digestion (450 min) in FSP.

Our results suggest that extended intestinal conditions enhanced the survival of *Lp* in both FPP and FSP. The differences in the number of live bacteria numbers between the beginning and the digestive stages of the FPP and FPS could be attributed to the conventional drying method (60°C, 42 h) used for FPP production and the freeze-drying method used for FSP production. Moreover, the addition of prebiotics in FSP production may play a vital role in protecting and promoting the growth of *Lp* as compared to FPP. The inclusion of prebiotics significantly enhanced *Lp* survival under acidic (pH 2.0-3.0) gastric conditions and bile conditions during intestinal digestion, as compared to their levels before digestion ($p < 0.05$). Probiotic enrichment offers various health benefits by modifying the microbial balance in the gastrointestinal tract (You et al. 2022). This can result in positive effects on commensal bacteria or the disruption of the binding of pathogens in the gastro-intestinal tract. Probiotics can also produce nutrients, microbial products, cofactors, and metabolites including polysaccharides which compete with pathogens for binding sites (Nazir et al., 2018).

Maintaining probiotics viability during gastro-intestinal transit and food processing is crucial to provide their health benefits. Typically, 1.0×10^8 cfu g^{-1} of intestinal contents are required for probiotics to reach their intended site of action. It must contain viable cells from probiotic cultures of at least 10^6 – 10^7

CFU/g or in the portion to be consumed and for beneficial action to occur in the intestine, they must be able to survive processing and storage conditions, be ingested in adequate quantities, reaching the viable number of microorganisms. The viability of microorganisms is notably affected by gastric conditions, primarily due to high acidity (pH 2.0-3.0). Additionally, high bile salt concentrations in the intestine can lead to significant losses in viability (Cook et al., 2012; Zubaidah & Akhadiana, 2013; Kent & Doherty, 2014; Wendel 2021). Jagannath et al. (2010) comparatively examined the cryoprotective properties of skimmed milk, calcium alginate encapsulation, or 0.85% physiological saline and distilled water during the freeze-drying process. It has been reported that skimmed milk exhibits cryoprotective properties during freeze-drying and the colloidal structure contributes to the protection of microorganisms by increasing the glass transition temperature.

Table 1. Cell counts of *L.plantarum* in samples before and after *in vitro* digestion

Çizelge 1. Örneklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası *L.plantarum* sayıları

	Cell counts (log CFU/g)			
	Before digestion	After digestion		
		Gastric	Intestinal	
		90 min	270 min	450 min
FPP	7.70±0.42 ^{a,A}	4.31±0.22 ^{b,A}	4.35±0.26 ^{b,A}	5.29±0.25 ^{c,A}
FSP	8.56±0.33 ^{a,B}	5.67±0.43 ^{b,B}	6.14±0.28 ^{bc,B}	6.92±0.33 ^{c,B}

Data are presented as mean values ±standard deviation.

FPP, without prebiotics and conventionally dried sample; FSP with prebiotic and freeze-dried sample

^{a-c} Cell counts in rows with different superscripted letters are significantly different ($p < 0.05$)

^{A-B} Cell counts in columns with different superscripted letters are significantly different ($p < 0.05$)

Instant properties

The reconstitution properties of food powders, including wettability, dispersibility, and solubility play a crucial role in their overall performance (Fang et al., 2008). In our study, we assessed these properties for both FPP and FSP samples, and the results are presented in Table 2. It is noteworthy that instant sugar-cocoa mixtures generally exhibit improved wettability with particle sizes larger than 0.4 mm (Shittu and Lawal, 2007). Our average particle size of the samples was 0.3 mm, which may have influenced the observed differences in wetting time between FPP and FSP ($p < 0.05$).

Various factors can affect wetting time, such as particle size, porosity, surface charge, density surface area, presence of amphipathic substances, and surface activity of particles (Kim et al., 2002).

The presence of SMP, FOS, and inulin in FSP could be responsible for the longer wetting time compared to FPP. Additionally, the chemical composition of the milk powder, particularly the crystallization of lactose, can influence wettability. Moreover, the fat content of particles, due to its hydrophobic properties, can reduce wettability. A wide angle of contact between the powder surface and penetrating water can also lead to deteriorated wettability (Kim et al., 2002; Shittu & Lawal 2007; Fang et al., 2008). Previous studies on similar food powders have reported wettability and dispersibility values. For instance, Audic et al. (2003) studied the ready-to-reconstitute form of a cereal-based traditional Indian dessert, kheer mix powder, and found its wettability and dispersibility to be 2.0 minutes and 75.38%, respectively. Kim et al. (2002) studied the distribution of components of the outer layer of industrial spray-dried dairy powders, highlighting the presence of free fat globules protected by protein during the freeze-drying process. They concluded that the outer surface of powders was largely covered by free fat globules protected by protein during the freeze-drying process. In our study, both FPP and FSP demonstrated high dispersibility, with values of 93.48 and 92.33%, respectively. These values were

similar to those reported for cocoa mixtures by Shittu & Lawal (2007). Unlike fruit drink powders that require complete dissolution, our goal was to provide functional benefits in instant desserts, making dispersibility more important than solubility for our products. The dispersibility of our samples is crucial since they are intended as a functional instant ingredient in instant desserts.

Table 2. Instant properties of samples

Çizelge 2. Örneklerin instant özellikleri

	Time (s)		%
	Wettability	Dispersibility	Solubility
FPP	362±15.68 ^a	93.48±0.042 ^a	50.19±1.34 ^a
FSP	2894±14.49 ^b	92.33±0.208 ^a	54.34±2.06 ^b

Data are presented as mean values ±standard deviation.

Interpretation of symbols is as stated in Table 1.

^{a-c} Values in columns with different superscripted letters are significantly different ($p < 0.05$)

Bile-acid binding activity and potential cholesterol-lowering effects

The relative bile-acid binding values of both FPP and FSP were compared to cholestyramine, with values of 80.33% and 72.97%, respectively (Table 3). Although there were no differences between the two ($p > 0.05$), it is essential to note that FPP and FSP are highly concentrated powders designed for use in formulations, as demonstrated in this study. Even under these conditions, it is evident that both FPP and FSP can be considered functional ingredients with the potential to lower cholesterol levels and support health claims. Kahlon et al. (2007) evaluated the cholesterol-lowering effect of foods and food fractions by determining their bile-acid binding potential. They found that the relative binding of cholestyramine, *in vitro* bile acid in dry matter, ranged from 1-18% in commonly consumed vegetables. *In vitro* bile-acid binding capacities of lentil snack raw formulations and extruded formulations were determined to range from 0.6-69%, with lentils exhibiting a binding capacity of 100% (Kahlon et al., 2014). Furthermore, Dziedzic et al. (2012) performed the influence of buckwheat goat diet fractions on bile-acid binding ability, with the highest bound bile acids on hull and bran due to their high total dietary fiber content. While cholesterol reduction through bile-acid binding is beneficial to human health, Simsek et al. (2014) highlighted in their study that sufficient bile salt concentration in the digestive system is essential for efficient absorption of lipophilic compounds. Bile acids are crucial for fat digestion and absorption, synthesized from cholesterol in the liver through the enterohepatic pathway. After absorption, bile acids are reabsorbed by the terminal ileum. Binding bile acids with food fractions, leads to their fecal excretion and stimulates the conversion of liver cholesterol into bile acid (Kahlon et al., 2014; Naumann et al. 2020). Considering Regulation (EC) No. 1924/2006 of the European Parliament and of the Council on nutrition and health claims made on foods, certain food components can be approved for a label health claim for lowering cholesterol. In this regard, our products exhibit the potential to lower cholesterol in a dose-dependent manner and may support health claims related to cholesterol management.

ACE inhibition activity and potential hypertension management

The inhibitory activities of angiotensin converting enzymes (ACE) based on the IC_{50} values of the samples after *in vitro* digestion are given in Table 3. The Angiotensin I Converting Enzyme (ACE, EC 3.4.15.1) catalyzes the conversion of angiotensin I to II, which shows a crucial responsibility in regulating blood pressure by inactivating bradykinin, a potent vasodilator. Current medical ACE inhibitors in the form of pills are used to treat hypertension, however, they may have some side effects. As a result, researchers are exploring natural inhibitory peptides and phenolics in food as potential ingredients to help control hypertension (Simsek et al., 2014; Manzanares et al., 2019). These bioactive peptides are

released from the inactive parent proteins through processes such as germination, fermentation, or gastro-intestinal digestion. In our study, the IC₅₀ values of FPP and FSP were found to be 8.52 and 8.29 µg protein/mL, respectively ($p > 0.05$). Kancabas & Karakaya (2013) reported the ACE inhibitory activity of boza, a traditional fermented cereal beverage, with IC₅₀ values of 7.2 µg protein/mL. Another study by Torino et al. (2013) demonstrated that green lentil flour fermented by *L. plantarum* had a lower IC₅₀ value (200 µg protein/mL) compared to the unfermented sample (440 µg protein/mL).

Lahogue et al. (2010) reported that the synthetic ACE inhibitor Captopril and the fish hydrolysate had IC₅₀ values of 0.19 ng and 43 µg protein/mL, respectively. It is insignificant that ACE inhibitory activity can increase in fermented vegetable juice due to the release of bioactive peptides during fermentation and *in vitro* digestion, as explained by Simsek et al. (2014). These different IC₅₀ values observed among samples are indicative of the minimum amount of sample required to inhibit 50% of enzyme activity.

As we continue to explore natural alternatives for managing health conditions, these findings open new avenues for incorporating fermented synbiotic instant powders into various food products to harness their health-promoting potential holistically and effectively.

Table 3. *In vitro* bile-acid binding and Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory capacities based on IC₅₀ by samples.

Çizelge 3. Örneklerin *in vitro* safra aside bağlama ve anjiyotensin dönüştürücü enzim (ADE) inhibisyon kapasiteleri (IC₅₀)

	Bile binding capacity		ACE inhibition	
	µmol/100 mg sample	Relative to cholestyramine (%)	mg protein/g sample (µg /mL)	IC ₅₀ values*
FPP	7.40±0.07 ^b	80.33±0.80	0.58±0.32 ^a (8.52±0.29)	14.72±0.49 ^a
FSP	6.73±0.09 ^b	72.97±0.82	0.60±0.31 ^a (8.29±0.20)	13.88±0.33 ^b
Cholestyramine	9.23±0.02 ^a	100±0.21	-	-
Cellulose	0.07±0.03	0.76±0.20	-	-

Data are presented as mean values ±standard deviation.

Interpretation of symbols is as stated in Table 2.

^{a-c} Values in columns with different superscripted letters are significantly different ($p < 0.05$)

*The concentration of the sample required to produce a 50% inhibition of the initial rate of reaction (IC₅₀).

Sensory evaluation

The sensory evaluation of the samples enriched with FPP and FSP revealed a remarkable overall consumer acceptance. However, it was observed that the preference for dessert samples enriched with 20% of FPP and FSP was comparatively lower. Despite this, no significant differences were recorded between FPP and FSP samples across all enrichment ratios ($p > 0.05$). With our results, we can conclude that panelists favor both desserts enriched with 5-15% FPP and FSP due to their outstanding taste, appealing appearance, and delightful texture properties. This optimal enrichment range demonstrates the potential for creating functional foods that combine health benefits with sensory satisfaction. The positive outcome of the sensory evaluation highlights the suitability of FPP and FSP as valuable ingredients in the development of functional food products. These enriched powders offer an opportunity for the food industry to create innovative and health-promoting desserts that align with consumer preferences.

CONCLUSION

In summary, our study indicates that dessert formulations enriched with 5-15% FPP and FSP hold promise for functional food production. As consumers increasingly seek healthier food options without compromising on taste and indulgence, these synbiotic instant powders open possibilities for developing functional desserts that cater to both health-conscious and taste-driven consumers. Our study highlights

the importance of incorporating prebiotics in synbiotic powder production to enhance probiotic viability and maximize health benefits during gastrointestinal transit and food processing. Furthermore, understanding and optimizing the instant properties of cereal-based fermented synbiotic instant powders are essential for enhancing their performance and ensuring their seamless integration into a wide range of food applications. Overall, the bile-binding activity demonstrated by FPP and FSP, along with their potential cholesterol-lowering effects, reinforces their functional properties and further justifies their incorporation as beneficial ingredients in various food formulations aimed at promoting health.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the INFOGEST COST Action FA1005 as participants of the INFOGEST network.

REFERENCES

- Audic, J. L., B. Chaufer & G. Daufin, 2003. Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review. *EDP Sciences Journals*, 83 (10): 417-438. <https://doi.org/10.1051/lait:2003027>
- Blandino, A., M. E. Al-Aseeri, S. S. Pandiella, D. Cantero & C. Webb, 2003. Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Research International*, 36 (6): 527-543. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00009-7)
- Cook, M. T., G. Tzortzis, D. Charalampopoulos & V. V. Khutoryanskiy, 2012. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. *Journal of Controlled Release*, 162 (1): 56-67. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2012.06.003>
- Dziedzic, K., D. Grecka, M. Kucharska & B. Przybylska, 2012. Influence of technological process during buckwheat groats production on dietary fibre content and sorption of bile acids. *Food Research International*, 47 (2): 279-283. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.020>
- El, S. N. & S. Simsek, 2012. Food technological applications for optimal nutrition: An overview of opportunities for the food industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (1): 2-12. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00167.x>
- El, S. N., S. Karakaya, S. Simsek, D. Dupont, E. Menfaatli & A. Eker, 2015. *In vitro* digestibility of goat milk and kefir with a new standardised static digestion method (INFOGEST Cost Action) and bioactivities of the resultant peptides. *Food and Function*, 6:2322-2330. <https://doi.org/10.1039/c5fo00357a>
- Fang, Y., C. Selomulya & X. D. Chen, 2008. On measurement of food powder reconstitution properties. *Drying Technology*, 26 (1): 3-14. <https://doi.org/10.1080/07373930701780928>
- Granato, D., M. L. Masson & J. C. B. Riberio, 2012. Sensory acceptability and physical stability evaluation of a prebiotic soy-based dessert developed with passion fruit juice. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32 (1): 119-125. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000004>
- Jagannath, A., P. S. Raju & A. S. Bawa, 2010. Comparative evaluation of bacterial cellulose (nata) as a cryoprotectant and carrier support during the freeze-drying process of probiotic lactic acid bacteria. *LWT - Food Science and Technology*, 43 (8): 1197-1203. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.03.009>
- Kahlon, T. S. & G. E. Smith, 2007. *In vitro* binding of bile acids by bananas, peaches, pineapple, grapes, pears, apricots and nectarines. *Food Chemistry*, 101 (3): 1046-1051. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.059>
- Kahlon, T. S., J. Berrios, M. C. Chiu & J. L. Pan, 2014. Relative bile acid binding potential of extruded lentil snacks. *Food and Nutrition Sciences*, 5 (4): 361-365. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.54043>
- Kahlon, T. S., M. C. M. Chiu & M. H. Chapman, 2007. Steam cooking significantly improves *in vitro* bile acid binding of beets, eggplant, asparagus, carrots, green beans, and cauliflower. *Nutrition Research*, 27 (12): 750-755. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2007.09.011>
- Kancabas, A. & S. Karakaya, 2013. Angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity of boza, a traditional fermented beverage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (3): 641-645. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5883>

- Kent, R. M. & S. B. Doherty, 2014. Probiotic bacteria in infant formula and follow-up formula: Microencapsulation using milk and pea proteins to improve microbiological quality. *Food Research International*, 64: 567-576. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.029>
- Kim, E. H. J., X. D. Chen & D. Pearce, 2002. Surface characterization of four industrial spray-dried powders in relation to chemical composition, structure, and wetting property. *Colloids and Surface B: Biointerfaces*, 26 (3): 197-212. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(01\)00334-4](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(01)00334-4)
- Lahogue, V., K. Rehel, L. Taupin, D. Haras & P. Allaume, 2010. A HPLC-UV method for the determination of angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activity. *Food Chemistry*, 118 (3): 870-875. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.080>
- Manzanares, P., M. Gandía, S. Garrigues & J.F. Marcos, 2019. Improving health-promoting effects of food-derived bioactive peptides through rational design and oral delivery strategies. *Nutrients*, 11 (10): 2545 (1-22). <https://doi.org/10.3390/nu1102545>. PMID: 31652543; PMCID: PMC6836114.
- Minekus, M., M. Alminger, P. Alvito, S. Ballance, T. Bohn, C. Bourlieu, F. Carrière, R. Boutrou, M. Corredig, D. Dupont, C. Dufour, L. Egger, M. Golding, S. Karakaya, B. Kirkhus, S. Le Feunteun, U. Lesmes, A. Macierzanka, A. Mackie, S. Marze, D. J. McClements, O. Ménard, I. Recio, C. N. Santos, R. P. Singh, G. E. Vegarud, M. S. J. Wickham, W. Weitschiesłaa & A. Brodkorb, 2014. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food - an international consensus. *Food & Function*, 5 (6): 1113-1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Naumann, S., D. Haller, P. Eisner & U. Schweiggert-Weisz, 2020. Mechanisms of interactions between bile acids and plant compounds-a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21 (18): 6495. <https://doi.org/10.3390/ijms21186495>
- Nazir, Y., S. A. Hussain, A. Abdul Hamid & Y. Song, 2018. Probiotics and their potential preventive and therapeutic role for cancer, high serum cholesterol, and allergic and HIV diseases. *BioMed Research International*, 2018: 3428437. <https://doi.org/10.1155/2018/3428437>
- Nkhata, S. G., E. Ayua, E. H. Kamau & J. B. Shingiro, 2018. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition*, 6 (8): 2446-2458. <https://doi.org/10.1002/fsn3.846>
- Paéz, R., L. Lavari, G. Vinderola, G. Audero, A. Cuatrin, N. Zaritzky & J. Reinheimer, 2012. Effect of heat treatment and spray drying on lactobacilli viability and resistance to simulated gastrointestinal digestion. *Food Research International*, 48 (2): 748-754. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.018>
- Prasadi, N. P. V. & I. J. Joye, 2020. Dietary fibre from whole grains and their benefits on metabolic health. *Nutrients*, 12 (10): 3045. <https://doi.org/10.3390/nu12103045>
- Samtiya, M., R. E. Aluko, T. Dhewa & J. M. Moreno-Rojas, 2021. Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. *Foods*, 10 (4): 839. <https://doi.org/10.3390/foods10040839>.
- Shittu, T. A. & M. O. Lawal, 2007. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. *Food Chemistry*, 100 (1): 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.013>
- Simsek, S., S. N. El, A. Kancabas Kilinc & S. Karakaya, 2014. Vegetable and fermented vegetable juices containing germinated seeds and sprouts of lentil and cowpea. *Food Chemistry*, 156: 289-295. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.095>
- Torino, M. I., R. I. Limón, C. Martínez-Villaluenga, S. Mäkinen, A. Pihlanto, C. Vidal-Valverde & J. Frias, 2013. Antioxidant and antihypertensive properties of liquid and solid-state fermented lentils. *Food Chemistry*, 136 (2): 1030-1037. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.015>
- Wendel, U., 2021. Assessing viability and stress tolerance of probiotics-A review. *Frontiers in Microbiology*, 12: 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.818468>.
- You, S., M. Yuchen, Y. Bowen, P. Wenhui, W. Qiming, D. Chao & H. Caoxing, 2022. The promotion mechanism of prebiotics for probiotics: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9: 1-22. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.1000517>
- Zubaidah, E. & W. Akhadiana, 2013. Comparative study of inulin extracts from dahlia, yam, and gembili tubers as prebiotic. *Food and Nutrition Sciences*, 4: 8-12. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.411A002>



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):581-593

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1349654>

Ümit ALKAN¹

Celal GÜNGÖR^{2*}

¹ İzmir Katip Celebi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Occupational Safety and Health Program, 35620, Cigli, İzmir, Türkiye

² İzmir Katip Celebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, 35620, Cigli, İzmir, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):

celal.gungor@ikcu.edu.tr

Keywords: Agriculture, occupational safety and health, signs, tractor operators

Anahtar sözcükler: Tarım, iş sağlığı ve güvenliği, işaretler, traktör operatörü

Health and safety sign knowledge levels of tractor operators in agricultural production

Tarımsal üretimde çalışan traktör operatörlerinin sağlık ve güvenlik işaretleri bilgi seviyeleri

Received (Alınış): 25.08.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.12.2023

ABSTRACT

Objective: Health and safety signs are critical in communicating messages about potential hazards, safe practices, emergency procedures, and regulatory guidelines. The objective of this study was to investigate the understanding of safety sign comprehension among tractor operators in Türkiye's agricultural sector. It seeks to determine operators' knowledge of occupational safety and health signs, traffic signs, and tractor safety signs.

Materials and Methods: A total of 118 tractor operators from İzmir's two districts (Menemen and Foça) were surveyed using a questionnaire. The questionnaire included demographic information, occupational safety and health signs (ISO 7010), traffic signs (Turkish Standards for Road Traffic Signage) and tractor safety signs (ISO 11684). Descriptive and inferential statistics were used to analyze the data.

Results: The mean comprehension score was 37.2% for fourteen occupational safety and health signs, 34.9% for seven traffic signs, and 28.0% for ten tractor safety signs. The mean comprehension score for all signs was 33.7%

Conclusion: This study shows that tractor operators poorly understand these signs. Engineering and administrative control measures, including training, should be considered to improve sign comprehension. In addition, the poorly understood signs should be revised to effectively convey the intended messages.

ÖZ

Amaç: Sağlık ve güvenlik işaretleri, potansiyel tehlikeler, güvenli uygulamalar, acil durum prosedürleri ve yasal talimatlar konusunda iletişim kurmada kritik role sahiptirler. Bu çalışmanın amacı, Türkiye tarım sektöründeki traktör operatörlerinin işaretleri anlama seviyelerini araştırmaktır. Araştırma, operatörlerin iş sağlığı ve güvenliği işaretleri, trafik işaretleri ve traktör güvenlik işaretleri hakkındaki bilgi düzeyini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: İzmir'in iki ilçesinden (Menemen ve Foça) toplam 118 traktör operatörü anket ile incelenmiştir. Anket, demografik bilgiler, iş sağlığı ve güvenliği işaretleri (ISO 7010), trafik işaretleri (Karayolu Trafik İşaretleri Standartları) ve traktör güvenlik işaretlerini (ISO 11684) içermektedir. Verilerin analizi için tanımlayıcı ve çıkarımsal istatistikler kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Ortalama doğru cevaplanma oranı on dört iş sağlığı ve güvenliği işareti için %37.2, yedi trafik işareti için %34.9 ve on traktör güvenlik işareti için %28.0 olarak bulunmuştur. Tüm işaretler için ortalama doğru cevaplanma oranı %33.7 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç: Bu çalışma, traktör operatörlerinin sağlık ve güvenlik işaretlerini tanıma seviyesinin düşük olduğunu göstermektedir. İşaretleri tanıma seviyesini artırmak için eğitim verilmesini de içeren yönetsel ve mühendislik kontrol önlemleri dikkate alınmalıdır. Ayrıca, anlaması zor olan işaretlerin amaçlanan mesajları etkili bir şekilde iletilmesi için tasarımlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

INTRODUCTION

The agricultural sector, which provides the fundamental element of life, nutrition, is one of the most important sectors in economic, social, and cultural terms. With the advent of the industrial revolution in agriculture, mechanization has become widespread to facilitate tasks that were previously carried out by hand. In recent years, the increased use of agricultural mechanization in Türkiye has brought about occupational safety and health risks in a sector where labor-intensive activities are predominant. Workers are adversely affected by occupational injuries and illnesses, which could potentially result in either a temporary or permanent reduction in their ability to work (Akkaya, 2007). According to the International Labour Organization (ILO), of the world's 1.3 billion agricultural workers, who make up half of the global labor force, 170,000 workers die each year, with a significant proportion suffering serious injuries or contracting occupational illnesses (ILO, 2023). It is estimated that about half of the fatal accidents in 1.95 million occupational accidents worldwide occur in the agricultural sector (Güven, 2012). According to the Turkish Statistical Institute (TK) for the year 2022, the average number of people employed in agriculture is close to 4.9 million, and the share of agriculture in total employment is 15.8% on average (TK, 2023). Based on the statistics of Work Accidents and Occupational Diseases, 3,059 occupational accidents and 19 fatalities were reported for 2021 (SGK, 2021). In the same year, the total number of days of temporary incapacity including outpatient and inpatient treatment was 32,767.

The literature reports that agricultural machinery used in agricultural activities is one of the main causes of accidents in the sector (z, 2005; Yurtlu et al., 2012; Vigoroso et al., 2019). One of the most important power vehicles used in agricultural production is tractors. Baesso et al. (2014) have reported that tractors pose a significant risk to agricultural workers, both physically and ergonomically. In regions where agricultural activities are widespread in Türkiye, accidents involving fatalities, injuries, or disabilities frequently occur due to tractors and the machinery attached to them (Kayhan et al., 2019). About half of tractor accidents are due to overturning and rollover (z, 2005; Güven, 2012). Reynolds et al. (2000) studied tractor overturn accidents resulting in fatalities and demonstrated the significant accident-preventing effect of Roll-Over Protective Structures (ROPS). A study conducted by z (2005) found that 54% of tractors removed the ROPS for specific reasons, including difficulty in getting under trees. In addition, an analysis of 880 tractor and 1,167 agricultural machinery accidents in Türkiye by Glbaşı (2002) found that 80% of the operators involved in accidents had not read the machine's operation and maintenance manual and that 82% of tractors involved in accidents did not have a ROPS.

The reasons for agricultural workers' lack of awareness of occupational safety and health are similar to those in less developed and developing countries. The low level of education, the high proportion of female and child workers, and the large number of seasonal workers contribute to this problem (Eldeş, 2022). In a study conducted by Caffaro et al. (2017) in Italy, they investigated the familiarity of 248 tractor operators with twelve different ISO 11684 safety pictorials. In this study, operators were asked about the meanings of these signs before and after the training. According to the results, the training provided increased the knowledge level of participants, and it was reported that such training should be repeated regularly. In a study conducted by Kayhan et al. (2019) in Kırıkkale province (Türkiye), it was reported that 84.2% of tractor operators did not participate or receive any training in occupational safety and health.

Various control measures, including engineering and administrative controls, are used to prevent accidents in agriculture (Arphorn et al., 2003; Chan et al., 2009; Chan & Ng, 2010a; Ng et al., 2011; Davoudian Talab et al., 2013; Zamanian et al., 2013; Yazdani et al., 2017). Occupational safety and health signs are among the most important ones. Understanding the scope and meaning of these signs is critical to prevent occupational accidents. In addition, the proper understanding and comprehensibility of

such signs, as well as the accurate communication of the intended message, have become increasingly important over time. Numerous studies (Easterby & Hakiel, 1981; Brelsford et al., 1994; Wogalter et al., 1997; Blake Huer, 2000; Piamonte et al., 2001; Smith-Jackson & Essuman-Johnson, 2002; Arphorn et al., 2003; Lesch, 2003; Shinar et al., 2003; Hancock et al., 2004; Liu et al., 2005; Chan et al., 2009; Lesch et al., 2009, 2011; Chan & Ng, 2010b; Ng et al., 2011; Cavalcanti & Soares, 2012; Liu & Ho, 2012; Yazdani et al., 2017; Bagagiolo et al., 2018, 2019; Alara et al., 2019; Vigoroso et al., 2020; Güngör, 2023) have been conducted in this regard. They provide directional insights. For example, the studies conducted by Arphorn et al. (2003) and Güngör (2023) showed that workers do not fully understand occupational safety and health signs, which means that the intended message is not conveyed correctly.

In 2015, the member states of the United Nations (UN) jointly adopted a collection of seventeen Sustainable Development Goals (UN, 2022). Among these goals, the eighth focuses on promoting sustainable economic progress, improving employment prospects, and ensuring decent work for people around the world. Specifically, this goal is about upholding labor rights and ensuring the promotion of a safe and healthy work environment for all workers by 2030. The current study aims to assess personal comprehension of safety signs among tractor operators in Türkiye. The objective of the study was to determine the level of knowledge of tractor operators engaged in agricultural production regarding occupational safety and health signs, traffic signs, and tractor signs. In addition, this study aims to determine if these signs effectively convey the intended message to the target audience. A more comprehensive understanding of sign design factors has the potential to empower safety experts in devising safer workspaces, aligning with the goals outlined by the UN.

MATERIALS and METHODS

Sample

Participants in the present study were recruited from individuals engaged in agricultural production and holding a tractor driving license. A total of 118 tractor operators were randomly selected from the Menemen and Foça districts within the boundaries of Izmir province. They all voluntarily participated in the study. Before participating, all participants were provided with an informed consent document outlining the study's purpose, procedures, as well as the potential advantages and risks of their involvement. It was a prerequisite for participants to review and endorse the consent document before addressing any inquiries. Importantly, the researchers meticulously adhered to all ethical principles, standards, and directives outlined in the Belmont Report (1978), the Nuremberg Code (1949), and the Declaration of Helsinki (1964) to safeguard the autonomy, privacy, confidentiality, and well-being of the participants. This study received approval from the Social Sciences Ethics Committee of Izmir Katip Celebi University (ethical approval number: SAE 2023/07-05 on 28.03.2023).

Data collection

A questionnaire survey was conducted to assess tractor operators' understanding of safety signs and traffic signs in the agriculture sector. The questionnaire consisted of four sections. The first section gathered information about the subjects' demographics and background knowledge of occupational safety and health. The subsequent section presented multiple-choice questions related to the meanings of safety signs. Fourteen safety signs, as defined by the International Organization for Standardization (TS EN ISO 7010, Graphical Symbols - Safety Colors and Safety Signs - Registered Safety Signs) (ISO 7010, 2019), were included. Each multiple-choice question comprised one correct option and three incorrect yet plausible choices, adapted from Caffaro et al. (2017, 2018)

and Güngör (2023). Participants were required to select the correct answer that they believed to be correct, even if uncertain about the sign's meaning. They were informed that the study focused on their personal interpretation of the signs. The third section contained seven open-ended questions concerning traffic signs, as prescribed by the Turkish Road Traffic Signage Standards (KGM, 2020). Participants were tasked with explaining the meanings of these signs in writing. The final section included ten open-ended questions, each featuring a two-panel safety label outlined in the ISO 11684 standard (Tractors, Machinery for Agriculture and Forestry, Powered Lawn and Garden Equipment - Safety Signs and Hazard Pictorials) (ISO 11684, 2023). The two-panel safety label comprises a hazard description panel and a hazard avoidance panel in a vertical configuration. The hazard description panel contains either a hazard description pictorial enclosed by the safety alert triangle or an exclamation mark enclosed by the safety alert triangle. The hazard avoidance panel contains one hazard avoidance pictorial. All signs used in the survey were randomly selected from those commonly employed within the agriculture sector.

It should be noted that multiple-choice questions were chosen for assessing ISO 7010 workplace safety signs due to their prior use in studies with established validity analyses. This consistency allowed for comparisons across different sectors and cultures. In contrast, open-ended questions were chosen for traffic and ISO 11684 signs to gather more detailed and nuanced information in areas where multiple-choice questions had not been previously utilized, allowing for richer insights and the potential to inform the development of future multiple-choice questions based on the open-ended responses.

Statistical analyses

Descriptive statistics were calculated on subjects' demographics and their self-reported knowledge of occupational safety and health. Pearson's chi-square statistical tests were applied to determine the relationship between subjects' demographic characteristics and correct response to a sign. The significance level for this study was set at a probability level of 95% ($p \leq 0.05$). All statistical analyzes were performed using IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0.

RESULTS and DISCUSSION

Demographic data and background of study subjects

Participants were asked to provide their demographic information and indicate their familiarity with occupational safety and health. Almost all participants (99.2%) were male. The average age of all subjects was 46.4 (SD = 12.2) years, and the majority of participants (73.7%) fell within the age range of 30 to 59 years. Slightly over half of the participants had completed elementary school. A significant proportion of operators (86.4%) had held a driver's license for over 10 years. Within this group, 56.0% had accumulated 20 years or more of driving experience. The majority (72%) had undergone safety training, though only 9.3% of them rated their level of safety knowledge as high or very high. The demographic details of the participants are presented in Table 1.

Tractor operators' comprehension levels on occupational safety and health signs

To gauge the levels of familiarity with occupational safety and health signs according to the relevant standard (ISO 7010) and to indirectly evaluate the accuracy of the intended messages conveyed by these signs, 118 tractor operators, who participated in the study, were surveyed. The outcomes related to their responses to these inquiries are tabulated in Table 2.

Table 1. Demographic data of the study participants.**Çizelge 1.** Çalışmaya katılanların demografik özellikleri.

Variable	Category	n	%
Gender	Male	117	99.2
	Female	1	0.8
Age (years)	20-29	12	10.2
	30-39	27	22.9
	40-49	28	23.7
	50-59	32	27.1
	≥ 60	19	16.1
City district	Menemen	77	65.3
	Foça	41	34.7
Educational level	Elementary school	61	51.7
	High school	30	25.4
	Higher education	27	22.9
Driver license possession (years)	0-10	16	13.6
	11-20	36	30.5
	≥ 21	66	55.9
Driving experience (years)	0-10	36	30.4
	10-20	16	13.6
	≥ 20	66	56.0
Safety training	Yes	85	72.0
	No	33	28.0
Self-assessment of safety knowledge	Very little	30	25.4
	Little	31	26.3
	Average	46	39.0
	High	9	7.6
	Very high	2	1.7

Table 2. The distribution of knowledge levels of tractor operators regarding ISO 7010 occupational health and safety signs.**Çizelge 2.** Traktör operatörlerinin ISO 7010 iş sağlığı ve güvenliği işaretleri hakkındaki bilgi düzeylerinin dağılımları.





ISO Number	Sign	Choices for the meaning of the sign*	n	%	C/I** (%)
F001		Location of fire extinguisher	48	40.7	40.7
		It can catch fire	9	7.6	59.3
		Do not expose the fire extinguisher to heat	31	26.3	
		Place the fire extinguisher upright	30	25.4	
-		First aid	92	78.0	78.0
		Mosque area	3	2.5	22.0
		Night work continues	12	10.2	
		Emergency assembly area	11	9.3	
W017		Hot surface	60	50.8	50.8
		Food service area	3	2.5	49.2
		The engine is heating up	14	11.9	
		There is vaporization	41	34.7	

Table 2. (Continued)

izelge 2. (Devamı)

ISO Number	Sign	Choices for the meaning of the sign*	n	%	C/I** (%)
E016		Emergency window with escape ladder	69	58.5	58.5
		Do not lean out of the window	15	12.7	
		In case of an earthquake, exit through the window	13	11.0	
		Emergency exit door	21	17.8	
M021		Disconnecting the machine or equipment before carrying out maintenance or repair	61	51.7	51.7
		The train changes track	31	26.3	
		Pull the handle to stop	10	8.5	
		Change the line	16	13.6	
W025		Counterrotating rollers	34	28.8	28.8
		Risk of hand entrapment	32	27.1	
		Change the belt	36	30.5	
		Crushing is being done	16	13.6	
P069		Not to be serviced by users	15	12.7	12.7
		Do not place hand tools	50	42.4	
		There is no service available	48	40.7	
		Toolkit is not present	5	4.2	
P011		Do not extinguish with water	63	53.4	53.4
		No open fire	19	16.1	
		No fire	21	17.8	
		Do not extinguish the fire	15	12.7	
W016		Toxic material	25	21.2	21.2
		Electrical hazard	18	15.3	
		Danger of death	53	44.9	
		High voltage	22	18.6	
M038		Start engine in launch sequence	26	22.0	22.0
		The gear is turning to the right	37	31.4	
		Watch out for the saw	23	19.5	
		Piston is moving	32	27.1	
E003		First aid	33	28.0	28.0
		Pharmacy area	12	10.2	
		Emergency assembly point	45	38.1	
		Red Cross organization gathering area	28	23.7	
P012		No heavy load	24	20.3	20.3
		Do not weigh the load	59	50.0	
		An object can fall	25	21.2	
		The scale can malfunction	10	8.5	
M029		Sound horn	43	36.4	36.4
		Do not sound horn	25	21.2	
		Caution, very high horn sound	38	32.2	
		Horn can be played at certain times	12	10.2	
W018		Machinery may start automatically	21	17.8	17.8
		Low temperature/freezing conditions	9	7.6	
		Heavy wind	52	44.1	
		Biological hazard	36	30.5	

*Correct answers are given in bold. The sequence of signs in the table corresponds to the order they appeared in the questionnaire.

** C/I: Correct/Incorrect.

The overall mean comprehension score for the fourteen safety signs was 37.2%, with a standard deviation of 19.0%, indicating a poor level of comprehension in accordance with the ISO standard. The comprehension scores for each individual sign ranged from the lowest score of 12.7% to the highest score of 78.0%. Only one sign (Red Crescent symbol for First Aid) achieved a comprehension score of 67% or higher, as established by the acceptance criterion for safety-related symbols in ISO 3864 (ISO 3864-1, 2011; ISO 3864-3, 2012). None of the fourteen signs achieved a comprehension score greater than 85%, a threshold specified as an acceptance criterion in ANSI Z535.3-2022 (ANSI Z535.3, 2022).

For five signs, the mean comprehension score ranged from 40.7% to 58.5%, while for nine signs, it was even lower than 40%. The average comprehension score for emergency signs (54.8% for three emergency signs) was higher than that for other signs (28.8% for three prohibition signs, 29.7% for four warning signs, 36.7% for three mandatory signs, and 40.7% for one fire safety sign).








The overall mean (37.2%) of comprehension score in the present study was similar to Arphorn et al. (2003)'s scores in safety sign perception (39.2%), but smaller than most studies 63.8% (Chan et al., 2009), 66.2% (Chan & Ng, 2010a), 67.5% (Ng et al., 2011), 69.2% (Davoudian Talab et al., 2013), 70.9% (Zamanian et al., 2013) 78.4% (Davoudian Talab & Azari, 2017), 63.4% (Yazdani et al., 2017), and 66.6% (Güngör, 2023). The differences can be attributed to different backgrounds (e.g., ethnic, cultural) or different experimental designs (e.g., sign selection). Some previous studies (Blake Huer, 2000; Piamonte et al., 2001; Smith-Jackson & Essuman-Johnson, 2002; Shinar et al., 2003; Chan et al., 2009; Lesch et al., 2009) indicated that different cultural backgrounds might lead to differences in sign perception. For example, the first aid sign with the red crescent was answered correctly by 78.0% while its equivalent and internationally accepted version sign (green squared sign with white cross pictorial on it) was only answered by 28.0%. In the present study, statistical analyzes could not suggest any significant and meaningful relationship between demographic properties and answering the sign correctly.

Tractor operators' comprehension levels on traffic signs

Participants were asked to interpret the meaning of each traffic sign as prescribed by the Turkish Road Traffic Signage Standard (Karayolu Trafik İşaretleri Standartları 1, KGM, 2020). The distribution of the participants' answers can be found in Table 3. The average number of correct answers was 34.9% (SD = 19.6%) for the seven traffic signs. The lowest comprehension score (14.4%) was obtained for the 'Controlled railway crossing' sign, while the highest score (72.0%) was obtained for the 'Maximum speed limit' sign. Only one sign ('Maximum speed limit') had a comprehension score higher than 50%.

The low knowledge level of tractor operators indicates that they may cause accidents because they do not sufficiently understand the traffic instructions. For example, only 31.4% of operators correctly interpreted the meaning of the 'No entry for tractors' sign. In other words, 68.6% of operators do not understand the meaning of the sign, which may cause them to drive on roads where they are not allowed to drive. This lack of understanding could pose an accident risk to themselves and others. The number of accidents might be reduced by training of operators (Görücü Keskin et al., 2012). Therefore, improving operator knowledge through targeted training and education is imperative for ensuring safety, reducing accidents, and enhancing overall agricultural efficiency. It should be noted that farm vehicles are not primarily designed for road transportation and often share roads with other motorists, potentially resulting in hazardous situations and severe crashes due to their large size and slow-moving nature (Karimi & Faghri, 2021). The vehicle's large dimensions not only complicate maneuverability but also enlarge driver blind spots, obstructs the view of other drivers, and heightens the risk of collisions with oncoming and passing vehicles. In addition to physical cumbersome, unsafe behaviors by tractor operators, such as a lack of sign interpretation and failure to adhere to rules, pose risks to both their own safety and that of other road users.

Table 3. The distribution of knowledge levels of tractor operators regarding the Turkish Road Traffic Signage Standard signs.**Çizelge 3.** Traktör operatörlerinin karayolu trafik işaretleri standartları işaretleri hakkındaki bilgi düzeylerinin dağılımları.

Code	Sign	Meaning of the sign	Correct Answer	
			n	%
TT-15		No entry for tractors	37	31.4
T-21		Uncontrolled intersection	26	22.0
T-33a		Dangerous left curve	58	49.2
T-25		Controlled railway crossing	17	14.4
TT-41a		Minimum mandatory speed	30	25.4
TT-29a		Maximum speed limit	85	72.0
TT-1		Yield	35	29.7











Tractor operators' comprehension levels on tractor safety signs

Tractor operators were also asked about the meaning of the signs prescribed by the ISO 11684 standard (Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment - Safety labels). These signs are affixed to the tractor or machine to warn operators of potential hazards. The distribution of the subjects' responses to these signs are given Table 4.

The responses to the ten open-ended questions sourced from the ISO 11684 standard were assessed by a safety expert. The accuracy of answers for the two-panel safety labels was determined based on whether they were fully or partially correct; otherwise, they were considered incorrect. The mean comprehension score for the ten pairs of signs was 28.0%, with a standard deviation of 16.2%. The lowest score (6.8%) was recorded for the 'Shut off engine and remove key before performing maintenance or repair work' sign, while the highest score (39.8%) was achieved for the 'Do not ride on machine except for in supplied seat' sign.

Table 4. The distribution of knowledge levels of tractor operators regarding ISO 11684 tractor safety signs.

Çizelge 4. Traktör operatörlerinin ISO 11684 traktor güvenlik işaretleri hakkındaki bilgi düzeylerinin dağılımları.

Sign	Meaning of the sign	Correct Answer		Sign	Meaning of the sign	Correct Answer	
		n	%			n	%
	Read operator manual	31	26.3		Keep a safe distance from rotating parts	45	38.1
	Do not open or remove safety shields while engine is running	34	28.8		Stay a safe distance from the machine to avoid crushing torso (force applied from side)	32	27.1
	Do not ride on machine except for in supplied seat	47	39.8		Stay clear of hot surface	26	22.0
	Always lock ROPS in upright position unless it has to be folded down to allow operation underneath trees or bushes.	41	34.7		Stay clear of articulation area while engine is running	23	19.5
	Do not drive on slopes where machine could slip or tip	43	36.4		Shut off engine and remove key before performing maintenance or repair work.	8	6.8

According to a study by Öz (2005), it was revealed that 90% of operators transport individuals on tractors. It is worth noting that transporting people on tractors is also prohibited by traffic laws. Some preventive measures for the unsafe behavior of transporting individuals on tractors should be taken by promoting safe practices, implementing training programs and raise awareness among tractor operators about the potential hazards associated with carrying passengers. Operators should be educated about the structural limitations and potential instability caused by added weight.

Tipping-over incidents are alarmingly frequent (Reynolds & Groves, 2000; Öz, 2005; Görücü Keskin et al., 2012; Güven, 2012; Keskin et al., 2016; Pessina & Facchinetti, 2017). To mitigate the risk of tipping over, the protective bar (ROPS) should always remain locked in an upright position, except when it needs to be folded down for operations around trees or bushes. It's also advisable to avoid driving on sloping terrain to prevent tipping-over accidents. Studies suggest that accidents can be reduced through effective training, particularly when it includes hands-on instruction regarding the proper utilization of

ROPS and seat belts, as well as the inspection and correct installation of safety equipment on tractors (Pate et al., 2019; Karimi & Faghri, 2021).

Other most common tractor incidents are due to entanglement of body parts in moving machinery, and involved crashing into other vehicles or obstacles (Görücü Keskin et al., 2012). In the present study, tractor operators correctly answered signs 'Keep a safe distance from rotating parts,' 'Do not open or remove safety shields while engine is running,' 'Stay a safe distance from the machine to avoid crushing torso,' and 'Stay clear of articulation area while engine is running' signs at rates of 38.1%, 28.8%, 27.1%, and 19.5%, respectively. The low levels of sign comprehension may indicate that tractor operators are not aware of these hazards, which may explain why these incidents are common.

CONCLUSIONS

Safety signs placed in workplaces, on roads, or on agricultural machinery have significant potential as effective communication tool. Their role is to communicate important messages about accident prevention, fire safety, health hazards, emergency evacuation protocols, traffic regulations, and safe work practices. However, the results of this study reveal a concerning trend wherein these signs were generally poorly understood by tractor operators. The average comprehension score for the thirty-one signs stood at 33.7%, with a standard deviation of 16.7%. These scores further break down to 37.2% for fourteen occupational safety and health signs, 34.9% for seven traffic signs, and 28% for ten tractor safety signs. It is noteworthy that only six (19.4%) of the thirty-one signs attained a comprehension score exceeding 50%. Overall, the results underscore the urgent need for more attention to effective risk communication. One possible avenue for improvement is through the provision of safety sign training programs tailored specifically for tractor operators.

Previous studies showed that safety sign training has a positive effect on improving comprehension (Anger et al., 2006; Xu & Zheng, 2021). Future research could explore different approaches to determine which methods are most appropriate for tractor operators. For example, adopting a user-centered design approach to training materials could enhance learning efficacy (Vigoroso et al., 2020). Frequent training sessions could also serve as reminders and reinforcements (Caffaro et al., 2017). Consequently, future studies could investigate the frequency of follow-up training sessions to develop optimal training programs.

The results of the study also highlighted the possibility that certain safety signs are inadequately designed, as evidenced from the limited comprehension by the majority of tractor operators. This indicates the potential necessity for reevaluating the design of such signs. Overall, this study aims to contribute valuable insights to the existing knowledge base concerning safety signs within the agriculture sector.

REFERENCES

- Akkaya, G., 2007. Avrupa Birliği ve Türk Mevzuatı Açısından Sağlık Kuruluşlarında İş Sağlığı, İş Gvenliği, Meslek Hastalıkları ve Bir Araştırma. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, (Unpublished) PhD Thesis, İstanbul, Türkiye, 171 pp.
- Alara, S.A., I.I. Inuwa & N. Gambo, 2019. "Application of semiotics for health and safety signs comprehension on construction sites in Yola metropolis, Nigeria, 1-8". 7th International Conference on Euro Asia Civil Engineering Forum (30 September - 2 October 2019, Stuttgart, Germany), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 615 (1), 012028.
- Anger, W.K., J. Stupfel, T. Ammerman, A. Tamulinas, T. Bodner & D.S. Rohlman, 2006. The suitability of computer-based training for workers with limited formal education: A case study from the US agricultural sector. *International Journal of Training and Development*, 10 (4): 269-284. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2419.2006.00260.x>
- ANSI Z535.3., 2022. Criteria for Safety Symbols. American National Standard Institute.
- Arphom, S., N. Augsornpeug, S. Srisorrachatr & V. Pruktharathikul, 2003. Comprehension of safety signs for construction workers: Comparison of existing and newly designed signs. *Journal of Human Ergology*, 32 (2): 87-94.

- Baesso, M.M., G.A. Martins, R.C.E. Baesso, C. Fischer & J.C. Silvestrini, 2014. Noise and Vibration of Tractors: An Ergonomic Evaluation. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4 (4): 46-54.
- Bagagiolo, G., F. Caffaro, L. Vigoroso, A. Giustetto, E. Cavallo & M.M. Cremasco, 2018. "Interpretability of Surround Shapes Around Safety Symbols: Cross-Cultural Differences Among Migrant Farmworkers, 1663-1672". In: *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Eds. S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander & Y. Fujita. Springer, Cham, 2365 pp.
- Bagagiolo, G., L. Vigoroso, F. Caffaro, M. Micheletti Cremasco & E. Cavallo, 2019. Conveying safety messages on agricultural machinery: The comprehension of safety pictorials in a group of migrant farmworkers in Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (21): 4180: 1-13. <https://doi.org/10.3390/ijerph16214180>
- Belmont Report, Department of Health, Education, and Welfare, National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, 1987. *The Belmont Report: Ethical Principles and Guidelines for the Protection of Human Subjects of Research*. CreateSpace Independent Publishing Platform. 692 pp.
- Blake Huer, M., 2000. Examining perceptions of graphic symbols across cultures: Preliminary study of the impact of culture/ethnicity. *Augmentative and Alternative Communication*, 16 (3): 180-185. <https://doi.org/10.1080/07434610012331279034>
- Brelsford, J.W., M.S. Wogalter & J.A. Scoggins, 1994. Enhancing comprehension and retention of safety-related pictorials. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 38 (14): 836-840. <https://doi.org/10.1177/154193129403801408>
- Caffaro, F., A. Mirisola & E. Cavallo, 2017. Safety signs on agricultural machinery: Pictorials do not always successfully convey their messages to target users. *Applied Ergonomics*, 58 (January 2017): 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.06.003>
- Caffaro, F., S. Schmidt, D.J. Murphy & E. Cavallo, 2018. Comprehension rates of safety pictorials affixed to agricultural machinery among Pennsylvania rural population. *Safety Science*, 103 (March 2018): 162-171. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.021>
- Cavalcanti, J. & M. Soares, 2012. Ergonomic analysis of safety signs: A focus of informational and cultural ergonomics. *Work*, 41 (Suppl 1): 3427-3432. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0619-3427>
- Chan, A.H.S., S.H. Han, A.W.Y. Ng & W. Park, 2009. Hong Kong Chinese and Korean comprehension of American security safety symbols. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (5): 835-850. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.02.009>
- Chan, A.H.S. & A.W.Y. Ng, 2010a. Investigation of guessability of industrial safety signs: Effects of prospective-user factors and cognitive sign features. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40 (6): 689-697. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.05.002>
- Chan, A.H.S. & A.W.Y. Ng, 2010b. Effects of sign characteristics and training methods on safety sign training effectiveness. *Ergonomics*, 53 (11): 1325-1346. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.524251>
- Davoudian Talab, A. & G.R. Azari, 2017. Safety signs perception and adoption with the ISO and ANSI standards. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 9 (4): e12911: 1-6. <https://doi.org/10.5812/jjhs.12911>
- Davoudian Talab, A., M. Meshkani, C. Mofidi & M. Mollakazemiha, 2013. Evaluation of the perception of workplace safety signs and effective factors. *International Journal of Occupational Hygiene*, 5 (3): 117-122.
- Declaration of Helsinki, The World Medical Association (WMA), 1964. *Declaration of Helsinki-Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects* (The 18. WMA General Assembly). Helsinki, Finland. 6 pp.
- Easterby, R. S. & S.R. Hakiel, 1981. Field testing of consumer safety signs: The comprehension of pictorially presented messages. *Applied Ergonomics*, 12 (3): 143-152. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(81\)90003-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(81)90003-X)
- Eldeş, Z., 2022. İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Mevsimlik Tarım İşçilerinde Görülen İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarsus Üniversitesi, (Unpublished) Master Thesis, Mersin, Türkiye, 72 pp.
- Gölbaşı, M., 2002. Tarım Alet-Makine ve Traktörlerin Kullanımından Kaynaklanan İş Kazaları Nedenlerinin ve Tahmini Kaza Maliyetleri İndeksinin Belirlenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, (Unpublished) PhD Thesis, Ankara, Türkiye, 235 pp.
- Görücü Keskin, S., M. Keskin & Y. Sosyal, 2012. Assessing farm tractor incidents and awareness levels of operators for tractor safety issues in the Hatay province of Turkey. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 18 (2): 113-128.

- Güngör, C., 2023. Safety sign comprehension of fiberboard industry employees. *Heliyon*, 9 (6): e16744. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16744>
- Güven, R., 2012. İş sağlığı ve güvenlik kanun tasarısı ve tarım alışanları. *Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Tarım Dergisi*, 2012 (205): 66-67.
- Hancock, H.E., W.A. Rogers, D. Schroeder & A.D. Fisk, 2004. Safety symbol comprehension: Effects of symbol type, familiarity, and age. *Human Factors*, 46 (2): 183-195. <https://doi.org/10.1518/hfes.46.2.183.37344>
- ILO, 2023. Agriculture: A hazardous work. (Website: https://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS_110188/lang--en/index.htm) (Accessed: July 2023).
- ISO 3864-1., 2011. Graphical Symbols-Safety Colours and Safety Signs-Part 1: Design Principles for Safety Signs and Safety Markings. ISO (the International Organization for Standardization).
- ISO 3864-3., 2012. Graphical Symbols-Safety Colours and Safety Signs-Part 3: Design Principles for Graphical Symbols for Use in Safety Signs. ISO (the International Organization for Standardization).
- ISO 7010., 2019. Graphical Symbols-Safety Colours and Safety Signs-Registered Safety Signs. ISO (the International Organization for Standardization).
- ISO 11684., 2023. Tractors, Machinery for Agriculture and Forestry, Powered Lawn and Garden Equipment-Safety Labels-General Principles. ISO (the International Organization for Standardization).
- KGM, 2020. Karayolu Trafik İşaretleri Standartları 1. Karayolları Genel Mdrlğ.
- Karimi, K. & A. Faghri, 2021. Farm vehicle crashes on U.S. public roads: A review paper. *Open Journal of Safety Science and Technology*, 11 (2): 34-54. <https://doi.org/10.4236/ojsst.2021.112004>.
- Kayhan, İ.E., M.F. Baran & Y.B. ztekin, 2019. Tarım makinalarının kullanımında meydana gelen iş kazalarının tespiti ve değerlendirilmesi (Kırkırelili ili rneği). *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 15 (1): 19-34.
- Keskin, M., Y.E. şekerli & A. Arslan, 2016. Analysis of on-road farm tractor accidents in Hatay province of Turkey from 2000 to 2015. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 30 (Special Issue): 325-333.
- Lesch, M.F., 2003. Comprehension and memory for warning symbols: Age-related differences and impact of training. *Journal of Safety Research*, 34 (5): 495-505. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2003.05.003>
- Lesch, M.F., W.J. Horrey, M.S. Wogalter & W.R. Powell, 2011. Age-related differences in warning symbol comprehension and training effectiveness: Effects of familiarity, complexity, and comprehensibility. *Ergonomics*, 54 (10): 879-890. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.606924>
- Lesch, M.F., P-L.P. Rau, Z. Zhao & C. Liu, 2009. A cross-cultural comparison of perceived hazard in response to warning components and configurations: US vs. China. *Applied Ergonomics*, 40 (5): 953-961. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.02.004>
- Liu, L., U. Hölscher & T. Gruchmann, 2005. "Symbol comprehension in different countries: Experience gained from medical device area, 81-87". Workshop-Proceedings der 5. Fachbergreifenden Konferenz (4-7 September 2005, Linz, Austria). Oesterreichische Computer Gesellschaft.
- Liu, Y.-C. & C.-H. Ho, 2012. The effects of age on symbol comprehension in central rail hubs in Taiwan. *Applied Ergonomics*, 43 (6): 1016-1025. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.02.004>
- Ng, A.W.Y., H.W.C. Lo & A.H.S. Chan, 2011. "Measuring the usability of safety signs: A use of system usability scale (SUS), 1296-1301". International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2011 (16-18 March 2011, Kowloon, Hong Kong). International Association of Engineers, 1580 pp.
- Nuremberg Code, 1949. Trials of War Criminals before the Nuremberg Military Tribunals under Control Council Law (No. 10, Vol. 2; pp. 181-182). U.S. Government Printing Office.
- z, E., 2005. Ege Bölgesi'nde meydana gelen traktör kazalarının tarımsal iş gvenliği açısından değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (2): 191-202.
- Pate, M.L., R.G. Lawver, S.W. Smalley, D.K. Perry, L. Stallones & A. Shultz, 2019. Agricultural safety education: Formative assessment of a curriculum integration strategy. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 25 (2): 63-76. <https://doi.org/10.13031/jash.13113>
- Pessina, D. & D. Facchinetti, 2017. A survey on fatal accidents for overturning of agricultural tractors in Italy. *Chemical Engineering Transactions*, 58: 79-84. <https://doi.org/10.3303/CET1758014>

- Piamonte, D.P., J. Abeysekera & K. Ohlsson, 2001. Understanding small graphical symbols: A cross-cultural study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27 (6): 399-404. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(01\)00007-5](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(01)00007-5)
- Reynolds, S.J. & W. Groves, 2000. Effectiveness of roll-over protective structures in reducing farm tractor fatalities. *American Journal of Preventive Medicine*, 18 (4-Supplement 1): 63-69. [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(00\)00142-2](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(00)00142-2)
- SGK, 2021. SGK İstatistik Yıllıkları. (Website: <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>) (Accessed: July 2023).
- Shinar, D., R. Dewar, H. Summala & L. Zakowska, 2003. Traffic sign symbol comprehension: A cross-cultural study. *Ergonomics*, 46 (15): 1549-1565. <https://doi.org/10.1080/0014013032000121615>
- Smith-Jackson, T.L. & A. Essuman-Johnson, 2002. Cultural ergonomics in Ghana, West Africa: A descriptive survey of industry and trade workers' interpretations of safety symbols. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 8 (1): 37-50. <https://doi.org/10.1080/10803548.2002.11076513>
- TÜİK, 2023. İşgücü İstatistikleri, 2022 (Haber Bülteni 2023: 49390). (Website: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-2022-49390.23>) (Accessed: July 2023).
- UN, 2022. The Sustainable Development Goals Report 2022. (Website: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>) (Accessed: July 2023).
- Vigoroso, L., F. Caffaro & E. Cavallo, 2019. Warning against critical slopes in agriculture: Comprehension of targeted safety signs in a group of machinery operators in Italy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (4): 611 (1-11). <https://doi.org/10.3390/ijerph16040611>
- Vigoroso, L., F. Caffaro & E. Cavallo, 2020. Occupational safety and visual communication: User-centred design of safety training material for migrant farmworkers in Italy. *Safety Science*, 121 (January 2020): 562-572. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.029>
- Vigoroso, L., F. Caffaro, M. Micheletti Cremasco, G. Bagagiolo & E. Cavallo, 2020. Comprehension of safety pictograms affixed to agricultural machinery among Pakistani migrant farmworkers in Italy. *Journal of Agromedicine*, 25 (3): 265-278. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2019.1673269>
- Wogalter, M.S., R.J. Sojourner & J.W. Brelsford, 1997. Comprehension and retention of safety pictorials. *Ergonomics*, 40 (5): 531-542. <https://doi.org/10.1080/001401397188017>
- Xu, Z. & N. Zheng, 2021. Incorporating virtual reality technology in safety training solution for construction site of urban cities. *Sustainability*, 13 (1): 243: 1-19. <https://doi.org/10.3390/su13010243>
- Yazdani, M., R. Kazemi & A.H. Davudian Talab, 2017. Evaluation of perception of hospital signs and its relationship with demographic factors. *International Journal of Hospital Research*, 6 (2): 66-71.
- Yurtlu, Y. B., K. Demiryürek, M. Bozoğlu & V. Ceyhan, 2012. Çiftçilerin tarım makineleri kullanımına ilişkin risk algıları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49 (1): 93-101.
- Zamanian, Z., A. Afshin, A.H. Davoudian Talab & H. Hashemi, 2013. Comprehension of workplace safety signs: A case study in Shiraz industrial park. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 2 (1&2): 37-43. <https://doi.org/10.18869/acadpub.johe.2.1.2.37>

Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):595-610
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1329412>

Deniz KARADAN ¹ 

Tanay BİRİŞÇİ ² 

¹ Department of Landscape Architecture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ege University, 35100, Bornova/İzmir, Türkiye

² Department of Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ege University, 35100, Bornova/İzmir, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu Yazar):
denizkaradann@gmail.com

Keywords: Environmental impact assessment, landscape protection and repair, solar power plants

Anahtar sözcükler: Çevresel etki değerlendirilmesi, peyzaj onarım ve koruma, güneş enerji santralleri

Solar power plants in terms of landscape protection and repair: activities of local governments in Izmir

Peyzaj koruma ve onarım açısından güneş enerji santralleri: İzmir’de yerel yönetimlerin faaliyetleri

Received (Alınış): 18.07.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.12.2023

ABSTRACT

Objective: The aim is to reveal depending on the location choices of solar power plants the landscape protection strategies and what needs to be done in terms of landscape restoration after the operations of the power plants are completed.

Material and Methods: Seven solar power plants owned by local governments in Izmir constituted the main material of this study. In this context, observations were made in the research areas, the characteristics of the installed solar power plants were determined and their environmental effects were evaluated within the scope of landscape protection and repair.

Results: The installation years, locations, installed capacity, and installation areas of the solar power plants, which are the subject of the research differ from each other. Therefore, their environmental impacts are different from each other. In order to evaluate the environmental impact, the profiles of the power plants within the scope of the research were examined by taking into account the standards of electricity generation from solar energy, and their distances to different uses and transportation axes were measured as bird flights. In addition, the areas covered by the installed power plants were revealed and the usage areas of the produced energy were specified.

Conclusion: Five of the seven solar power plants examined within the scope of the research are assembled roofs and the other two are land applications. Since more space is required in the area preparation, logistics, and installation of solar power plants, which are land applications, the negative impact on the environment is higher. In order to prevent or reduce these negative effects, appropriate and comprehensive landscape repair plans should be prepared with conservation decisions for the solar power plant areas that are actively working, whose activities have been terminated and will be newly installed.

ÖZ

Amaç: Güneş enerji santrallerinin yer seçimlerine bağlı olarak peyzaj koruma stratejilerinin ve santrallerin faaliyetleri tamamlandıktan sonra peyzaj onarımı açısından yapılması gerekenlerin ortaya konulmasıdır.

Materyal ve Yöntem: İzmir’de yerel yönetimlere ait yedi güneş enerji santrali, araştırmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Bu kapsamda araştırma alanlarında gözlemler yapılmış, santrallerin özellikleri tanımlanmış ve çevresel etkileri, peyzaj koruma ve onarım kapsamında değerlendirilmiştir.

Araştırma Bulguları: Seçilen santrallerin kurulum yılları, konumları, kurulu güç miktarları ve kurulum yüzeyleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle çevresel etkileri birbirlerinden farklıdır. Çevresel etki değerlendirilmesi için güneş enerjisinden elektrik üretimi standartları dikkate alınarak araştırma kapsamındaki santrallerin profilleri incelenmiş, farklı kullanımlara ve ulaşım akslarına olan uzaklıkları kuş uçuşu olarak ölçülmüştür. Ayrıca kurulu santrallerin kapladıkları alanlar ortaya konulmuş ve üretilen enerjinin kullanım alanları belirtilmiştir.

Sonuç: Araştırma kapsamında incelenen yedi güneş enerji santralinin beşi çatı uygulaması, diğer ikisi ise arazi uygulamasıdır. Arazi uygulaması olan güneş enerji santrallerinin alan hazırlığı, lojistik ve kurulumunda daha fazla alan kullanımı gerektiğinden çevreye olumsuz etkisi daha fazladır. Bu olumsuz etkileri önlemek ya da azaltmak için aktif olarak çalışan, faaliyeti sonlandırılmış ve yeni kurulacak güneş enerji santrali alanlarına yönelik, koruma kararları ile uygun ve kapsamlı peyzaj onarım planları hazırlanmalıdır.

INTRODUCTION

Meeting the energy need in a way that does not harm nature and people, and alleviating energy-related climate change depends on the use of renewable energy, which includes water, solar, wind, biomass and other renewable types that are more environmentally friendly than traditional fuels. While electricity is produced using renewable energy sources, it can also help reduce the effects of climate change globally. In this context, solar energy is among the energy types that come to the fore due to its high potential, ease of use and environmental friendliness (Cao, 2003). Instead of using fossil, which account for more than 80% of human-caused greenhouse gas emissions, solar power plants contribute to the reduction of greenhouse gas emissions and provide clean and renewable energy (Akpan & Akpan, 2012).

Solar energy potential and solar radiation (Charabi & Gastli, 2011; Effat, 2013; Kengpol et al., 2013) are the most important criteria in site selection for solar power plants. The choice of location is very important because of the efficiency of solar energy, the geographical location of the place selected for the power plant, the structure of the land, whether it is flat or uneven, its slope, gaze, the angle of arrival of the sun during the day and depending on the season and the climate (Birişçi et al., 2012.). The slope of the region should be low and the slope should be in the south direction in terms of insolation (Effat, 2013; Noorollahi et al., 2016). Factors such as the area use status of the region (lack of structural and vegetable elements that will shade such as tree cover, etc.), and geological structure (being away from fault lines, etc.) are important geographic criteria. Location criteria such as network connection, proximity to energy consumption zones, accessibility, distance to water resources (in terms of facilitating cleaning and cooling processes), ownership status and installation cost are also of great importance in location selection (Şenlik, 2017; Aydın, 2020).

Solar power plants provide clean and renewable energy, but they also affect the environment for some reasons. In a study conducted by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change (2017) impacts that may occur are divided into three main stages: land preparation and construction phase, the operation phase and the phase after the operation is closed. In this context, the possible effects and reasons of solar power plants that may occur after construction, operation and operation are given in Tables 1 & 2. Human health may also be adversely affected due to pollution and deterioration that may occur in addition to the specified ones.

In parallel with the economic growth in Türkiye, energy demand is increasing by 9% per year on average. Responding to this demand has a very strong potential in terms of renewable energy sources but it is insufficient in terms of fossil resources in order to keep the energy supply-demand ratio balanced (Development Library, 2016). Türkiye is located in a geography with high potential in terms of solar energy due to its location. Sunshine duration varies throughout the year; however, it has been determined that there are approximately 2737 hours per year (7.5 hours per day) and the total annual incoming solar energy is 1.527 kWh/m² (4.2 kWh/m² per day) (TEİAŞ, 2022). Compared to other renewable energy sources, solar energy is the most potential energy source in Türkiye. Considering that the total installed power of electricity is approximately 79,000 MW as of 2016, the importance of converting the potential of solar energy into production is more clearly understood (Taktak & İli, 2018). In Türkiye, where the number of registered power plants was 674 as of May 2022, the power potentials of registered solar power plants are stated as 8.270 MWe. Of these power plants, which have an annual energy production of approximately 12.627 GWh, 37 are licensed and 637 are unlicensed (Energy Atlas, 2022a).

With this study, the factors that are effective in the definition and location selection of solar power plants and what needs to be done in terms of the protection and repair of natural and cultural landscapes after the applications are discussed. In addition, Türkiye's solar energy potential and suitability for the solar power plant were mentioned. In this context, solar power plants belonging to local governments in İzmir province were selected as samples. The characteristics of the power plants installed over the samples were defined and their environmental effects were evaluated within the scope of landscape protection and repair.

Table 1. Possible effects and reasons of solar power plants in construction, operation and post-operation periods (created from the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, 2017)**Çizelge 1.** Güneş enerji santrallerinin inşaat, işletme ve işletme sonrası dönemlerde meydana gelebilecek olası etkileri ve nedenleri (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2017'den oluşturulmuştur)

Reasons	Effects (Results)	Process		
		Construction	Business Administration	Post-Operation
Stripping of topsoil and temporary storage of plants not carried out under appropriate conditions	Decrease in the amount of organic matter in the soil	✓		✓
Leveling, excavation-filling operations, works of construction machines and vehicle and pedestrian traffic within the site	Compaction of soil	✓	✓	✓
Acceleration of precipitation surface flow and erosion by removing vegetation	Losses from soil	✓	✓	✓
As a result of uncontrolled or accidental spillage of fuels used in chemical and fuel supply used during the use and maintenance of vehicles and equipment on the site infiltration or spread of contaminants into the soil	Soil contamination	✓	✓	✓
Traffic, construction works (installation of solar energy panel feet, power plant building, office and auxiliary construction and installation of facilities) used tools and equipment	Noise pollution	✓		✓
Soil stripping, leveling, excavation - filling etc. dust emissions from construction activities, bare ground and traffic, and exhaust emissions from vehicles, machinery and equipment	Air pollution	✓		✓
Absence of wastewater discharge, sedimentation caused by construction activities and rainwater flow and erosion reducing surface water quality and domestic wastes	Water pollution (surface and underground)	✓	✓	✓
Dismantling with construction activities such as blasting, stone or rock extraction, building foundations, pile driving, etc. machines used during	Vibration	✓		✓
Domestic wastes, packaging and packaging wastes, hazardous wastes, special wastes (waste oils, batteries and filters), excavation and construction wastes and system equipment wastes (panel, cable, electronics, etc.)	Waste generation	✓	✓	✓
The incoming angle of the sun's rays and the geographical location of the power plant	Reflection and glare		✓	
Degradation of habitats with new transportation axes, narrowing or loss of nesting and habitat of rare, threatened or endangered species, restriction of wildlife activity, visual and auditory emergence of disturbances	Ecological degradation	✓	✓	

MATERIALS and METHODS

Material

Izmir is very popular with its geographical location, cultural and historical richness and socio-cultural structure (Yanardağ, 2014; Karadan & Birişçi, 2020). Also, energy etc. suitability for investments highlights the city in terms of renewable energy and trade. When Izmir is examined in terms of solar power plants, especially in the energy sector, the presence of licensed, unlicensed and under construction power plants

emerges. As of December 2022, there are 39 licensed power plants in the city, with a total of 17 MW; while the exact number of unlicensed power plants is unknown, it is known that these power plants do not produce a total of 290 MW (Energy Atlas, 2022b).

The main materials of the research consist of a total of 7 solar power plants (SPP) located in İzmir province, under the auspices of local municipalities, especially the metropolitan municipality. The locations of the power plants subject to the research in our country and in the city of İzmir are depicted in Figure 1.

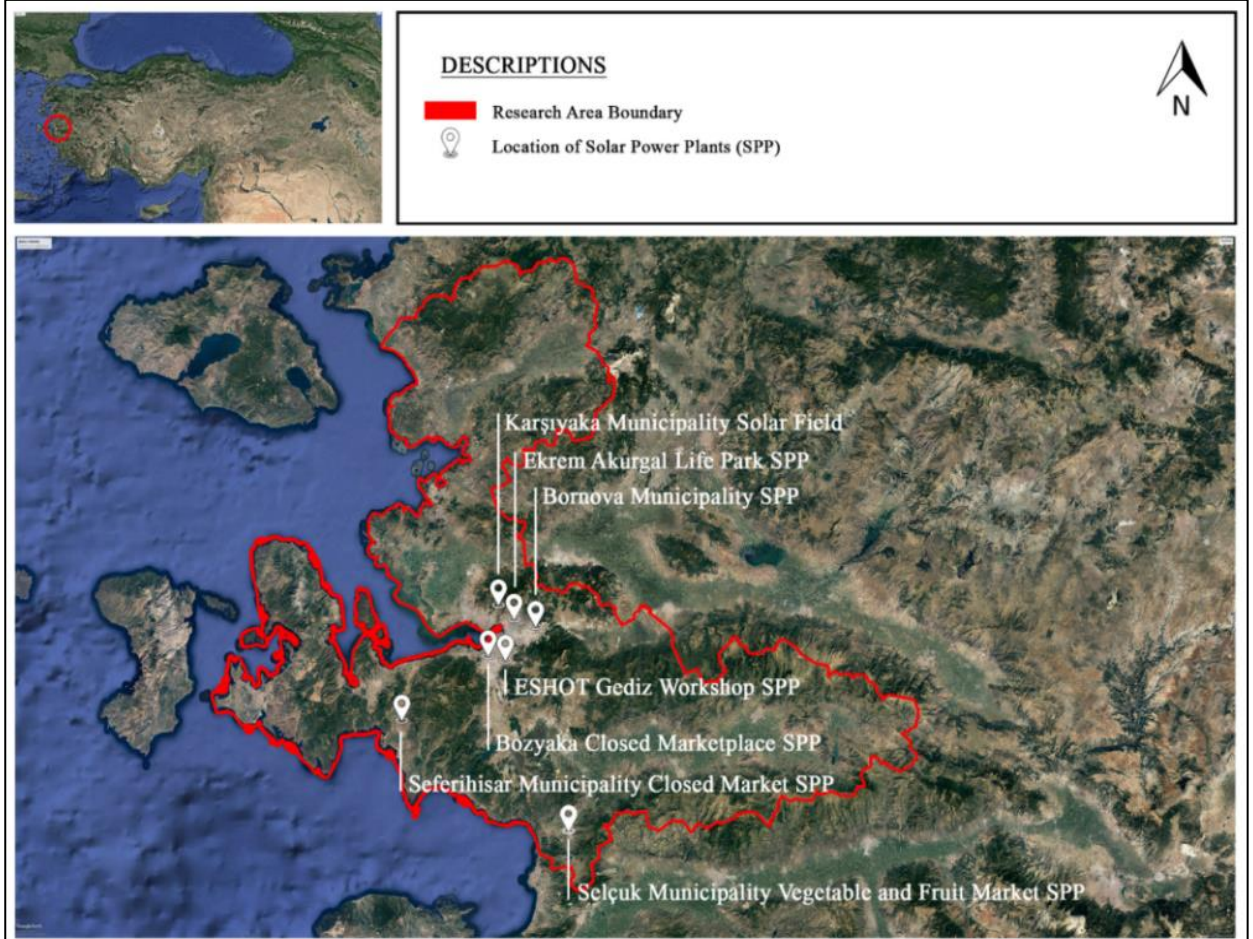


Figure 1. Locations of research areas.

Şekil 1. Araştırma alanlarının konumları.



Figure 2. Solar power plants belonging to İzmir Metropolitan Municipality.

Şekil 2. İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait güneş enerji santralleri.

. Two of the solar power plants in the city belong to İzmir Metropolitan Municipality and are named as ESHOT Gediz Workshop SPP and Ekrem Akurgal Life Park SPP (Figure 2). The other 5 belong to different local municipalities and are named as Karşıyaka Municipality Solar Field, Bozyaka Closed Marketplace SPP, Bornova Municipality SPP, Seferihisar Municipality SPP and Selçuk Municipality Vegetable and Fruit Market SPP (Figures 3 & 4).



Figure 3. In Izmir, the solar panel belonging to different local municipalities.

Şekil 3. İzmir'deki yerel belediyelere ait güneş enerji santralleri.



Figure 4. In İzmir, continuous of the solar panel belonging to different local municipalities.

Şekil 4. İzmir'deki yerel belediyelere ait güneş enerji santrallerinin devamı.

Other materials of the research consisted of national and international literary sources on the subject, examples of solar power plants whose construction has been completed, and notes taken during the field research. Additionally, the data obtained from the internet and photographs for field research also constitute visual data. The definitions made as a result of the observations related to the research and the computer software used in the processing, analysis and evaluation of the data obtained from the research constitute the other materials of the research.

Methods

In this study, in which solar power plants owned by the municipalities in İzmir are examined, firstly, the conceptual framework is drawn and scientific studies on the subject are examined. Then, considering the condition of belonging to local governments in İzmir, the solar power plants to be examined in the research were determined. Specific observation forms were created in accordance with the objective of the research and field analyses were carried out by on-site observation method in the determined solar power plants. With these observation forms, general information about the location, installation year, installed power amount and installation surfaces of the solar power plants, and site selection features such as land ownership forms, distances to different uses and distances to transport axes were examined. While these forms were being prepared, Uyan (2017) and Güner et al. (2021) studies are

taken as reference. In addition, the environmental impacts of the solar power plants on the spatial uses in the vicinity were evaluated (Figure 5).

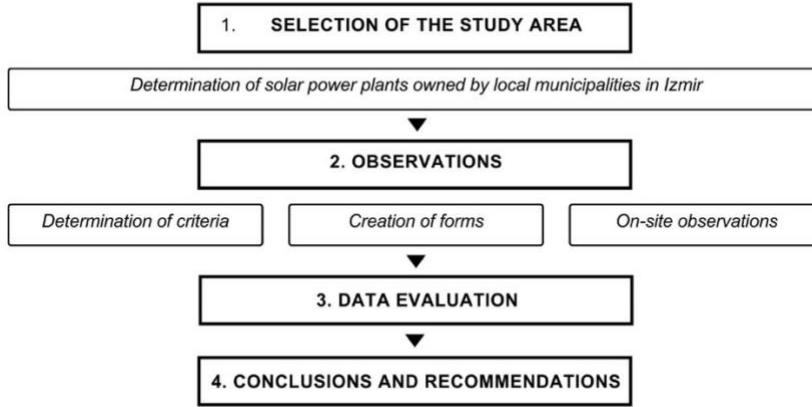


Figure 5. Methodology of the study.

Şekil 5. Çalışmanın yöntem akışı.

All data obtained during the observation studies, notes taken and photographs taken were transferred to the computer. Maps obtained from Google Earth software were updated in line with the intended use. Then, the data obtained from the application area were analyzed, processed into forms and the data were evaluated. In the conclusion phase, the findings determined in the light of the literature information and the data obtained through observation studies were evaluated.

RESULTS

Izmir is one of the prominent provinces in terms of its geographical location, ecological structure, development in the agricultural and industrial sectors and the use and development of renewable energy sources. İzmir has significant potential in the field of solar energy with an average of 300 sunny days per year, high solar radiation, sunshine time reaching 12 hours in summer, average sunshine radiation of 1500-1600 kWh/m², high panel utilization capacity and rapid return on investment (IZKA, 2016). In this context, solar energy investments are of great importance and interest in these investments is increasing day by day. İzmir Metropolitan Municipality and other local municipalities carry out many studies to raise awareness on issues such as the use of renewable energy sources, environmental protection, conscious energy consumption, energy efficiency and climate change in order to create healthy cities (İzmir Metropolitan Municipality, 2020). These studies are increasingly widespread in terms of awareness, quantity and efficiency, supported by various institutions.

ESHOT Gediz Workshop SPP has been operating since August 2017. The plant, which is built on the roof surface, covers an area of 10.000 m². Between 2018 and 2021, the power plant produced an average of 1.244.428,75 kWh of energy, which prevented an average of 619.5 tons of CO₂ equivalent emissions between the same years. The amount of energy produced is at a level that all 20 electric buses owned by ESHOT can be charged and the energy produced is used for this purpose (ESHOT, 2023). ESHOT Gediz Workshop SPP is located in the İnönü Neighborhood of Buca district. Approximately 520 meters from Buca Sanayi located in the south; it is approximately 660 meters from the 6th Industrial Site. There is no protected area around it. On the İzmir Ring Road, ESHOT Gediz Workshop Solar Power Plant is located on the distance to the 6th Industrial Site exit is approximately 550 meters. The distance of bird flight to İZBAN District Garage Station, which is the nearest railway station, is approximately 895 meters; The distance of bird flight to Konak and Güztepe Ferry Pier is almost the same and this value is approximately 7.40 km (Table 2).

Table 2. Identification of ESHOT Gediz Workshop Solar Power Plant**Çizelge 2.** ESHOT Gediz Atölyesi Güneş Enerji Santrali'nin tanımlanması

GENERAL INFORMATION						
Name	ESHOT Gediz Workshop Solar Power Plant					
Location	Buca					
Year of Installation	2017					
Installed Power Amount	835 kWh					
Type of Ownership of the Land	Person (Private)		Treasury (State)	Village and Pasture		
			✓			
LOCATION SELECTION						
Installation Surface / Location Selection	Open Land				Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other	✓	
Distance to Different Uses	Residential		Industry	The Protected Areas		
	0		~ 520 m	-		
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway	Sea Route		
	~ 550 m		~ 895 m	~ 7.40 km		

Ekrem Akurgal Life Park SPP was created by transforming the roofs of the gym and parking areas in Ekrem Akurgal Life Park into a power plant. In this context, there are 716 solar panels with a total area of 1.217m², 380 of which are on the roof of the sports hall and 336 of which are in the parking area. As of the end of October, 185 trees were saved and 19 tons of carbon dioxide (CO₂) emissions were prevented by providing 45.000 kWh of electrical energy in the first 3 months from the facility, which was commissioned in August 2017. The disabled vehicle charging station and the electric passenger vehicle station that can charge 2 vehicles at the same time in the park, which will meet all the electricity needs of Ekrem Akurgal Life Park and 40% of the energy needs in the Gas Factory, also serve the visitors (Healthy City Izmir, 2023).

Table 3. Identification of Ekrem Akurgal Life Park Solar Power Plant**Çizelge 3.** Ekrem Akurgal Yaşam Parkı Güneş Enerji Santrali'nin tanımlanması

GENERAL INFORMATION						
Name	Ekrem Akurgal Life Park Solar Power Plant					
Location	Bayraklı					
Year of Installation	2017					
Installed Power Amount	186 kWh					
Type of Ownership of the Land	Person (Private)		Treasury (State)	Village and Pasture		
			✓			
LOCATION SELECTION						
Installation Surface / Location Selection	Open Land				Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other	✓	
Distance to Different Uses	Residential		Industry	The Protected Areas		
	0		-	~ 10.06 km		
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway	Sea Route		
	~ 518 m		~ 1.80 km	~ 1.50 km		

Ekrem Akurgal Life Park SPP is located in the Cengizhan Neighborhood of Bayraklı district. There are residential areas in the south of the park, which does not have an industrial site in its immediate vicinity. The nearest protected area around it is the Çiçekli Nature Park, which has a bird flight distance of 10.06 km. The distance to İzmir Ring Road, which is the closest highway at bird flight distance, is approximately 518 meters, the distance to İZBAN Turan Station, which is the closest railway, is approximately 1.80 km, and the distance to Bayraklı Ferry Port, which is the closest sea route, is approximately 1.50 km (Table 3).

Karşıyaka Municipality Solar Field has been in operation since August 6, 2014 (Energy Atlas, 2023a). It was implemented to draw attention to the use of alternative energy sources (Yapı, 2014). The solar field, located on 9.000m² of land (Yapı, 2014), was expanded to an area of 17.000m² by adding 4.224 more panels to the solar power plant established with 2.013 panels in 2014 (Karşıyaka Municipality, 2023). It produces an average of 719.780 kWh energy in this power plant. This energy produced is at a level that can meet the electrical energy needed by approximately 198 people in their daily lives (housing, industry, metro transportation, official apartment, environmental lighting, etc.). When only the houses are considered, the solar field produces energy that can meet the electricity needs of approximately 241 houses (Energy Atlas, 2023a). The income provided is used in offsetting with energy companies for the electricity expenses of the buildings and facilities belonging to Karşıyaka Municipality (Karşıyaka Municipality, 2023). Karşıyaka Municipality Solar Field is located in Örnekköy Neighborhood of Karşıyaka district. However, it is 2.65 km from the residential center of Örnekköy Neighborhood. There is Karşıyaka Waste Removal Center in the north, Örnekköy Cemetery in the south, Örnekköy National Park in the west and Güler Bilgin Memorial Forest in the east. It is 1.34 km to Karşıyaka Industrial Site located in the southeast. The nearest protected area is Yamanlar Mountain Medical Park with a bird flight distance of 5.34 km. The distance to İzmir Ring Road, which is the closest highway at bird flight distance, is approximately 2.25 km, the distance to İZBAN Mavişehir Station, which is the closest railway, is approximately 3.85 km, and the distance to Karşıyaka Ferry Port, which is the closest sea route, is 5.90 km (Table 4).

Table 4. Identification of Karşıyaka Municipality Solar Field

Çizelge 4. Karşıyaka Belediyesi Güneş Tarlası'nın tanımlanması

GENERAL INFORMATION						
Name	Karşıyaka Municipality Solar Field					
Location	Karşıyaka					
Year of Installation	2014					
Installed Power Amount	493 kWh (2014); 1000 kWh (2020)					
Type of Ownership of the Land	Person (Private)	Treasury (State)	Village and Pasture			
		✓				
LOCATION SELECTION						
Installation Surface / Location Selection	Open Land				Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other		
			✓			
Distance to Different Uses	Residential		Industry		The Protected Areas	
	~ 2.65 km		~ 1.34 km		~ 5.34 km	
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway		Sea Route	
	~ 2.25 km		~ 3.85 km		~ 5.90 km	

Bozyaka Closed Market SPP generates an average of 499.320 kWh of electricity (Energy Atlas, 2023b). The plant, which is installed on the roof surface, covers an area of 5.000m² (Sabah Newspaper,

2014). This energy produced is at a level that can meet the electrical energy needed by approximately 198 people in their daily lives (housing, industry, metro transportation, official apartment, environmental lighting, etc.). Considering only the houses, this power plant produces energy that can meet the electricity needs of approximately 167 houses (Energy Atlas, 2023b).

Bozyaka Closed Market SPP is located in the settlement of Bozyaka Neighborhood of Karabağlar district. The distance to Karabağlar Industrial Site in the southeast is approximately 1.35 km. There is no protected area around it. Greenery, the nearest highway at bird flight distance It is approximately 1 km away from the 3rd Street, approximately 2.10 km away from IZBAN Running Station, which is the closest railway, and approximately 3.65 km away from Konak Ferry Port, which is the closest sea route (Table 5).

Table 5. Identification of Bozyaka Closed Marketplace Solar Power Plant

Çizelge 5. Bozyaka Kapalı Pazaryeri Güneş Enerji Santrali'nin tanımlanması

GENERAL INFORMATION						
Name	Bozyaka Closed Marketplace Solar Power Plant					
Location	Karabağlar					
Year of Installation	2014					
Installed Power Amount	342 kWh					
Type of Ownership of the Land	Person (Private)		Treasury (State)	Village and Pasture		
			✓			
LOCATION SELECTION						
Installation Surface / Location Selection	Open Land				Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other	✓	
Distance to Different Uses	Residential		Industry	The Protected Areas		
	0		~ 1.35 km	-		
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway	Sea Route		
	~ 1 km		~ 2.10 km	~ 3.65 km		

1250 photovoltaic solar panels were used in Bornova Municipality SPP. This plant generates an average of 43.000 kWh of electrical energy. This energy produced is at a level that can meet the electrical energy needed by approximately 198 people in their daily lives (housing, industry, metro transportation, official apartment, environmental lighting, etc.). Considering only the houses, this power plant produces energy that can meet the electricity needs of approximately 147 houses (Energy Atlas, 2023c).

Bornova Municipality SPP, which is located on a 7000m² land (E-Municipality.info, 2015), is located in Erzene Neighborhood in Bornova district. Approximately 500 m bird flight to the settlements, It is located in the northeast of the Industrial Site. The distance to Ankara Street, which is the nearest highway, is approximately 784 m and the distance to Bornova Metro Station, which is the closest railway, is approximately It is 3.93 km. There is no sea transportation in the immediate vicinity (Table 6). In the service buildings of the power plant and the municipality, it is planned to meet ¼of the electrical energy needs (Energy Atlas, 2015), and also to prevent 250 tons of CO₂ emissions that cause environmental pollution every year (E-Municipality.info, 2015).

Seferihisar Municipality Closed Market SPP has been in operation since May 2014. An average of 248.200 kWh of electrical energy is produced in the power plant, which is built on the roof of the marketplace (E-Municipality.info, 2015). and photovoltaic solar panel is used. This energy produced is at a level that can meet the electrical energy needed by approximately 198 people in their daily lives (housing, industry, metro transportation, official apartments, environmental lighting, etc.). Considering only the houses, this power plant produces energy that can meet the electricity needs of approximately 83 houses (Energy Atlas, 2023d).

Table 6. Identification of Bornova Municipality Solar Power Plant**Çizelge 6.** Bornova Belediyesi Kapalı Pazaryeri Güneş Enerji Santrali'nin tanımlanması

GENERAL INFORMATION						
Name	Bornova Municipality Solar Power Plant					
Location	Bornova					
Year of Installation	2015					
Installed Power Amount	438 kWh					
Type of Ownership of the Land	Person (Private)		Treasury (State)	Village and Pasture		
			✓			
LOCATION SELECTION						
Installation Surface / Location Selection	Open Land				Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other		
	✓					
Distance to Different Uses	Residential		Industry	The Protected Areas		
	~ 500 m		~ 300 m	~ 4.69 km		
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway	Sea Route		
	~ 784 m		~ 3.93 km	-		

Seferihisar Closed Market SPP is located in Camikebir Neighborhood of Seferihisar district. The bird flight distance to Seferihisar Industrial Site in the northwest is approximately 1.81 km. The closest protected area around it is the Breadless Nature Park, where bird flight is 6.25 km. The distance to İzmir Street, which is the nearest highway, is about 530 meters and the distance to Sığacık Marina, which is the closest sea route, is about 4.90 km. There is no railway around Seferihisar Closed Market SPP (Table 7). With the energy produced, the heating, cooling and lighting needs of the municipality to which it belongs are met. 180 thousand kg of CO₂ emissions are also prevented with the installed power plant (Seferihisar Municipality, 2023).

Table 7. Identification of Seferihisar Municipality Closed Marketplace Solar Power Plant**Çizelge 7.** Seferihisar Belediyesi Kapalı Pazaryeri Güneş Enerji Santrali'nin tanımlanması

GENERAL INFORMATION						
Name	Seferihisar Municipality Closed Marketplace Solar Power Plant					
Location	Seferihisar					
Year of Installation	2014					
Installed Power Amount	248 kWh					
Type of Ownership of the Land	Person (Private)		Treasury (State)	Village and Pasture		
			✓			
LOCATION SELECTION						
Installation Surface / Location Selection	Open Land				Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other		
	✓					
Distance to Different Uses	Residential		Industry	The Protected Areas		
	0		~ 1.81 km	~ 6.25 km		
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway	Sea Route		
	~ 530 m		-	~ 4.90 km		

Selcuk Municipality Vegetable and Fruit Market SPP (Table 8) is located approximately 2.38 km from the settlement of İsa Bey Neighborhood in Selcuk district. The bird flight distance to Selçuk Efes Industrial Site, which is located in the south of the power plant located on the roof of Selçuk Municipality Vegetable and Fruit Market, is approximately 3.50 km. The Meryemana Nature Park and Selçuk Gebekirse Lake in its immediate vicinity are approximately 6.25 km away from the Wildlife Development Area. The distance to Selcuk-İzmir Road, which is the closest highway at bird flight distance, is approximately 160 m, and the distance to IZBAN Selcuk Station, which is the closest railway station, is approximately 2.40 km.

Table 8. Identification of Selçuk Municipality Vegetable and Fruit Market Solar Power Plant

Çizelge 8. Selçuk Belediyesi Sebze ve Meyve Hali Güneş Enerji Santrali'nin tanımlanması

GENERAL INFORMATION					
Name	Selçuk Municipality Vegetable and Fruit Market Solar Power Plant				
Location	Selçuk				
Year of Installation	-				
Installed Power Amount	-				
Type of Ownership of the Land	Person (Private)		Treasury (State)	Village and Pasture	
			✓		
LOCATION SELECTION					
Installation Surface / Location Selection	Open Land			Roof	Facing Work
	Agriculture	Forest	Pasture	Other	
				✓	
Distance to Different Uses	Residential		Industry	The Protected Areas	
	~ 2.38 km		~ 3.50 km	~ 6.25 km	
Distance to Transportation Axles	Highway		Railway	Sea Route	
	~ 160 m		~ 2.40 km	-	

Selcuk Municipality Vegetable and Fruit Market SPP is located approximately 10 km away from the Aegean Sea as a bird flight, but there is no sea transportation from this region. The distance to Kuşadası Port, which is the nearest port, is 15 km by bird flight.

In addition, the fact that solar power plants are installed on bird migration routes is also considered within the scope of environmental impacts. At this point, it would be more accurate to make a general evaluation of the subject since there is no mapping of bird migration routes in İzmir. According to Ö. Döndüren (2023, oral interview), bird migrations vary depending on many variables, especially migration character and migrating species. Immigration in Türkiye is generally concentrated in the Western Anatolia region. It is from north to south in autumn and from south to north in spring. When we look at the Aegean, it is possible to say that there are not many migration routes. In general terms, migration routes follow the Aegean coasts, concentrate on the Gediz Delta and wetlands are preferred especially by water birds; there is no intense migration movement within the city. Only swallows, bee birds, ebb birds, etc. make frontal migrations and when passing through Europe, the city uses the interior. In this context, especially the bee hawk passes over the Karaburun peninsula. The migration route of this species starts from Mytilene and continues southwards through Karaburun, west of İzmir High Technology Institute and Seferihisar, respectively. Species are affected by power plants. Especially when they encounter solar power plants, they start to land by thinking that the surfaces of these structures are water. According to Sabah Newspaper (2021), Selçuk is not only a region on the migration routes of storks but also an

important feeding and shelter point for storks due to its availability in terms of wetlands and swamps and the absence of noise pollution throughout the city.

CONCLUSIONS

In this study, which focuses on the protection and repair activities carried out in natural and cultural landscapes where solar power plants are installed, eight solar power plants located in the city of Izmir and established by local governments were examined. According to the data obtained from these examinations, the installation locations, years and installed power amounts of solar power plants differ from each other. In this context, the degrees of effect are also different from each other. Among the plants examined, it is seen that six of them are roof applications and two of them are land applications. In general terms, it has been observed that solar power plants, which are land applications, have more negative environmental effects than solar power plants, which are roof applications. Because land applications require more space use in terms of area preparation, logistics and installation.

ESHOT Gediz Workshop, Ekrem Akurgal Life Park, Bozyaka Closed Marketplace, Seferihisar Closed Marketplace, Selçuk Municipality Vegetable and Fruit Market and solar power plants are located in an existing settlement. For this reason, the creation of a transportation route during its installation, the establishment of a storage area, etc. did not cause actions that required the reshaping of the land. Existing highways have been used to deliver the necessary materials to the area and no negativity has been detected in the use of the area. Since these solar power plants are roof applications as installation surfaces, they do not constitute a negative situation in terms of land cover. In addition, for the same reason, vehicle users on the route are not adversely affected by the reflection and glare effect. However, it may cause people residing in the houses in their immediate vicinity to be adversely affected by glare and reflection at certain times of the day depending on the angle of sunlight. Solar power plants, which have industrial sites in their immediate vicinity, require more frequent irrigation and washing activities due to pollutants such as dust, etc. brought by the industry. This is a factor that increases the amount of water that needs to be used for cleaning and maintenance.

Ekrem Akurgal Life Park Solar Power Plant, there is no industrial site in the immediate vicinity of the Solar Power Plant, but due to its location, it may be exposed to pollutants such as dust, etc., especially since there are open lands in the north, which may increase the amount of water required during cleaning and maintenance.

Since Karşıyaka Municipality Solar Field and Bornova Municipality Solar Power Plant is an application based on land, changes are observed in terms of land use and land cover. Vegetable topsoil on the land has been removed, leveling, and excavation-filling processes have been carried out and thus the area has been made suitable for solar power plant installation. This situation causes a decrease in the amount of organic matter in the soil, compaction of the soil, air pollution, etc. Since new transportation axes are created in order to provide vehicle traffic with pedestrians and to carry out logistics activities, intense vibration, noise pollution and fragmentation between habitats lead to ecological deterioration.

Since Karşıyaka Municipality Solar Field and Bornova Municipality Solar Power Plant are located relatively outside the residential and transportation areas, no negativity was observed in terms of glare and reflection effect. However, since it is exposed to intensive sunlight, it is possible to state that the amount of water needed for cleaning and maintenance is high due to its proximity to the cooling and industrial site. There is also a risk of erosion in these areas. For this reason, it should be monitored at regular intervals and observations should be made.

Selçuk Municipality Vegetable and Fruit Market Solar Power Plant located in Selçuk, especially due to its proximity to Selçuk Gebekirse Lake Wildlife Development Area, its important wetlands and marshes,

which offer a favorable habitat for many species, can create negativity for these species. In addition, Seferihisar Municipality Closed Marketplace Solar Energy, which is located in the Seferihisar district on the bee hawk migration route, the power plant can also create negativity in terms of bird species. It can mislead species into landing or cause them to be negatively affected by glare.

Although the orientation of local municipalities towards solar energy for renewable energy is not limited to these plants, it is developing and expanding day by day. The applications aim to reduce greenhouse gas emissions and contribute to nature and the economy (İzmir Metropolitan Municipality, 2021). When the applications made and planned to be made are examined, it is seen that the majority of them are roof applications. This situation is considered positive in terms of realizing renewable energy applications without causing land shaping and habitat fragmentation.

Solar power plants, which reduce foreign dependence on energy (Energy Atlas, 2023d), create added value on local and economic activities when the amount of energy produced and the areas that use this energy are evaluated. However, what needs to be done to protect natural and cultural landscapes and to carry out landscape repair in degraded areas is summarized below.

- When used for logistic purposes, existing transportation corridors should be preferred as much as possible and habitat fragmentation should be prevented,
- The scraped topsoil should be stored under appropriate conditions for repair,
- Regular control and maintenance of the exhaust systems of the vehicles should be ensured, and the formation of pollutants and compaction of the soil should be prevented by controlling the speed limits,
- Frequent and sufficient irrigation should be done,
- In order to reduce the use of water, structural or plant applications that will reduce the dust retention of the panels should be included (for example, creating plant curtains in the direction of the prevailing wind, harvesting and storing rainwater, etc.),
- Erosion control has to be performed,
- Domestic wastes should be properly stored and disposed of in regular storage areas,
- Solid and liquid hazardous wastes should be stored in accordance with the regulations and on-site waste management and hazardous material management plans should be prepared,
- The transfer of pollutants to the surrounding areas and water sources has to be prevented by creating a drainage system.

In this context, appropriate and comprehensive landscape protection plans should be prepared first. During the application, the effects that may occur in certain periods in the short and long term should be monitored and changes should be made as a result of observations. In ongoing or new applications, protection decisions and repair decisions for terminated solar power plant areas should be made accordingly.

REFERENCES

- Akpan, U.F. & G.E. Akpan, 2012. The contribution of energy consumption to climate change: A feasible policy direction. *International Journal of Energy Economics and Policy* 2 (1): 21-33. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijeeep/issue/31899/350661?publisher=http-www-cag-edu-tr-ilhan-ozturk>
- Aydın, E., 2020. Küresel İklim Değişikliğinin Güneş Enerjisi Özelinde Yenilenebilir Enerji Potansiyeline Etkisi ve Arazi Örtüsü ile İlişkisi: Van örneği. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi (Unpublished) Master's Thesis, Van, 68s.

- Birişçi, T., M.A. Güney, H.S. Türel, & Ç. Kılıçaslan, 2012. Bitkisel Tasarım. Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, 73s.
- Cao, X. 2003 energy development: Implications for developing countries, Resources Policy, 29: 61-67s. doi:10.1016/j.resourpol.2004.05.001
- Energy Atlas, 2015. Bornova Belediyesi GES haberleri. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/video/bornova-belediyesi-ges-haberi.html>) (Date accessed: March 2023).
- Energy Atlas, 2022a. Güneş enerji santralleri. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes/>) (Date accessed: October 2022).
- Energy Atlas, 2022b. İzmir güneş enerjisi potansiyeli haritası. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/izmir>) (Date accessed: October 2022).
- Energy Atlas, 2022c. Seferihisar Belediyesi güneş enerjisi santrali – GES. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes/seferihisar-belediyesi-gunes-enerjisi-santrali.html>) (Date accessed: November 2022).
- Energy Atlas, 2023a. Karşıyaka Belediyesi güneş tarlası. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes/karsiyaka-belediyesi-gunes-tarlası.html>) (Date accessed: March 2023).
- Energy Atlas, 2023b. Bozyaka Pazaryeri güneş enerji santrali. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes/bozyaka-pazaryeri-gunes-enerji-santrali.html>) (Date accessed: March 2023).
- Energy Atlas, 2023c. Bornova Belediyesi güneş enerjisi santrali. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes/bornova-belediyesi-gunes-enerjisi-santrali.html>) (Date accessed: March 2023).
- Energy Atlas, 2023d. Seferihisar Belediyesi güneş enerjisi santrali. (Web page: <https://www.enerjiatlas.com/gunes/seferihisar-belediyesi-gunes-enerjisi-santrali.html>) (Date accessed: March 2023).
- Energy Diary, 2016. Bornova Belediyesi'nin güneş enerji santrali kara geçti. (Web page: <https://www.enerjigunlugu.net/bornova-belediyesinin-gunes-santrali-kara-gecti-19641h.htm>) (Date accessed: November 2022).
- E-Municipality.info, 2015. Belediyelerden "GES" atağı. (Web page: <https://www.ebelediye.info/dosya/belediyelerden-ges-atagi>) (Date accessed: November 2022).
- ESHOT, 2017. Temiz enerji için İzmir örneği. (Web page: <https://www.eshot.gov.tr/tr/Haberler/3571/91>) (Date accessed: November 2022).
- ESHOT, 2020. (Web page: <https://www.eshot.gov.tr/tr/Haberler/3734/91?AspxAutoDetectCookieSupport=1>) (Date accessed: November 2022).
- ESHOT, 2023. (Web page: <https://www.eshot.gov.tr/tr/GunesEnerjisiSantrali?AspxAutoDetectCookieSupport=1>) (Date accessed: January 2023).
- Güner, E. D., S. Tekin, A. Çilek, M. Ünal Çiçek, 2021. Güneş enerji santrali için uygun alanların CBS tabanlı AHP yöntemi ile belirlenmesi: Mersin ili örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi 36 (1): 11-24. doi.org/10.21605/cukurovaumfd.933209
- Healthy City Izmir, 2023. Ekrem Akurgal yaşam parkı, temiz enerji için İzmir örneği. (Web page: <https://skpo.izmir.bel.tr/DuyuruDetay.aspx?id=113>) (Date accessed: February 2023)
- İzmir Metropolitan Municipality, 2020. İzmir sustainable energy and climate action plan, (Web page: https://skpo.izmir.bel.tr/Upload_Files/FckFiles/file/2020/WEB_SAYFASI_SECAP-ingilizce.pdf) (Date accessed: March 2023).
- İzmir Metropolitan Municipality, 2021. İzmir'de 5 tesisin daha çatısına güneş enerji santrali kuruluyor. (Web page: <https://www.izmir.bel.tr/tr/Haberler/izmir-de-5-tesis-in-daha-catisina-gunes-enerji-santrali-kuruluyor/> 45452/156) (Date accessed: March 2023).
- İpekler Electric, 2022. Selçuk Belediyesi hal binası, İzmir (150 kWp). (Web page: <https://www.ipekler.com.tr/arama?q=SEL%C3%87UK>) (Date accessed: November 2022).
- İZKA, 2016. İzmir güneş enerjisi sektörü. (Web page: <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/zmirde-gunes-enerjisi-sektorunde-yatirim.pdf>) (Date accessed: January 2023).
- Karabağlar Municipality, 2014. 2014 yılı faaliyet raporu. (Web page: <https://docplayer.biz.tr/822927-2014-yili-faaliyet-raporu.html>) (Date accessed: November 2022).

- Karadan, D. & T. Birişçi, 2020. Investigation Of Water Facilities And Their Use In Landscape Desing In The Case Of Shopping Centers In Izmir. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 57 (4): 579-589. doi.org/10.20289/zfdergi.690231
- Karşıyaka Municipality, 2022. (Web page: <https://www.karsiyaka.bel.tr/karsiyakanin-ikinci-gunes-tarlası-tamamlandı>) (Date accessed: October 2022).
- Karşıyaka Municipality, 2023. Karşıyaka güneş tarlasından 5 milyon kazandı. (Web page: <https://www.karsiyaka.bel.tr/karsiyaka-gunes-tarlasından-5-milyon-kazandı>) (Date accessed: March 2023).
- Kengpol, A., P. Rontlaong & M. Tuominen, 2013. A decision support system for selection of solar power plant locations by applying fuzzy AHP and TOPSIS: An empirical study. *Journal of Software Engineering Application*, 6 (9):470– 481.
- Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, 2017. Güneş enerjisi santralleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi. (Web page: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editedosya/CEDbrosur9.pdf>) (Date accessed: November 2022).
- Noorollahi, E., D. Fadai, S. M. Akbarpour, & S. Ghodsipour, 2016. Land suitability analysis for solar farms exploitation using GIS and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)—a case study of Iran. *Energies*, 9 (8): 643.
- Sabah Newspaper, 2014. Güneş enerjisiyle kazanacak. (Web page: <https://www.sabah.com.tr/egeli/2014/05/25/gunes-enerjisiyle-kazanacak>) (Date accessed: March 2023)
- Sabah Newspaper, 2021. Baharın müjdecisi leylekler Selçuk semalarında. (Web page: <https://www.sabah.com.tr/izmir/2021/03/01/baharin-mujdecisi-leylekler-selcuk-semalarında>) (Date accessed: March 2023).
- Seferihisar Municipality, 2023. Seferihisar Belediyesi kapalı Pazar yerinde fotovoltaik güç santrali kurulumu. (Web page: <http://seferihisar.bel.tr/seferihisar-belediyesi-kapalı-pazar-yerinde-fotovoltaik-guc-santrali-kurulumu/>) (Date accessed: March 2023).
- Taktak, F. & M. İli, 2018. Güneş Enerji Santrali (GES) geliştirme: Uşak örneği. *Geomatik Dergisi*, 3 (1): 1-21. <https://doi.org/10.29128/geomatik.329561>
- TEİAŞ, 2022. Yük tevzi başkanlığı – Kurulu güç raporu – Kasım 2022. (Web page: <https://webim.teias.gov.tr/file/3d02c82f-83a2-46dd-bc18-7c89b27c1a13>) (Date accessed: Kasım 2022).
- Uyan, M. 2017. GIS-Supported mapping of solar power plants sites using AHP method. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences* 23 (4): 343-351. doi: 10.5505/pajes.2016.59489
- Yapı, 2014. (Web page: http://www.yapi.com.tr/haberler/karsiyakaya-gunes-tarlası_123747.html) (Date accessed: March 2023).



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):611-626
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1341393>

Fatma YARDİBİ^{1*}

Mehmet Ziya FIRAT¹

¹ Akdeniz University, Faculty of Agriculture,
Department of Animal Science, 07070,
Konyaaltı, Antalya, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):
fatmayardibi@gmail.com

Modeling of different covariance structures with the Bayesian method in repeated measurements*

Tekrarlanan ölçümlerde farklı kovaryans yapılarının Bayes yöntemi ile modellenmesi

* This article is summarized from the 1st author's doctoral thesis.

Received (Alınış): 11.08.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.12.2023

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to obtain solutions by modeling different covariance structures with Bayesian analysis methods in repeated measurement and to show its applicability to data in animal science.

Materials and Methods: This article focused on the analysis of the body weight data of 4154 weaned 8-month-old lambs. Repeated measurement analyses based on the mixed effect model were evaluated with Bayesian methods. Models were created for 12 different covariance structures. As the model comparison criterion, Deviation Information Criteria based on the relationship between the fit of the data to the model and the complexity of the model were used.

Result: Among 12 different covariance structures, the unstructured covariance structure was determined as a suitable structure for the data of this study.

Conclusions: It was concluded that various variance-covariance structures, such as body weight, can be easily modeled in repeated measurement data. Instead of PROC MCMC methods that require complex and computational difficulties and profound coding knowledge, it was presented a relatively user-friendly and fast procedure with its theoretical structure and demonstrated its feasibility. As a result of the literature review, this is the first study in which Bayesian methods solved a wide variety of variance-covariance structure models.

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, tekrarlı ölçümlerde farklı kovaryans yapılarını Bayes analiz yöntemleriyle modelleyerek çözümler elde etmeyi ve bunun hayvan bilimindeki verilere uygulanabilirliğini göstermeyi amaçlamaktadır.

Materyal ve Yöntem: Bu makalede süttten kesilmiş 8 aylık 4154 kuzunun canlı ağırlık verileri analiz edilmiştir. Karma etki modeline dayalı tekrarlı ölçüm analizleri Bayes yöntemleri ile değerlendirilmiştir. 12 farklı kovaryans yapısı için modeller oluşturulmuştur. Model karşılaştırma kriteri olarak, verilerin modele uyumu ile modelin karmaşıklığı arasındaki ilişkiye dayalı Sapma Bilgi Kriterleri kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: 12 farklı kovaryans yapısı arasından yapılandırılmamış kovaryans yapısının bu çalışmanın verilerine uygun yapı olduğu belirlendi.

Sonuç: Tekrarlanan ölçüm verilerinde vücut ağırlığı gibi çeşitli varyans-kovaryans yapılarının kolaylıkla modellenebileceği gösterilmiştir. Karmaşık ve hesaplama zorlukları ve derin kodlama bilgisi gerektiren PROC MCMC yöntemleri yerine, nispeten kullanıcı dostu ve hızlı bir prosedür, teorik yapısıyla birlikte sunuldu ve uygulanabilirliği gösterildi. Literatür taraması sonucunda bu, Bayes yöntemlerin çok çeşitli varyans-kovaryans yapı modellerini çözdüğü ilk çalışmadır.

Keywords: MCMC, Mixed model, Monte Carlo methods, prior distributions, Proc BGLIMM

Anahtar sözcükler: Karma model, MCMC, Monte Carlo yöntemleri, önsel dağılım, Proc BGLIMM

INTRODUCTION

Repeated measurement analysis is a widely used design in biological researches. The primary purpose of repeated measurement data is to examine simple factor effects (main effects) and their interaction effects. The strength of this method is that repeated measurement analysis is the only design form in which it is possible to obtain information on individual variations. Standard regression and variance analysis methods do not meet the appropriate assumptions for repeated measurements. The models and methods to analyze these data have to define the relationship between the observations obtained from the same unit. For this reason and because of their correlation structure, there is a need to represent the repeated measures data with special statistical models and their complementary analysis methods. Mixed models provide more flexibility in modeling covariance structures for repeated measurement data and adequately explain the time-dependent correlations of units (Eyduran & Akbaş, 2010; Littell et al., 1998). Verbeke and Molenberghs are pioneers in repeated measures, particularly with their work "Linear Mixed Models for Longitudinal Data," which is considered a classic in repeated measurement analysis. The mixed model for repeated measures is popular for individually randomized trials with continuous longitudinal outcomes. The advantage of this method is that it does not have to take an equal number of measurements, observations with missing data are included in the analysis, and it is flexible in determining the covariance structure suitable for the data (Cnaan et al., 1997; Verbeke & Molenberghs, 2012). Bayesian Monte Carlo methods offer a more effective alternative to statistical methods such as Maximum Likelihood (ML). For instance, quantitative genetics has a historical record of relying on Bayesian statistics, especially in animal breeding, since Sorensen and Gianola's seminal work (de Villemereuil, 2019; Sorensen et al., 2002). Geneticists Daniel Gianola and Daniel Sorensen introduced MCMC procedures in the 1990s to solve animal breeding problems using Bayesian statistics, and its use has become more and more common. Instead of using the mathematical expression, MCMC provides a set of random sample numbers extracted from a probability density function (Blasco & Blasco, 2017). Unlike traditional approaches to estimating model parameters, a Bayesian paradigm treats model parameters as random variables, and Bayes' theorem is used to derive probability distributions for model parameters.

As with all statistical models, each measurement has a residual. Since repeated measures on the same individual are usually serially correlated, it is usual to have residuals that are not independently and identically distributed, meaning that the covariance structure of the residuals must be clearly modeled (McNeish, 2017). Correct determination of covariance structures for repeated measurements is essential for accurately estimating the standard errors of the coefficients of the mean profiles (Fitzmaurice et al., 2012). Although evaluating a suitable covariance structure for the data is complex, mixed model analysis is more sensitive. A complex situation becomes even more complicated when the covariance structure is unknown. In this case, the key to the data analysis strategy is to choose the covariance structure.

The expression of the general linear mixed model in matrix form is as follows:

$$Y = X\beta + Z\gamma + \varepsilon$$

In the equation here, X and Z are the design matrix for fixed and random effects, respectively, β and γ are the fixed and random effects vectors, respectively, and ε is the errors vector. It is assumed that γ and ε are $N(\mathbf{0}, G)$ and $N(\mathbf{0}, R)$ distributions and independent, respectively.

While the error vector is normally distributed with $e_i \sim N(0, R_i)$, it is $R_i = cov(e_i)$. Assuming that the random effects are normally distributed, the expected value and variance of the model are as follows:

$$E \begin{bmatrix} Y_i \\ e_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \text{ and } Var \begin{bmatrix} Y \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & R \end{bmatrix}.$$

The representation of the covariance matrix of G random effects and the covariance matrix of errors R are as follows:

$$\mathbf{G} = \text{Var}(\gamma_i) = \begin{bmatrix} \text{var}(\gamma_{1i}) & \text{cov}(\gamma_{1i}, \gamma_{2i}) & \dots & \text{cov}(\gamma_{1i}, \gamma_{qi}) \\ \text{cov}(\gamma_{1i}, \gamma_{2i}) & \text{var}(\gamma_{2i}) & \dots & \text{cov}(\gamma_{2i}, \gamma_{qi}) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \text{cov}(\gamma_{1i}, \gamma_{qi}) & \text{cov}(\gamma_{2i}, \gamma_{qi}) & \dots & \text{var}(\gamma_{qi}) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R} = \text{Var}(e_i) = \begin{bmatrix} \text{var}(e_{1i}) & \text{cov}(e_{1i}, e_{2i}) & \dots & \text{cov}(e_{1i}, e_{ni}) \\ \text{cov}(e_{1i}, e_{2i}) & \text{var}(e_{2i}) & \dots & \text{cov}(e_{2i}, e_{ni}) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \text{cov}(e_{1i}, e_{ni}) & \text{cov}(e_{2i}, e_{ni}) & \dots & \text{var}(e_{ni}) \end{bmatrix}$$

In the classical mixed model, $\mathbf{R} = \sigma^2 \mathbf{I}$, where \mathbf{I} is the $n \times n$ identity matrix, and \mathbf{G} is the diagonal matrix containing variance components. The choice of the covariance structure is equivalent to the choice of structure for \mathbf{G} and \mathbf{R} . The first step is to consider the study's design and the obstructive nature of the observations (Gomez et al., 2005).

This article is about facilitating the modeling of different covariance structures. Growth data collected from lambs at different times were used to represent repeated measurement data commonly used in animal science. Generating 12 models with different covariance structures for body weight data and show how all models can fit in PROC BGLIMM because the procedure is relatively new. In the SAS package program, Bayesian solutions are implemented using not only the long-standing original and versatile Bayesian procedure, PROC MCMC, but also the new PROC BGLIMM procedure. PROC MCMC is a simulation-based general Bayesian approach that offers flexibility in model specification but requires more user programming knowledge. Mixing efficiency can sometimes be less than due to the general sampling (non-model-specific) algorithms that PROC MCMC uses (Chen et al., 2016). PROC MCMC also has certain limitations, such as the absence of automated support for a CLASS statement to manage categorical variables. PROC BGLIMM is a Bayesian procedure designed explicitly for fitting generalized linear mixed models using Markov chain Monte Carlo methods. It employs optimal parallelized sampling algorithms for improved performance, handles multilevel nested and non-nested random-effects models, and fits models to multivariate or longitudinal data that contain repeated measurements (Shi & Chen, 2019). The Bayesian approach to statistical modeling involves treating model parameters as random variables and estimating the joint distribution of all parameters in the model. This can be done using Markov chain Monte Carlo (MCMC) methods, which allow for sampling from the posterior distribution of the model parameters given the data. The random effects parameter $\boldsymbol{\gamma}$ adds an extra sampling step to the Gibbs algorithm, thus eliminating the need to integrate $\boldsymbol{\gamma}$ to make inferences about $\boldsymbol{\beta}$ numerically. MCMC methods generate estimates of the marginal distribution for all fixed-effects parameters, including the \mathbf{G} and \mathbf{R} covariance matrices.

MATERIALS and METHOD

Data set and descriptive statistics

The material of this study consists of the repeated measurements of body weight data of 4154 weaned 8-month-old lambs. The number of measurements is the same for each animal, and body weight measurements from 1 to 6 months were taken for each animal. The herd year (1 to 6), the number of days to weaning, and the sire were recorded for each animal. Data for analysis were prepared in longitudinal data format for 59 sires, with a record for the time of measurement in one column and a record for each time at which body weight was measured in another column. The change of the repeated measurement body weight data of lambs from the first month to the sixth month is depicted in Figure 1 with a boxplot.

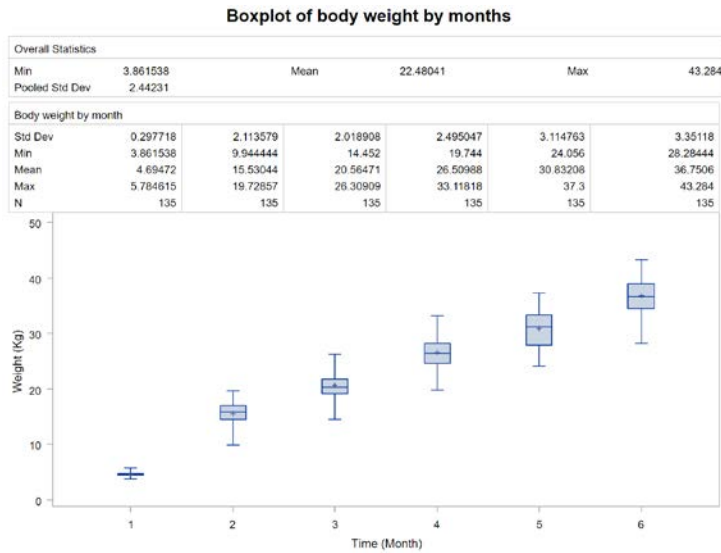


Figure 1. Boxplot of body weight by months.

Şekil 1. Aylara göre vücut ağırlığı kutu grafiği.

The profile graph showing the change of body weights over time (months) according to six different herd years is given in Figure 2. To have the correct standard errors of the estimated coefficients of the mean profile, it is necessary to have or know a good idea of the appropriate covariance structure of repeated measurements. In a Bayesian framework, the accurate covariance matrix will have appropriate standard deviations for the posterior distribution of the coefficients included in the mean profile of the repeated response over time. It should be noted that the covariance matrix of errors in the mean response depends on the mean response and vice versa, so these two items are related.

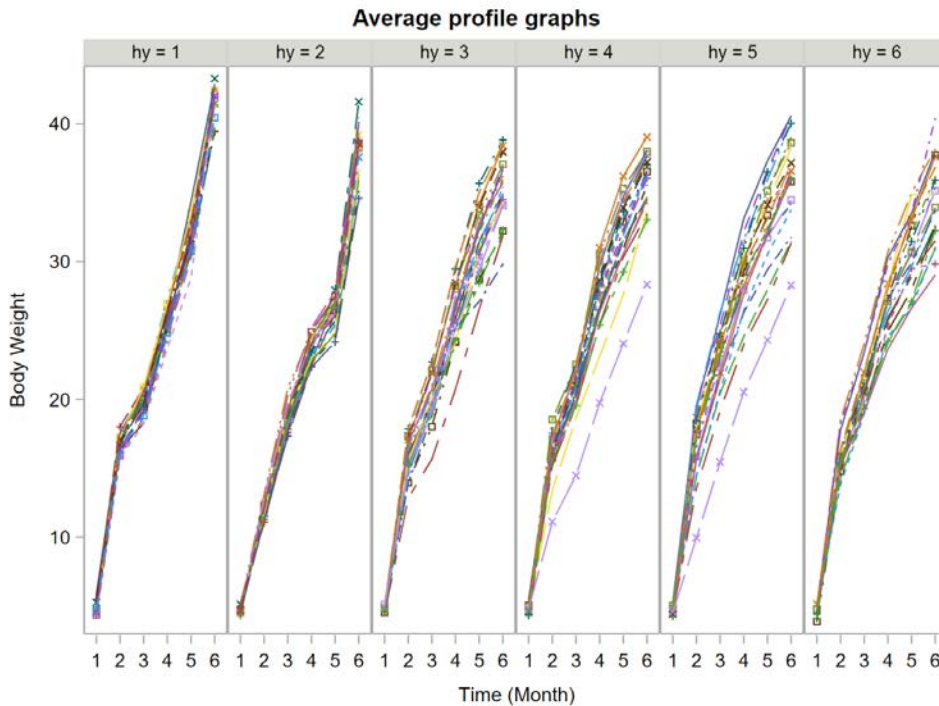


Figure 2. Average profile graphs for body weights (hy: herd year).

Şekil 2. Canlı ağırlık için ortalama profil grafikleri (sürü yılına göre).

Bayesian formulation of repeated measures

In this study, a linear mixed model will be used. The linear mixed model is a generalized version of the linear model. In the general form, the linear mixed model is as follows: when the i th individual has n_i repeated measurements.

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_i\boldsymbol{\gamma}_i + \boldsymbol{\varepsilon}_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.1)$$

where \mathbf{y}_i is $(n_i \times 1)$ dimensional observation vector for i th individual and n_i is the number of measurements for the i th individual; \mathbf{X}_i is $(n_i \times p)$ dimensional design matrix for the fixed effects; $\boldsymbol{\beta}$ is $(p \times 1)$ dimensional vector of unknown fixed regression coefficients; \mathbf{Z}_i is $(n_i \times q)$ dimensional a matrix of covariates associated with the random effect; $\boldsymbol{\gamma}_i$ is $(q \times 1)$ dimensional vector of random effects parameters and $\boldsymbol{\gamma}_i \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}_i)$; and $\boldsymbol{\varepsilon}_i$ is $(n_i \times 1)$ dimensional a vector of error terms and $\boldsymbol{\varepsilon}_i \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R}_i)$ and is independent of $\boldsymbol{\gamma}_i$.

When the sire effect is assumed to be a random effect, in this case, the effect of each sire on the response variable \mathbf{y}_i , is represented by a random effect vector $\boldsymbol{\gamma}_i$. Suppose the relationship between the effects of all sire is described by a normal distribution with a mean of 0 and a variance of σ_s^2 .

Repeated measurements can be obtained either as multiple measurements taken from the same trial unit at the same time or as a single measurement taken from the same trial unit multiple times or as a combination of these two. In this case, suppose $\boldsymbol{\varepsilon}_i = \{\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{i2}, \dots, \varepsilon_{im}\}$ is a vector of measurements taken from m equal time interval. Each of the measurements comes from a normal distribution and has the following covariance matrix.

$$\mathbf{R}_i = \text{Var}(\boldsymbol{\varepsilon}_i) = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{21} & \dots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \dots & \sigma_{mm} \end{bmatrix}$$

Since all measurements were taken from the same experimental unit, they are related to each other. Here \mathbf{R}_i is the covariance matrix of the errors for the i th individual. A linear mixed model extends the simple multiple regression model, $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon}$, and allows the random effect $\boldsymbol{\gamma}_i$ to be added to the regression coefficients. In other words, the addition of random effects helps to distinguish between the conditional mean (individual-specific) $E(\mathbf{y}_i|\boldsymbol{\gamma}_i) = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_i\boldsymbol{\gamma}_i$ and the marginal mean (population-mean) $E(\mathbf{y}_i) = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}$. Similarly, the individual-specific covariance $\text{Cov}(\mathbf{y}_i|\boldsymbol{\gamma}_i)$ and the population-mean covariance $\text{Cov}(\mathbf{y}_i)$ are:

$$\begin{aligned} \text{Cov}(\mathbf{y}_i|\boldsymbol{\gamma}_i) &= \text{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}_i) = \mathbf{R}_i \\ \text{Cov}(\mathbf{y}_i) &= \text{Cov}(\mathbf{Z}_i\boldsymbol{\gamma}_i) + \text{Cov}(\boldsymbol{\varepsilon}_i) = \mathbf{Z}_i\mathbf{G}_i\mathbf{Z}_i' + \mathbf{R}_i \end{aligned}$$

Finally, $\mathbf{y}_i \sim N(\mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta}, \mathbf{Z}_i\mathbf{G}_i\mathbf{Z}_i' + \mathbf{R}_i)$ can be written for each individual. Here, the variance of \mathbf{y}_i is $\mathbf{V}_i = \mathbf{Z}_i\mathbf{G}_i\mathbf{Z}_i' + \mathbf{R}_i$. The random part of the model was fitted by identifying the terms describing the random pattern matrix \mathbf{Z}_i and determining the variance-covariance structures of the matrices \mathbf{G}_i and \mathbf{R}_i . Now, suppose we have matrix $\mathbf{Z}_{N \times m} = \text{block diagonal}[\mathbf{Z}_i]$ where $\sum_{i=1}^m n_i$. We assume that $\mathbf{Y} = (y'_1, y'_2, \dots, y'_m)'$, $\mathbf{X} = (X'_1, X'_2, \dots, X'_m)'$, $\boldsymbol{\gamma} = (\gamma'_1, \gamma'_2, \dots, \gamma'_m)'$, $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon'_1, \varepsilon'_2, \dots, \varepsilon'_m)'$, $\mathbf{G} = \text{blockdiagonal}[\mathbf{G}_i]$, and $\mathbf{R} = \text{blockdiagonal}[\mathbf{R}_i]$ for the sake of simplicity of notation. The linear mixed effects model in Equation (2.1) can be rewritten in full matrix notation.

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2.2)$$

The marginal probability density function of $\mathbf{Y} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \mathbf{Z}\mathbf{G}\mathbf{Z}' + \mathbf{R})$ and given $\boldsymbol{\gamma}$, the conditional density function of \mathbf{Y} can be written as $\mathbf{Y}|\boldsymbol{\gamma} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma}, \mathbf{R})$. In addition to these assumptions, the $\boldsymbol{\gamma} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G})$ and $\boldsymbol{\varepsilon} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R})$ assumptions should be considered while constructing the mixed effects likelihood function.

Prior distribution

The most critical part of Bayesian analysis is to assign prior distributions to all unknown parameters $(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{G}, \mathbf{R})$ in the model. In the case of the fixed effects vector $\boldsymbol{\beta}$, the multivariate normal distribution representing sufficient a priori information about these parameters is determined as the a priori distribution and can be written as following.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\beta} | b_0, B_0 &\sim N(b_0, B_0). \\ f(\boldsymbol{\beta} | b_0, B_0) &\propto |B_0|^{-\frac{p}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\boldsymbol{\beta} - b_0)' B_0^{-1} (\boldsymbol{\beta} - b_0) \right\} \end{aligned} \quad (2.3)$$

The random effects vector $\boldsymbol{\gamma}$ can be determined as the normal distribution to a priori distribution.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\gamma} | G &\sim N(0, G) \\ f(\boldsymbol{\gamma} | G) &\propto |G|^{-\frac{q}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \boldsymbol{\gamma}' G^{-1} \boldsymbol{\gamma} \right\} \end{aligned} \quad (2.4)$$

To complete the prior distribution definitions, the variance-covariance matrices \mathbf{G} and \mathbf{R} need to be determined. It is possible to specify a prior probability expression for the parameters \mathbf{G} and \mathbf{R} . It will be assumed that these parameters have an inverse-Wishart distribution. Given V_g and v_g , the prior distribution of \mathbf{G} can be written as;

$$\begin{aligned} G &\sim W_m(v_g + m, V_g) \\ f(G | v_g, V_g) &\propto |G|^{-\frac{1}{2}(v_g + m + 1)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr} (v_g G^{-1} V_g) \right\} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Similarly, given V_r ve v_r , the density function of the prior distribution of \mathbf{R} is the inverse-Wishart distribution given below.

$$\begin{aligned} R &\sim W_m(v_r + m, V_r) \\ f(R | v_r, V_r) &\propto |R|^{-\frac{1}{2}(v_r + m + 1)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr} (v_r R^{-1} V_r) \right\} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Here, V_g and V_r are hyperparameters of $(m \times m)$ dimensional and can be interpreted as initial values of prior distributions of variance-covariance parameters \mathbf{G} and \mathbf{R} , respectively. v_g and v_r are also hyperparameters of the prior distribution of the variance-covariance matrix, and these are as a measure of the degree of belief in V_g and V_r or as integer values that can be interpreted as degrees of freedom. When $V_g = 0$ and $V_r = 0$, in the absence of a priori information, the priori distributions of \mathbf{G} and \mathbf{R} given in equations (2.5) and (2.6) will be noninformative as follows.

$$\begin{aligned} f(G) &\propto |G|^{-\frac{1}{2}(m+1)} \\ f(R) &\propto |R|^{-\frac{1}{2}(m+1)} \end{aligned}$$

Likelihood function

Model (2.2) states that given $\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{G}$, and \mathbf{R} , the observation vector \mathbf{Y} has the following likelihood function.

$$f(\mathbf{Y} | \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{G}, \mathbf{R}) = (2\pi)^{-N/2} |\mathbf{R}|^{-N/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma})' \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma}) \right\} \quad (2.7)$$

Joint posterior density function

The prior distributions given in equations (2.3), (2.4), (2.5) and (2.6) for $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\gamma}$, \mathbf{G} and \mathbf{R} , respectively, are multiplied by the likelihood function given in (2.7) for the model in (2.2). Given \mathbf{Y} according to Bayes' rule, the joint posterior density function of the parameters can be obtained as follows.

$$\begin{aligned} f(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{G}, \mathbf{R} | \mathbf{Y}) &= f(\boldsymbol{\beta} | b_0, B_0) \times f(\boldsymbol{\gamma} | \mathbf{G}) \times f(\mathbf{G} | v_g, V_g) \times f(\mathbf{R} | v_r, V_r) \times f(\mathbf{Y} | \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{G}, \mathbf{R}) \\ &\propto |\mathbf{B}_0|^{-\frac{p}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\boldsymbol{\beta} - \mathbf{b}_0)' \mathbf{B}_0^{-1} (\boldsymbol{\beta} - \mathbf{b}_0) \right\} \times |\mathbf{G}|^{-\frac{q}{2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \boldsymbol{\gamma}' \mathbf{G}^{-1} \boldsymbol{\gamma} \right\} \\ &\times |\mathbf{G}|^{-\frac{1}{2}(v_g+m+1)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr}(v_g \mathbf{G}^{-1} V_g) \right\} \times |\mathbf{R}|^{-\frac{1}{2}(v_r+m+1)} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr}(v_r \mathbf{R}^{-1} V_r) \right\} \\ &\times |\mathbf{R}|^{-N/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma})' \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma}) \right\} \end{aligned}$$

which can be rewritten as

$$\begin{aligned} f(\boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \mathbf{G}, \mathbf{R} | \mathbf{Y}) &\propto |\mathbf{B}_0|^{-\frac{p}{2}} |\mathbf{G}|^{-\frac{1}{2}(q+v_g+m+1)} |\mathbf{R}|^{-\frac{1}{2}(N+v_r+m+1)} \\ &\times \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\boldsymbol{\beta} - \mathbf{b}_0)' \mathbf{B}_0^{-1} (\boldsymbol{\beta} - \mathbf{b}_0) \right\} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr}[\mathbf{G}^{-1}(v_g V_g + \boldsymbol{\gamma}' \boldsymbol{\gamma})] \right\} \\ &\times \exp \left\{ -\frac{1}{2} \text{tr}[\mathbf{R}^{-1}(v_r V_r + (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma})' (\mathbf{Y} - \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma}))] \right\} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Let's denote all parameters $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\gamma}$, \mathbf{G} and \mathbf{R} , with $\boldsymbol{\theta}$ and let $\pi(\boldsymbol{\theta})$ be the function of interest. Bayesian interpretation aims to obtain the expected mean under the posterior density function.

$$E[\pi(\boldsymbol{\theta})] = \int f(\mathbf{Y} | \boldsymbol{\theta}) f(\boldsymbol{\theta}) d\boldsymbol{\theta} \quad (2.9)$$

Where $f(\boldsymbol{\theta}) = f(\boldsymbol{\beta} | b_0, B_0) \times f(\boldsymbol{\gamma} | \mathbf{G}) \times f(\mathbf{G} | v_g, V_g) \times f(\mathbf{R} | v_r, V_r)$, $f(\mathbf{Y} | \boldsymbol{\theta})$ is the conditional density function of \mathbf{Y} given the parameters or the likelihood function given in (2.7). There are at least two difficulties in obtaining this. In particular, (2.9) is analytically challenging to obtain. Second, although the standard Monte Carlo approach can be a solution for such a high-dimensional integral problem, it is not easy to apply. Because the marginal posterior density function may be of an unknown form and it is not easy to draw a sample from such a density function. Fortunately, the Gibbs sampling approach can be applied to overcome this problem, which allows the user to draw samples from the joint distribution using the conditional posterior distribution of each parameter, given the other parameters.

Full conditional posterior densities

To apply Gibbs sampling for the model given in Equation (2.2), fully conditional posterior distributions of $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\gamma}$, \mathbf{G} and \mathbf{R} are required, given the remaining parameters. Considering the conditional posterior distribution gives an idea about the structure of the posterior distribution and provides the basis for an effective calculation. The full conditional posterior distributions of $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\gamma}$, \mathbf{G} , and \mathbf{R} are obtained from the joint posterior probability density function given in (2.8). To obtain the full conditional distributions of $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\gamma}$, the following rule is used. Let the probability density function of the vector $\boldsymbol{\theta}$ be proportional to the following exponential expression;

$$\exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} (\boldsymbol{\theta}' \mathbf{A} \boldsymbol{\theta} - 2\boldsymbol{\theta}' a) \right\}$$

Where \mathbf{A} is a positive definite matrix, the distribution of $\boldsymbol{\theta}$ is $N(\mathbf{A}^{-1}a, \mathbf{A}^{-1})$ in this case.

Conditional posterior distribution of $\boldsymbol{\beta}$: The conditional posterior probability density function of $\boldsymbol{\beta}$ is proportional to the following exponential expression.

$$\exp \left\{ -\frac{1}{2} [\boldsymbol{\beta}' (\mathbf{X}' \mathbf{R}^{-1} \mathbf{X} + \mathbf{B}_0^{-1}) \boldsymbol{\beta} - 2\boldsymbol{\beta}' (\mathbf{X}' \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{Z}\boldsymbol{\gamma}) + \mathbf{B}_0^{-1} b_0)] \right\}$$

Thus, the conditional posterior distribution of β is as follows.

$$[\beta|\gamma, G, R, Y] \sim N\left(\left(X'R^{-1}X + B_0^{-1}\right)^{-1}\left(X'R^{-1}(Y - Z\gamma) + B_0^{-1}b_0\right), \left(X'R^{-1}X + B_0^{-1}\right)^{-1}\right) \quad (2.10)$$

Conditional posterior distribution of γ : The conditional posterior probability density function of γ is proportional to the following exponential expression.

$$\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma'(G + Z'R^{-1}Z)\gamma - 2\gamma'(Z'R^{-1}(Y - X\beta))\right]\right\}$$

Thus, the conditional posterior distribution of γ is as follows.

$$[\gamma|\beta, G, R, Y] \sim N\left(\left(G + Z'R^{-1}Z\right)^{-1}\left(Z'R^{-1}(Y - X\beta)\right), \left(G + Z'R^{-1}Z\right)^{-1}\right) \quad (2.11)$$

Conditional posterior distribution of G : The posterior probability density function of G is proportional to the following expression.

$$|G|^{-\frac{1}{2}(v_g+m+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\text{tr}\left[G^{-1}(v_gV_g + \gamma'\gamma)\right]\right\}$$

Thus, the conditional posterior distribution of G is as follows.

$$[G|\beta, \gamma, R, Y] \sim W^{-1}\left(q + v_g, \gamma'\gamma + v_gV_g\right) \quad (2.12)$$

Conditional posterior distribution of R : The posterior probability density function of R is proportional to the following expression.

$$|R|^{-\frac{1}{2}(N+v_r+m+1)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\text{tr}\left[R^{-1}(v_rV_r + (Y - X\beta - Z\gamma)'(Y - X\beta - Z\gamma))\right]\right\}$$

Thus, the full conditional posterior distribution of R is obtained as follows.

$$[R|\beta, \gamma, G, Y] \sim W^{-1}\left(N + v_r, (Y - X\beta - Z\gamma)'(Y - X\beta - Z\gamma) + v_rV_r\right) \quad (2.13)$$

The W^{-1} in (2.12) and (2.13) shows the inverse Wishart distribution with m variables. The Wishart distribution is parameterized according to the degrees of freedom (v_g and v_r) and the precision matrix (V_g and V_r). The inverse-Wishart distribution is a conjugate prior for the covariance matrix of the multivariate normally distributed variables. This means that when combined with the likelihood function, it will result in a posterior distribution belonging to the same family of distributions. Another significant advantage of the inverse Wishart distribution is that it provides positive precision of the covariance matrix (Schuurman et al., 2016).

Bayesian analysis of data set using proc BGLIMM

The mixed-effects model used for the dataset is as follows.

$$y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 h y_i + \beta_2 x_{ijk} + s_k + e_{ijk}$$

Where, y_{ijk} : monthly body weights; $h y_i$: herd year; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: regression coefficients; x_{ijk} : days to weaning; s_k : sire; and e_{ijk} : error. The effect of the sire, which is a random effect, follows a normal distribution $s_k \sim N(0_q, \sigma_b^2 I_q)$.

For all regression coefficients, β_j ($j = 1, 2$), fixed effect herd year $h y_i$, and weaning days x_{ijk} were determined as a noninformative prior distribution with large variance Normal (0; var=1e4). These noninformative prior distributions were solved by the Proc BGLIMM procedure. A single chain of size 10,000 iterations was run. The initial 500 iterations were discarded as a burn-in, and every second sample was recorded to reduce autocorrelation. In total, 5,000 samples were recorded for each parameter, and the means of the sample values were used as an estimate of the parameters. Basically, 12 different models were created for 12 different variance-covariance structures. These 12 models are

modeled with noninformative prior selection. In addition, variance components and unstructured variance-covariance structures from these models were remodeled with informative priors. To compare models, a Bayesian comparison criterion Deviance Information Criteria (DIC) was used, based on the relationship between the fit of the data to the model and the complexity of the model. The Deviance Information Criteria (DIC) (Spiegelhalter et al., 2002) is a model comparison tool similar to the well-known probability-based information criterion Akaike Information Criterion (AIC) (Akaike, 1973), and Bayesian Information Criteria (BIC) (Schwarz, 1978). This criterion, which uses the posterior distributions of the models obtained by the MCMC method, is useful in Bayesian model selection and has been used in many studies (Fikse et al., 2003; Rekaya et al., 2003; Legarra et al., 2005; François & Laval, 2011; Holand et al., 2013). DIC is defined as $DIC = \bar{D}(\theta) + p_D$, where $p_D = \bar{D}(\theta) - D(\bar{\theta})$. And $\bar{D}(\theta)$ is the mean of the deviation in iterations. It measures how well the data fit the model using the likelihood function $(-2\log L(D|\theta))$ and sampled parameter values at each iteration.

RESULTS

For all models, the posterior distributions of the parameters were calculated one by one, and convergence was checked. A special care should be given while interpreting the results when the chain does not have MCMC convergence of posterior distribution. In this study, there was a general convergence in the posterior distributions of all parameters, and different diagnostic tests, such as the Geweke test, Monte Carlo standard errors, and effective sample size, were evaluated together with trace charts. Therefore, reliable posterior statistics of parameters for body weight data have been obtained and can be interpreted.

The twelve models using different variance-covariance structures with informative prior and two models with noninformative prior specification were created in this study, and the results were evaluated. The DIC values of the models are given in Table 1. These values are calculated using the equation $DIC = Dbar + pD = Dhat + 2pD$. Where pD is the number of effective parameters that should be included in the model, the mean of the posterior distribution of the deviation $Dbar$, and the log-likelihoods calculated from the Gibbs sampling iteration. Assuming the unknown parameters of the model is θ , the deviation from the posterior mean of θ is $Dhat$.

Table 1. Summary of DIC comparison values of models

Çizelge 1. Modellerin DIC karşılaştırma değerlerinin özeti

	Model	DIC	Dbar	Dhat	pD
Noninformative	VC	3320.31	3269.89	3219.47	50.42
	CS	3327.76	3280.51	3233.27	47.25
	CSH	3014.26	2966.70	2919.13	47.57
	HF	2895.96	2891.27	2886.59	4.68
	AR (1)	3290.40	3249.74	3209.08	40.66
	ARH (1)	2965.02	2913.68	2862.34	51.34
	FA (1)	2551.29	2481.55	2411.80	69.74
	ANTE	2533.23	2475.89	2418.55	57.34
	TOEP	3214.28	3163.33	3112.38	50.95
	TOEPH	2910.90	2872.92	2834.93	37.98
	UN	2499.38	2460.82	2422.27	38.55
Informative	ARMA	3278.50	3234.29	3190.08	44.21
	VC	3320.20	3270.73	3221.27	49.47
	UN	2482.95	2459.34	2435.74	23.60

The model with the smallest DIC value is accepted to be the most suitable model. When the models with noninformative prior distributions are evaluated, the model with the lowest DIC value among 12 different models is the unstructured (UN) variance-covariance structure. The variance-covariance matrix of the model with the unstructured structure determined as the most suitable model is tabulated in Table 2.

Table 2. *R* variance-covariance matrix for the unstructured model

Çizelge 2. Yapılandırılmamış model için *R* varyans-kovaryans matrisi

R Matrix						
Row	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
1	0.18840	-0.0684	0.0177	0.0201	-0.0416	-0.1385
2	-0.06837	4.1512	3.1752	4.0258	5.4634	1.5813
3	0.01771	3.1752	3.9813	4.4706	4.7099	1.2691
4	0.02012	4.0258	4.4706	5.9967	6.5966	1.8482
5	-0.04155	5.4634	4.7099	6.5966	9.1552	3.4360
6	-0.13850	1.5813	1.2691	1.8482	3.4360	10.4639

The rows and columns of the variance-covariance matrix *R* represent the repeated measurement time value. The diagonal elements of the matrix in Table 2 are variance components, and it can be easily seen that this matrix has a heterogeneous covariance structure. It can easily be seen that the variance of the body weight data increases from the first month to the sixth month. While the body weight variability in the first month was 0.1884, the body weight variability in the sixth month was 10.4639. It is expected that the variability will increase as the body weights increase over the months. The correlation matrix for the model in the unstructured variance-covariance structure is given in Table 3.

Table 3. *R* correlation matrix for the unstructured model

Çizelge 3. Yapılandırılmamış model için *R* korelasyon matrisi

R Correlation Matrix						
Row	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
1	1.00000	-0.0773	0.0205	0.0189	-0.0316	-0.0986
2	-0.07730	1.0000	0.7810	0.8069	0.8862	0.2399
3	0.02045	0.7810	1.0000	0.9150	0.7801	0.1966
4	0.01892	0.8069	0.9150	1.0000	0.8903	0.2333
5	-0.03164	0.8862	0.7801	0.8903	1.0000	0.3510
6	-0.09865	0.2399	0.1966	0.2333	0.3510	1.0000

It can easily be seen from Table 3 that the correlation is generally higher between pairs of observations close to each other and lower between pairs of observations far from each other. It is clear from Table 1 that the unstructured model DIC value is also smaller in two covariance structures examined in the informative prior specifications. Therefore, the unstructured model was determined as the most appropriate covariance structure for the body weight data used in this study for informative and noninformative prior specifications. For the model whose covariance structure is unstructured, the parameters and the mean, standard deviations, and highest posterior density (HPD) of the posterior distributions are given in Table 4.

The HPD intervals can be examined to determine if the model parameters have a significant effect. As can be seen from Table 4, no significant effect of all herd years was found on monthly body weights since their HPD intervals include 0 value. Likewise, the days to weaning do not have a statistically significant effect on body weight. However, the measurement months have statistically significant effects. Trace, autocorrelation, and posterior density graphs of each parameter are given in Appendix. It is understood from these graphs that the Markov chain converges successfully for all parameters, as there is no autocorrelation, and the posterior distributions are almost normally distributed.

Table 4. Posterior statistics and intervals for model parameters**Çizelge 4.** Model parametreleri için sonsal istatistikler ve aralıklar

Parametre	N	Mean	Standard Deviation	95% HPD ¹ intervals	
Intercept	5000	36.1302	0.9449	34.2900	37.9510
hy 1	5000	0.1255	0.5489	-0.9809	1.1454
hy 2	5000	0.0515	0.3336	-0.6091	0.7105
hy 3	5000	0.0673	0.1288	-0.1846	0.3186
hy 4	5000	0.0498	0.1294	-0.2018	0.3039
hy 5	5000	0.0709	0.1284	-0.1790	0.3234
M 1	5000	-32.0588	0.2823	-32.6451	-31.5284
M 2	5000	-21.2220	0.2908	-21.7861	-20.6364
M 3	5000	-16.1885	0.2956	-16.7883	-15.6217
M 4	5000	-10.2416	0.3064	-10.8593	-9.6554
M 5	5000	-5.9175	0.3088	-6.5463	-5.3426
iDW ²	5000	0.0103	0.0185	-0.0257	0.0464
Residual UN (1,1)	5000	0.1884	0.0467	0.1148	0.2837
Residual UN (2,1)	5000	-0.0684	0.2352	-0.5124	0.3892
Residual UN (2,2)	5000	4.1512	0.6856	2.9183	5.5409
Residual UN (3,1)	5000	0.0177	0.1988	-0.3649	0.4043
Residual UN (3,2)	5000	3.1752	0.5996	2.0616	4.3649
Residual UN (3,3)	5000	3.9813	0.6122	2.8819	5.1980
Residual UN (4,1)	5000	0.0201	0.2541	-0.4623	0.5307
Residual UN (4,2)	5000	4.0258	0.7194	2.7390	5.4758
Residual UN (4,3)	5000	4.4706	0.7123	3.1413	5.8562
Residual UN (4,4)	5000	5.9967	0.8755	4.3278	7.6887
Residual UN (5,1)	5000	-0.0416	0.3308	-0.6591	0.6392
Residual UN (5,2)	5000	5.4634	0.8971	3.8913	7.3130
Residual UN (5,3)	5000	4.7099	0.8224	3.1916	6.3807
Residual UN (5,4)	5000	6.5966	1.0159	4.7490	8.6818
Residual UN (5,5)	5000	9.1552	1.2841	6.8359	11.7349
Residual UN (6,1)	5000	-0.1385	0.3007	-0.7204	0.4517
Residual UN (6,2)	5000	1.5813	0.6737	0.2997	2.9111
Residual UN (6,3)	5000	1.2691	0.6302	0.0680	2.5371
Residual UN (6,4)	5000	1.8482	0.7606	0.4526	3.4623
Residual UN (6,5)	5000	3.4360	0.9687	1.6401	5.3816
Residual UN (6,6)	5000	10.4639	1.3865	7.8027	13.1404
Random Var	5000	0.1402	0.0307	0.0866	0.1993

¹ HPD: Highest Posterior Density; ²iDW: days to weaning; hy: herd year; M: Months

Geweke test, Monte Carlo standard errors and effective sample size, autocorrelation time, and efficiency are reported in Table 5 to evaluate the convergence of the Markov Chain. At a probability level of 95% ($p \leq 0.05$) significance level, the Geweke diagnostic rejects the null hypothesis that the means from the beginning and end parts of each chain are equal only for the model parameters hy2, hy3, hy4, and Residual UN (6,6). All the other chains pass Gweke's test for stationary. The standard error of the mean, also known as the Monte Carlo standard error (MCSE) provides the accuracy of the posterior estimates of the parameters. The Monte Carlo standard errors of each parameter in Table 5 are significantly small relative to the posterior standard deviations (MCSE/SD), indicating that the Markov chain has stabilized and the mean estimates do not vary much over time. As a result of the examination of both autocorrelation graphs and diagnostic tests for each parameter, it was concluded that although some parameters show that there may be slight problems with convergence as a result of the diagnostic tests, the values are very close to the desired results, and the trace plots also confirm the convergence of the Markov chain for all parameters.

Table 5. Diagnostic tests of model parameters**Çizelge 5.** Model parametrelerinin teşhis testleri

Parametre	Geweke		Monta Carlo Standard Error			Effective Sample Size		
	z	Pr > z	MCSE ¹	Standard Deviation	MCSE/SD	ESS ²	Auto-correlation time	Efficiency
Intercept	0.7386	0.4601	0.036800	0.9449	0.0389	660.4	7.5707	0.1321
hy 1	2.1697	0.0300	0.028000	0.5489	0.0509	385.3	12.9761	0.0771
hy 2	1.0568	0.2906	0.018000	0.3336	0.0540	342.5	14.5970	0.0685
hy 3	0.4737	0.6357	0.002990	0.1288	0.0232	1852.2	2.6995	0.3704
hy 4	0.2222	0.8242	0.002820	0.1294	0.0218	2105.5	2.3748	0.4211
hy 5	-2.3034	0.0213	0.003160	0.1284	0.0246	1648.4	3.0332	0.3297
M 1	0.9224	0.3563	0.003860	0.2823	0.0137	5338.8	0.9365	1.0678
M 2	0.4914	0.6232	0.004040	0.2908	0.0139	5175.3	0.9661	1.0351
M 3	1.0284	0.3038	0.004100	0.2956	0.0139	5209.2	0.9598	1.0418
M 4	0.4652	0.6418	0.004260	0.3064	0.0139	5177.5	0.9657	1.0355
apM 5	-0.4156	0.6777	0.004290	0.3088	0.0139	5193.6	0.9627	1.0387
iDW	-0.9838	0.3252	0.000788	0.0185	0.0426	550.3	9.0865	0.1101
Residual UN (1,1)	0.9388	0.3478	0.001760	0.0467	0.0377	701.8	7.1245	0.1404
Residual UN (2,1)	1.2021	0.2293	0.015000	0.2352	0.0637	246.2	20.3062	0.0492
Residual UN (2,2)	0.8443	0.3985	0.032400	0.6856	0.0472	448.3	11.1533	0.0897
Residual UN (3,1)	1.9431	0.0520	0.011500	0.1988	0.0578	299.8	16.6754	0.0600
Residual UN (3,2)	1.1207	0.2624	0.027300	0.5996	0.0455	483.0	10.3518	0.0966
Residual UN (3,3)	1.4806	0.1387	0.023900	0.6122	0.0390	657.4	7.6058	0.1315
Residual UN (4,1)	1.7864	0.0740	0.015400	0.2541	0.0605	273.2	18.3042	0.0546
Residual UN (4,2)	1.0768	0.2816	0.031700	0.7194	0.0441	514.3	9.7213	0.1029
Residual UN (4,3)	1.2615	0.2071	0.027900	0.7123	0.0392	650.0	7.6923	0.1300
Residual UN (4,4)	1.1345	0.2566	0.030600	0.8755	0.0349	819.2	6.1038	0.1638
Residual UN (5,1)	1.2450	0.2131	0.020500	0.3308	0.0621	259.6	19.2584	0.0519
Residual UN (5,2)	0.8187	0.4129	0.038300	0.8971	0.0426	550.0	9.0903	0.1100
Residual UN (5,3)	0.9584	0.3378	0.033900	0.8224	0.0412	589.8	8.4768	0.1180
Residual UN (5,4)	0.8988	0.3687	0.039000	1.0159	0.0384	679.4	7.3591	0.1359
Residual UN (5,5)	0.5851	0.5585	0.042300	1.2841	0.0330	920.7	5.4305	0.1841
Residual UN (6,1)	-1.6937	0.0903	0.013600	0.3007	0.0451	491.7	10.1681	0.0983
Residual UN (6,2)	-1.5670	0.1171	0.017200	0.6737	0.0256	1530.8	3.2662	0.3062
Residual UN (6,3)	-1.4985	0.1340	0.014200	0.6302	0.0226	1965.7	2.5436	0.3931
Residual UN (6,4)	-1.4446	0.1486	0.016900	0.7606	0.0222	2029.2	2.4641	0.4058
Residual UN (6,5)	-1.5982	0.1100	0.022500	0.9687	0.0232	1851.2	2.7010	0.3702
Residual UN (6,6)	-2.2862	0.0222	0.030300	1.3865	0.0219	2093.4	2.3884	0.4187
Random Var	-0.8471	0.3969	0.000470	0.0307	0.0153	4262.9	1.1729	0.8526

¹MCSE: Monta Carlo Standard Error; ²ESS: Effective Sample Size; hy: herd year; M: Monthly body weights.

DISCUSSION and CONCLUSION

The distinguishing feature of the repeated measure analysis model from other models is its assumptions about error variance and covariance structure. Therefore, repeated measurement data analysis relies on appropriately calculating the correlations between observations within the same unit and the potential heterogeneous variances over time within the same unit. Based on this assumption, it was aimed for a wide range of covariance selections to make more accurate calculations, hence facilitating the selection of the most suitable model. As per the literature reviews, the GLM was chosen to analyze body weight data, considering that general linear mixed models that allow for covariance structures are appropriate for repeated measurement data. In determining the variance-covariance structure, it is effective whether it is homogeneous or heterogeneous, whether there is data with missing observations or not, whether the time intervals are equal or not, and whether the number of repeated measurements is more or less. Therefore, it cannot be directly stated that a particular variance-covariance structure is appropriate. Selecting the most suitable model for repeated measurement models containing complicated dynamics is more accurate by trying different covariance structures. The number of parameters for different covariance structures differs. It has been shown in this study that the convergence problem can be solved for a complex covariance structure when the number of data is large enough.

Bayes Monte Carlo methods offer an attractive alternative as compared to other statistical methods. Some advantages of the Bayesian approach are greater flexibility in model specification, incorporation of prior information, and straightforward interpretation of uncertainty. Many academic studies have adopted Bayesian methods in various research fields (e.g., (Calus et al., 2018; Gevrekçi & Akbaş, 2014; Lemoine, 2019; Milkevych et al., 2021; Theobald et al., 1997)). In order to interpret Bayesian analysis correctly, the researcher should have sufficient knowledge about MCMC. In cases where MCMC convergence of the posterior distribution does not occur, care should be taken when interpreting the results. Convergence can be achieved, and analysis accuracy can be increased by creating longer chains or choosing different priors. Trace plots are the most efficient convergence test used in the literature for convergence diagnosis. However, different diagnostic tests will give more accurate results instead of relying on only one convergence tool. In this study, different diagnostic tests, the Geweke test, Monte Carlo standard errors, and effective sample size, were evaluated together with trace charts. There was a general convergence in the posterior distributions of all parameters for the study data. Thus, reliable posterior statistics of parameters for body weight data were obtained, and their interpretations were given.

The Bayesian approach has some advantages. For example, there is no negative estimation problem of the variance components, and the sample size is increased by the simulation method in data sets with small sample sizes. Başar and Fırat (Başar & Fırat, 2016) emphasized that the Bayesian estimation method using the Gibbs sampling approach is suitable for estimating variance components under a balanced two-way nested design, especially for small sample datasets, compared to traditional methods. Yomi-Owojori et al. (Yomi-Owojori et al., 2020.) argued that the Bayesian approach is suitable for small sample-size experiments, which are common for repeated measurement designs. They indicate that the differences for different covariance structures are more than when the sample size is small but converge to the same results when the sample sizes are large. However, while Bayesian methods are better equipped to model data with small sample sizes, the estimates are susceptible to the properties of the a priori distribution. McNeish (McNeish, 2016) emphasized that Bayesian estimations may be worse than classical methods if this aspect is not considered.

Despite the many advantages of Bayesian analysis, there is an ongoing debate about its application in practice. The two main disadvantages of Bayesian analysis are assumed subjectivity in selecting informative priors and computational difficulties in applying Bayesian methods. A sufficiently large sample selection can relatively eliminate the subjectivity of an informative prior selection. The new

procedure of the SAS program, PROC BGLIMM, allows Bayesian analysis to be calculated more easily, easing the computational difficulties relatively. The fact that this new procedure is more user-friendly than PROC MCMC, which requires more programming knowledge, indicates that Bayesian analysis will be preferred by more researchers. PROC BGLIMM uses efficient sampling parallelized algorithms for performance, resulting in good mixing and faster computation (SAS Institute, 2019).

It was observed that the DIC values of the models created for the 12 different variance-covariance structures determined were relatively close to each other for UN (DIC: 2499.38), ANTE (DIC: 2533.23), and FA (DIC: 2551.29), with significant differences, compared to other models. Lunn et al. (Lunn et al., 2012) discussed “approximate” rules for interpreting differences in DIC value when choosing a preferred model. They concluded that while choosing the model according to the difference between the DIC values of the compared models, the model with higher DIC should be excluded if there are more than 10 differences between them. They also concluded that differences between 5 and 10 reflect “significant” differences in favor of the smaller DIC value model, and choosing a preferred model for discrepancies between models less than 5 may have misleading results. Because the difference of 33.85 between the models in the UN and ANTE variance-covariance structures with the closest DIC values to each other is greater than 10, it was found to be appropriate to prefer the model with the smallest DIC value, which is UN (see Table 1). This study proved that the Bayesian approach is suitable for repeated measurement designs of different variance-covariance structures and can easily model repeated data in animal science, such as body weight. As a result of the literature review, no variance-covariance structure model was found in this diversity, which was solved by Bayesian methods. In the case of the UN structure, this is a heterogeneous variance covariances structure with no assumptions. It can also be a good choice for the researcher when the number of repeated measurements is low. However, as with traditional regression, the best model is parsimonious with as few parameters as possible. The larger the number of parameters, the more complex the model, and the more specific the data and, therefore, less generalizable. The decision should be made with the belief that we should prefer the simpler model whenever possible. As a result, the UN covariance structure was considered preferable and suitable for biological data in repeated measurement analyses. Having few repeated measures and balanced data with equal time intervals led to choosing this model. In this study, the UN model also has a smaller DIC value for the two covariance structures examined in the informative prior selection. The results of noninformative and informative prior selections have been observed to be very similar. Therefore, the UN model was determined as the most appropriate covariance structure for the body weight data used in this study in selecting both informative prior and noninformative prior. This is the conclusion that if the sample size is large enough, the posterior distribution will not be affected much by informative or noninformative prior specifications. Although there are studies on modeling variance-covariance structures with classical methods in the literature, there are limited number of studies that involve modeling variance-covariance structures with Bayesian methods. This study presents the most comprehensive variety among the studies on modeling the variance-covariance structure whose parameter estimation method is Bayesian. It was proved that the complex formulations can be analyzed using Markov chain Monte Carlo approaches for any variance-covariance structure.

Twelve different covariance structures were modeled with PROC BGLIMM, and this new procedure was introduced. It was concluded that the PROC BGLIMM procedure is an effective and suitable method for repeated measurement analysis of Bayesian solutions. Based on the logic that progress in scientific research is based on accumulated knowledge, it is believed that the Bayesian solutions will find more place in many fields.

Acknowledgment/Disclaimers/Conflict of interest

The authors declare that no conflict of interest could be perceived as prejudicing the impartiality of the research reported.

Data Availability Statement

All data used for this article is available upon request.

Software

Data analysis was performed with SAS® Ondemand for Academics.

<https://welcome.oda.sas.com/home> (04.03.2023)

REFERENCES

- Akaike, H., 1973. "Information theory and an extension of the maximum-likelihood principle, 267-281". Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory (Eds. B. N. Petrov & F. Caski), Akademiai Kiado, Budapest, Hungary.
- Başar, E.K. & M.Z. Firat, 2016. Comparison of Methods of Estimating Variance Components In Nested Designs. *Anadolu University Journal of Science and Technology B-Theoretical Sciences*, 4 (1): 1-10.
- Blasco, A. & P.D.A. Blasco, 2017. *Bayesian Data Analysis for Animal Scientists* (Vol. 265). Springer, New York NY, USA, 293 pp.
- Calus, M.P.L., M.E. Goddard, Y.C.J. Wientjes, P.J. Bowman & B.J. Hayes, 2018. Multibreed genomic prediction using multitrait genomic residual maximum likelihood and multitask Bayesian variable selection. *Journal of Dairy Science*, 101 (5): 4279-4294.
- Chen, F., G. Brown & M. Stokes, 2016. "Fitting your favorite mixed models with PROC MCMC". Proceedings of the SAS Global Forum 2016 Conference. Cary, NC: SAS Institute, Inc., 27 pp.
- Cnaan, A., N.M. Laird, & P. Slasor, 1997. Using the general linear mixed model to analyse unbalanced repeated measures and longitudinal data. *Statistics in Medicine*, 16 (20): 2349-2380.
- de Villemereuil, P., 2019. On the relevance of Bayesian statistics and MCMC for animal models. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 136 (5): 339-340.
- Eyduran, E. & Y. Akbaş, 2010. Comparison of different covariance structure used for experimental design with repeated measurement. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 20 (1): 44-51.
- Fikse, W.F., R. Rekaya & K.A. Weigel, 2003. Genotypex environment interaction for milk production in Guernsey cattle. *Journal of Dairy Science*, 86 (5): 1821-1827.
- Fitzmaurice, G.M., N.M. Laird & J.H. Ware, 2012. *Applied Longitudinal Analysis*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Boston, MA, 752 pp.
- François, O. & G. Laval, 2011. Deviance information criteria for model selection in approximate Bayesian computation. *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology*, 10 (1): 33.
- Gevrekçi, Y. & Y. Akbaş, 2014. Calving ease analysis as a threshold trait. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (3): 237-241.
- Gomez, E.V., G.B. Schaalje & G.W. Fellingham, 2005. Performance of the Kenward-Roger method when the covariance structure is selected using AIC and BIC. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 34 (2): 377-392.
- Holand, A.M., I. Steinsland, S. Martino & H. Jensen, 2013. Animal models and integrated nested Laplace approximations. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 3 (8): 1241-1251.
- Legarra, A., P. López-Romero & E. Ugarte, 2005. Bayesian model selection of contemporary groups for BLUP genetic evaluation in Latxa dairy sheep. *Livestock Production Science*, 93 (3): 205-212.
- Lemoine, N.P., 2019. Moving beyond noninformative priors: Why and how to choose weakly informative priors in Bayesian analyses. *Oikos*, 128 (7): 912-928.
- Littell, R.C., P.R. Henry & C.B. Ammerman, 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76 (4): 1216-1231.
- Lunn, D., C. Jackson, N. Best, A. Thomas & D. Spiegelhalter, 2012. *The BUGS book: A practical introduction to Bayesian analysis*. CRC press, FL, 381 pp.

- McNeish, D., 2016. On using Bayesian methods to address small sample problems. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 23 (5): 750-773.
- McNeish, D., 2017. Fitting residual error structures for growth models in SAS PROC MCMC. *Educational and Psychological Measurement*, 77 (4): 587-612.
- Milkevych, V., P. Madsen, H. Gao & J. Jensen, 2021. The relative effect of genomic information on efficiency of Bayesian analysis of the mixed linear model with unknown variance. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 138 (1): 14-22.
- Rekaya, R., K.A. Weigel & D. Gianola, 2003. Bayesian estimation of parameters of a structural model for genetic covariances between milk yield in five regions of the United States. *Journal of Dairy Science*, 86 (5): 1837-1844.
- SAS Institute, 2019. The BGLIMM procedure. SAS/STAT 15.2 User's Guide file online. SAS Institute. (Web page: <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/stat/151/bglimm.pdf>) (Date accessed: June, 2023)
- Schuurman, N.K., R. Grasman & E.L. Hamaker, 2016. A comparison of inverse-wishart prior specifications for covariance matrices in multilevel autoregressive models. *Multivariate Behavioral Research*, 51 (2-3): 185-206.
- Schwarz, G., 1978. Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6 (2): 461-464.
- Shi, A. & F. Chen, 2019. SAS 3042-2019 Introducing the BGLIMM Procedure for Bayesian Generalized Linear Mixed Models. SAS Institute. (Web page: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164212666>) (Date accessed: June, 2023)
- Sorensen, D., D. Gianola & D. Gianola, 2002. Likelihood, Bayesian and MCMC Methods In Quantitative Genetics. Springer, New York. NY, 740 pp.
- Spiegelhalter, D.J., N.G. Best, B.P. Carlin & A. Van Der Linde, 2002. Bayesian measures of model complexity and fit. *Journal of the Royal Statistical Society: Series b (Statistical Methodology)*, 64 (4): 583-639.
- Theobald, C.M., M.Z. Firat & R. Thompson, 1997. Gibbs sampling, adaptive rejection sampling and robustness to prior specification for a mixed linear model. *Genetics Selection Evolution*, 29 (1): 57-72.
- Verbeke, G. & G. Molenberghs, 2012. *Linear Mixed Models in Practice: A SAS-Oriented Approach* (Vol. 126). Springer Science & Business Media, NY, 63 pp
- Verbeke, G., G. Molenberghs & G. Verbeke, 1997. *Linear Mixed Models for Longitudinal Data*. Springer, New York, NY, 570 pp.
- Yomi-Owojori, T.O., N.O. Afolabi, A.H. Ekong & B.N. Okafor, 2020. Bayesian Approach on the Effect of Different Covariance Structures on Repeated Measures Data. *Benin Journal of Statistics*, 3: 101-115.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):627-638
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1341143>

Lerzan ÖZTÜRK^{1*}

Nur SIVRİ²

İbrahim Halil ELEKÇİOĞLU³

¹ Viticulture Research Institute, 59100, Tekirdağ, Türkiye

² İstanbul Directorate of Agricultural Quarantine, 34149, İstanbul, Türkiye

³ Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Cukurova University, 01330, dana, Türkiye

* Corresponding author (Sorumlu yazar):
lerzanzoturk@gmail.com

Keywords: Nematode fauna, soil food web, Tekirdağ, *Triticum aestivum* L., Türkiye

Anahtar sözcükler: Nematod faunası, toprak besin ağı, Tekirdağ, *Triticum aestivum* L., Türkiye

Determination of the soil health status of wheat fields in Tekirdağ, Türkiye, based on nematode diversity*

Türkiye’de Tekirdağ ili buğday tarlalarının toprak sağlık durumunun nematod çeşitliliğine göre belirlenmesi

* A part of this article was presented as oral presentation at Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies.

Received (Alınış): 11.08.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.12.2023

ABSTRACT

Objective: A study was conducted in wheat cultivation areas in Tekirdağ to estimate the soil health of fields using nematode biodiversity indices.

Material and Methods: In the study, nematode taxa identified in wheat fields were subjected to community and food web analyses and several indices were calculated to determine the health status of soils in sampled areas.

Results and Conclusion Nematodes belonging to 41 genera were identified in wheat fields. The mean values of 10 biodiversity indices calculated in each sampled field were as follows; the Maturity index (MI): 2.26±0.28; the Maturity index MI2-5: 2.32±0.33; the Shannon-Weiner diversity index (H’): 2.03±0.24, the Evenness (J’): 0.90±0.06, the Genera Richness index (GR): 8.32±3.17, the Channel index (CI): 91±20.44; the Basal index (BI): 42.35±12.66; the Enrichment index (EI): 41.93±14.3, the Structure index (SI): 33.6±26.49 and the Plant-parasitic (PPI) index: 2.89±0.17. The nematode faunal indices indicate that 21% of surveyed wheat fields have well-developed and 79% have degraded soil profiles.

ÖZ

Amaç: Tekirdağ ilindeki buğday ekim alanlarında nematod biyoçeşitlilik indeksleri kullanılarak toprak sağlığının tahmin edilmesi için bir çalışma yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada buğday tarlalarında tespit edilen nematod taksonları, örnekleme alanlarındaki toprakların sağlık durumunu belirlemek için komünite ve besin ağı analizlerine tabi tutulmuş ve birçok indeks hesaplanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Sonuç: Buğday tarlalarında 41 cinse ait nematod türü teşhis edilmiştir. Örnek alınan tarlaların hesaplanan 10 biyoçeşitlilik indeksinin ortalama değerleri aşağıdaki gibidir; Maturity index (MI): 2.26±0.28; Maturity index MI2-5: 2.32±0.33; Shannon-Weiner diversity index (H’): 2.03±0.24, Evenness (J’): 0.90±0.06, Genera Richness index (GR): 8.32±3.17, Channel index (CI): 91±20.44; Basal index (BI): 42.35±12.66; Enrichment index (EI): 41.93±14.3, Structure index (SI): 33.6±26.49 ve Plant-parasitic (PPI) index: 2.88±0.17. İncelenen buğday tarlalarının nematod fauna indeksleri, tarlaların %21’inin iyi gelişmiş ve %79’unun bozulmuş toprak profillerine sahip olduğunu göstermektedir.

INTRODUCTION

Soil is a substance formed by the disintegration of rocks and organic matter, performing the task of living environment for plants and providing water and nutrients. Mineral substances, water, air, and organic matter comprise the soil volume, and the organic matter consists of humus, plant roots, and soil organisms. There are more than 360.000 living species in the soil (Decaëns et al., 2006). The widespread groups are species in the phylum Protozoa and Nematoda. They are common in all production areas. The phylum Nematoda contains various nematode species, including free-living and plant parasites. There are many nematode species in the soil in terrestrial environments. Nematodes with different trophic groups, such as omnivores, predators, fungivores, and bacterivores, coexist in the soil and play an essential role in forming soil structure with their various functions.

Free-living nematodes feeding on bacteria, algae, fungi, dead organisms, and living tissues constitute 52% of all nematode species on Earth (Freckman, 1988). They have a significant role in the soil environment. Bacterial and fungal feeders do not feed directly on soil organic matter but on bacteria, fungi, algae, and actinomycetes, which play a main role in decomposing plant and animal residues in the carbon cycle. After feeding, they return minerals and other nutrients to the soil accessible to plant roots (Yeates et al., 1993). The main impact of nematodes in soils is the release of available N for plants. For example, bacterivore nematodes can be fed with 40-60% bacterial cells daily. (Lavelle & Spain, 2001). Indeed, bacterivore nematodes in 1 hectare can consume 800 kg of bacterial cells, releasing 20-130 kg of N (Forge & Simard, 2000). Nematodes, which have different feeding habitats due to these functions, can be used as to estimate soil health. For example, an excess of N can be considered in soils with abundant decomposer nematodes. Some nematode species can survive in forms such as cysts in degraded soil conditions, and the high population of these species can indicate that the soil is not well. For this reason, indices such as Shannon-Weiner, Basal, Structure, and Enrichment calculated using the trophic structures, prevalence, and soil density of nematodes are used to determine the physical condition of the soil. The indices also provide information about the soil food web status of fields (Bongers, 1990).

There are also many nematode species in cereal fields. The most harmful are cyst nematodes (*Heterodera* spp.), root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.), and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) (Laasli et al, 2022). It is possible to have an idea about the condition of the soil by using the indexes calculated by determining the genus and species, prevalence, and density of these nematodes. Cereals are mostly grown crops worldwide and have been a significant food source for humans throughout history. Cereal growing areas, which cover 57 percent of our country's agricultural lands, provide income to the rural population. The produced crops also are used as food for animals such as livestock (Güneş & Turmuş, 2020). Cereals and cereal products contain vitamins, minerals, carbohydrates, and other nutrients (Topping, 2007; Garg et al., 2021). Wheat is one of the most cultivated plants within cereals due to its good adaptation and good yield under different environmental conditions (Olgun et al., 2013).

Tekirdağ is among the biggest producers, with a 192.412 ha production area (TUIK, 2021). The nematode community in wheat fields has not been studied in the province. Most previous studies have been aimed at determining plant parasitic nematodes, especially *Heterodera* spp. Additionally, there are limited studies in crop plants focused on evaluating the relationship between nematode diversity and soil health. Therefore, a study was conducted in a wheat field in Tekirdağ to investigate the nematode fauna of wheat fields and to assess soil health and soil food web using nematode-based diversity indices.

MATERIALS and METHODS

Study area information

The study was conducted in nine districts of the Tekirdağ province, located northwest of Türkiye. Sunflower and wheat cultivation are the most common agricultural activities and rural income for several farmers in the province. Wheat was the main crop almost in all districts (Table 1). The surveys were carried out in April-June, 2021. During the field visits, the temperature was between 19-31 °C. The total precipitation was between 0.4-0.7 mm.

Table 1. Wheat production area, districts, and total production in 2021 (TUIK, 2021)**Çizelge 1.** Wheat production area, districts, and total production in 2021 (TUIK, 2021)

Districts	Total Production Area (ha)	Total Production (ton)	Sampled locations
ÇERKEZKÖY	2.745	14.481	Merkez
ÇORLU	14.500	76.483	Sarılar, Seymen
ERGENE	15.341	83.612	Ahimehmet, Misinli, Velimeşe
HAYRABOLU	37.764	182.588	Soylu, Dambaslar, Susuzmüsellim
KAPAKLI	5.470	28.856	Bahçeâğıl, Yanıkağıl
MALKARA	36.789	194.042	İbribey, Evrenbey, Karamurat
MARMARA EREĞLİSİ	7.825	46.093	Türkmenli, Yeniçiftlik, Yakuplu
MURATLI	16.425	96.741	Kırkkepenekli, İnanlı, Arzulu, Yurtbekler
SARAY	16.538	88.686	Büyükyoncalı
SÜLEYMANPAŞA	35.192	194.909	Bıyıkali, Barbaros, Mahramlı, İneçik, Yukarıkılıçlı
ŞARKÖY	3.817	20.127	Beyoğlu, İshaklı

The survey, collection, nematode extraction, and identification

Sampling in 41 wheat fields was conducted by moving in a zigzag pattern between plants, and six subsamples were collected from the rhizosphere of wheat fields at 60 cm soil depth. Nematodes in 100 cm³ soil samples were extracted by the modified Baermann Funnel method within 24 hours. The extracted nematodes were counted at 10x magnification and identified from nematode slides. The identification of nematodes was conducted by using published polytomous keys (Geraert & Raski, 1987; Loof & Luc, 1990; Brezski, 1991; Castillo & Volvas, 2005; Handoo et al., 2007).

Soil food web and community analysis of nematodes

Nematodes extracted from wheat fields were subjected to several diversity and food web analyses to determine the health status of soils in sampled areas. The Shannon-Weiner diversity index, Evenness, and Richness were calculated to evaluate the diversity index of nematode fauna in fields. The formulas used to calculate the indices were as follows (Pielou, 1966; Neher & Darby, 2009).

Shannon-Weiner index (H'): $H' = -\sum[(pi) \times \log(pi)]$

Pielou's evenness index (J'): $J' = H'/\ln(S)$

Genera richness index (GR): $GR = S - 1 / \ln N$

Pi: the proportion of individuals in genera; S: the number of genera; N: the number of identified nematodes

Maturity (MI), Maturity (MI) 2-5, and plant-parasite (PPI) indices were used to determine the nematode community (Ferris et al., 2001). Food-web conditions of soil were evaluated with Basal (BI), Channel (CI), Enrichment (EI), and Structure (SI) indices calculated as follows

$$MI \text{ (Maturity index)} = \sum_{i=1}^n v(i) \times f(i)$$

v(i): the c-p of the family (free-living)
f(i): the frequency of free-living family

$$MI \text{ (Maturity index) } 2-5 = \sum_{i=1}^n v(i) \times f(i)$$

v(i): the c-p value of the 2-5
f(i): the frequency of family

$$PPI \text{ (Plant - parasitic index)} = \sum vi \times fi$$

The soil food web-based indices, including, were calculated. SI was used to determine food-web quality, EI for enrichment, and BI for disturbance. The following formulas (Ferris et al., 2001) were used;

$$\text{Basal index (BI)} = 100 \times \frac{b}{(e+s+b)} \quad b = (Ba_2 + Fu_2) \times W_2$$

Ba₂: bacterivores in c-p2 Fu₂: fungivores in c-p2.

$$\text{Channel index (CI)} = \frac{Fu_2 \times W_2}{Ba_1 \times W_1 + Fu_2 \times W_2} \times 100 \quad Ba_1: \text{bacterivores in c-p1} \quad Fu_2: \text{fungivores in c-p2.}$$

$$\text{Enrichment index (EI)} = 100 \times \frac{e}{(e+b)} \quad e = (Ba_1 \times W_1) + (Fu_2 + W_2)$$

$$\text{Structure index (SI)} = 100 \times \frac{s}{(s+b)} \quad s = (Ba_n \times W_n) + (Fu_n + W_n) + (Ca_n \times W_n) + (Om_n \times W_n)$$

Ba_n: bacterivore nematodes in all c-p classes Fu_n: fungivore nematodes in all c-p classes Ca_n: carnivore nematodes in all c-p classes Om_n: omnivore nematodes in all c-p classes

Nematode Indicators Joint Analysis (NINJA) was used to prepare the c-p triangle and soil food-web scheme (Sieriebriennikov et al., 2014).

RESULTS AND DISCUSSION

Nematodes belonging to 41 genera were extracted from wheat fields in Tekirdağ. The identified genera were divided into free-livings (Bacterivore, fungivore, omnivore, and predator) and plant parasitics (Figure 1). Free-living species predominate in 95.12 % of the sampled fields.

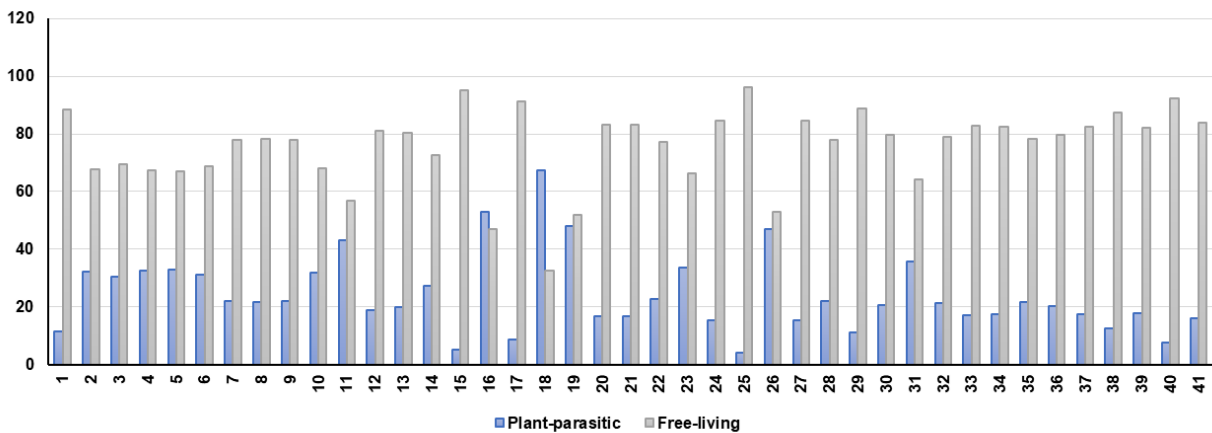


Figure 1. The % proportion of free-living and plant parasitic nematodes in 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 1. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasında serbest yaşayan ve bitki paraziti nematodların oranı.

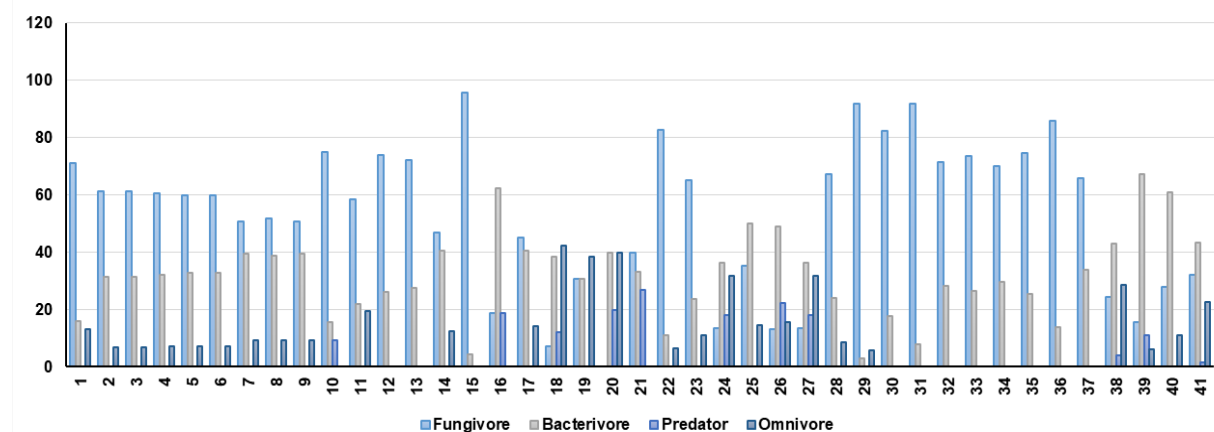
Free-living nematodes in wheat fields

In this study, free-living nematode species from 23 genera, 11 suborders, and 15 families were identified in wheat fields (Table 2). The proportion of bacterivores, omnivores, predators, and fungivores among all identified fauna was 24.4%, 17%, 7.3%, and 7.3%, respectively. Fungivores were found to predominate in wheat-growing areas. Fungivorous nematodes took first place in the number of species in the soils of some fields, constituting 56.5-90.6% of all identified nematodes (Figure 2). Omnivores and predator species were detected in 26.8% of the fields. The population of omnivores was higher than predators.

Table 2. Taxonomic classification, c-p values, frequency of occurrence of free-living nematodes in 41 wheat fields in Tekirdağ

Çizelge 2. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasında serbest yaşayan nematodların taksonomik sınıflandırması, c-p değerleri, ve bulunma sıklığı

Genera/species	Feeding habitat	c-p class	Suborder	Families	Frequency of occurrence (%)
<i>Acrobeles</i> Linstow, 1877	Bacterivore	2	Cephalobina	Cephalobidae	56.0
<i>Alaimus</i> de Man, 1880		4	Dorylaimina	Alaimidae	17.0
<i>Achromadora</i> Cobb, 1913		3	Chromadorina	Achromadoridae	4.9
<i>Acrobeloides</i> Cobb, 1924		2	Cephalobina	Cephalobidae	70.7
<i>Cervidellus</i> Thorne, 1937		2	Cephalobina	Cephalobidae	19.5
<i>Cephalobus</i> Bastian, 1865		2	Rhabditina	Rhabditidae	58.5
<i>Monhystera</i> Bastian, 1865		2	Monhysterina	Monhysteridae	17.0
<i>Plectus</i> Bastian, 1865		2	Chromadorina	Plectidae	4.9
<i>Rhabditis</i> Dujardin, 1845		1	Rhabditina	Rhabditidae	26.8
<i>Wilsonema</i> Cobb, 1913		2	Chromadorina	Plectidae	2.4
<i>Aphelenchus</i> Bastian, 1865	Fungaivore	2	Aphelenchina	Aphelenchidae	61.0
<i>Aphelenchoides</i> Fischer, 1984		2	Aphelenchina	Aphelenchioididae	70.7
<i>Ditylenchus</i> Filipjev, 1936		2	Tylenchina	Anguinidae	82.9
<i>Allodorylaimus</i> Andrásy, 1986	Omnivores	4	Dorylaimina	Qudsianematidae	2.4
<i>Aporcelaimellus</i> Heyns, 1965		5	Dorylaimina	Aporcelaimidae	7.3
<i>Aporcelinus</i> Andrásy, 2009		5	Dorylaimina	Aporcelaimidae	2.4
<i>Dorylaimus</i> Dujardin, 1845		4	Dorylaimina	Dorylaimidae	39.0
<i>Eudorylaimus</i> Andrásy, 1959		4	Dorylaimina	Qudsianematidae	7.3
<i>Mesodorylaimus</i> Andrásy, 1959		5	Dorylaimina	Dorylaimidae	46.3
<i>Prodorylaimus</i> Andrásy, 1959		5	Dorylaimina	Dorylaimidae	2.4
<i>Clarkus</i> Jairajpuri, 1970	Predators	4	Mononchina	Mononchidae	2.4
<i>Seinura</i> Fuchs, 1931		4	Aphelenchina	Aphelenchioididae	2.4
<i>Tripyla</i> Bastian, 1865		3	Tripylina	Tripylidae	7.3


Figure 2. The % proportion of fungivore, bacterivore, omnivore, and predator nematodes in 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 2. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasında fungivor, bakterivor, omnivor ve predatör nematodların % oranı.

Fungivore *Aphelenchus* Bastian, 1865 (61%), *Ditylenchus* Filipjev, 1936 (82.9%), and *Aphelenchoides* Fischer, 1984 (70.7%), as well as bacterivore *Cephalobus* Bastian, 1865 (58.5%), were frequent genera in wheat fields. Except for *Mesodorylaimus* Andrásy, 1959 (46.3%), omnivores and predators were rare and not abundant.

Plant parasitic nematodes recovered from wheat soils belonged to two suborders, 10 families and 17 genera (Table 3). Based on feeding strategy, nematodes were categorized as ectoparasite (14 genera),

migratory endoparasite (1 genus), sedentary endoparasite (1 genus), and semi-endoparasite (1 genus). Ectoparasites dominated almost all (38 of 41) fields. Species with different feeding strategies coexisted in 23 soil samples. Only ectoparasite species were found in 16 fields. (Figure 3).

Table 3. Taxonomic classification, c-p values, frequency of occurrence, and abundance of plant-parasitic nematodes in wheat fields in Tekirdağ (M1: Ectoparasite M2: Migratory endoparasite M3: Semi-endoparasite M4: Sedentary endoparasite RHF: Root hair feeder)

Çizelge 3. Tekirdağ ili buğday tarlalarında bitki paraziti nematodların taksonomik sınıflandırması, c-p değerleri, bulunma sıklıkları ve yoğunlukları (M1: Ektoparazit M2: Gezici endoparazit M3: Yarı endoparazit M4: Sabit endoparazit RHF: Kök emici tüyleri ile beslenenler)

Genera	Feeding habitat	Feeding strategy	c-p class	Suborder	Families	Frequency of Occurrence (%)
<i>Bitylenchus</i> Filipjev, 1934		M1	3	Tylenchina	Dolichodoridae	2.4
<i>Boleodorus</i> Thorne, 1941		M1/RHF	2	Tylenchina	Boleodorinae	12.2
<i>Coslenchus</i> Siddiqi, 1978		M1/RHF	2	Tylenchina	Tylenchidae	17.0
<i>Criconema</i> Hofmanner and Menzel, 1914		M1	3	Tylenchina	Criconematidae	2.4
<i>Filenchus</i> Andrassy, 1954		M1/RHF	2	Tylenchina	Tylenchidae	78.0
<i>Geocenamus</i> Thorne & Malek, 1968		M1	3	Tylenchina	Merliniidae	41.4
<i>Helicotylenchus</i> Steiner, 1945		M1	3	Tylenchina	Hoplolaimidae	4.9
<i>Heterodera</i> Schmidt, 1871		M4	3	Tylenchina	Heteroderidae	26.8
<i>Paratylenchus</i> Micoletzky, 1922	Plant-parasitic	M1	3	Tylenchina	Paratylenchidae	4.9
<i>Paratrophurus</i> Arias, 1970		M1	3	Tylenchina	Telotylenchidae	2.4
<i>Pratylenchus</i> Filipjev, 1936		M2	3	Tylenchina	Pratylenchidae	14.6
<i>Pratylenchoides</i> Winslow, 1958		M3	3	Tylenchina	Pratylenchidae	17.0
<i>Psilenchus</i> de Man, 1921		M1/RHF	2	Tylenchina	Boleodorinae	2.4
<i>Rotylenchus</i> Filipjev, 1934		M1	3	Tylenchina	Hoplolaimidae	4.9
<i>Sakia</i> Khan, 1964		M1/RHF	2	Tylenchina	Boleodorinae	2.4
<i>Tylenchorhynchus</i> Cobb, 1913		M1	3	Tylenchina	Belonolaimidae	48.8
<i>Xiphinema</i> Cobb, 1913		M1	5	Dorylaimina	Longidoridae	2.4

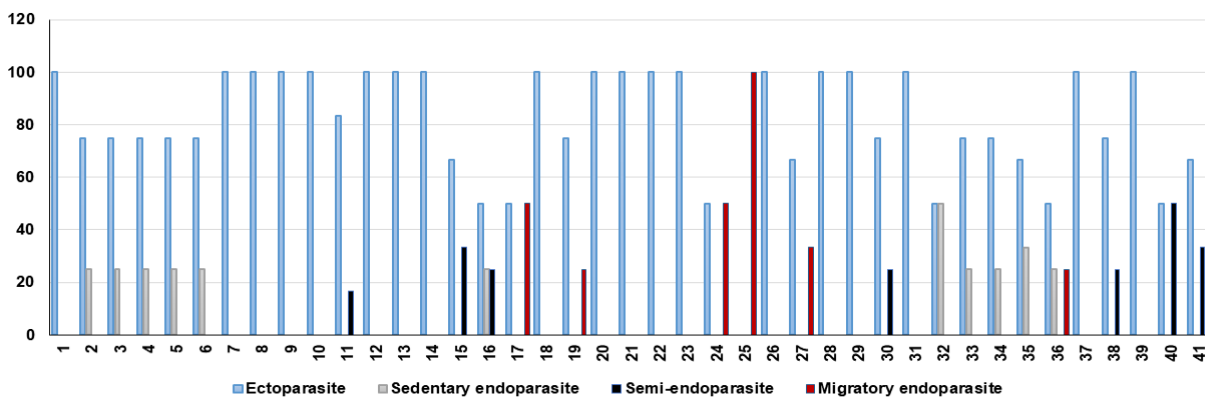


Figure 3. The % proportion of plant-parasitic nematodes based on feeding strategy in 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 3. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasında bitki paraziti nematodların beslenme şekli bakımından % oranı.

Filenchus Andrassy, 1954 (78%), *Tylenchorhynchus* Cobb, 1913 (48.8%) and *Geocenamus* Thorne & Malek, 1968 (41.4%) were the most frequent and abundant (up to 111 individuals in 100 cm³ soil) in sampled areas. The population of lesion nematode *Pratylenchus* Filipjev, 1936, *Pratylenchoides* Winslow, 1958, dagger nematode *Xiphinema* Cobb, 1913, and ring nematode *Criconema* Hofmanner and Menzel, 1914 were under economic damage threshold in all fields (1-10 individual/ 100 cm³ soil). Cyst nematode *Heterodera* Schmidt, 1871 was found in 26.8% of the samples, and the mean population of second-stage juveniles in 100 cm³ soil was 8.1 (8-10).

The extracted free-living and plant parasitic nematodes belonged to five colonizer-persister groups. Among all nematodes, one genus belonged to c-p1, 15 to c-p2, 12 to c-p3, six to c-p4, and five to c-p5. Generally, the c-p2 and c-p3 groups were dominant in all fields, and rare occurrences of c-p1 (e.g. *Rhabditis* Dujardin, 1845), c-p4 (e.g. *Allodorylaimus* Andrassy, 1986) and c-p5 (e.g. *Aporcelinus* Andrassy, 2009) group species were observed. At the same time, c-p2 group nematodes were more dominant than c-p3 in all areas except three wheat fields, and c-p3 nematodes were prominent in one field. (Figure 4).

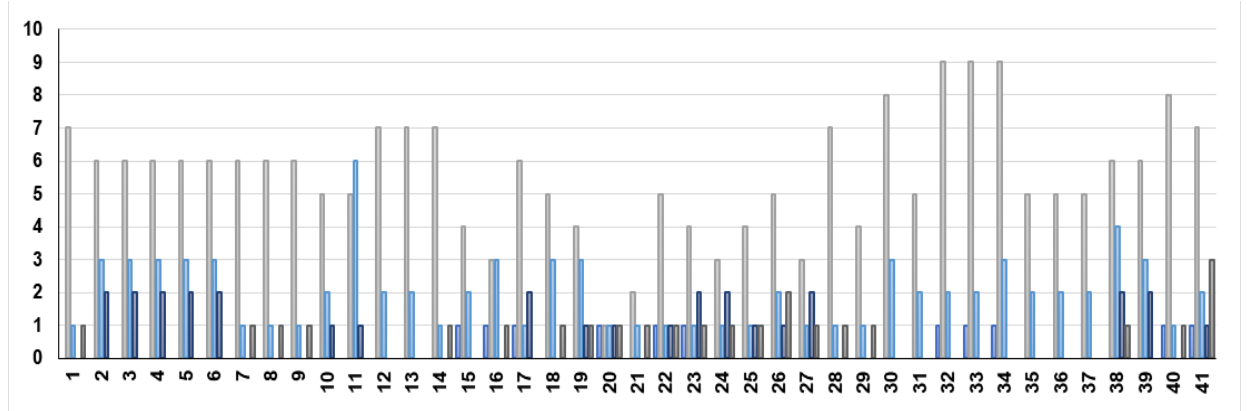


Figure 4. The number of free-living and plant-parasitic nematodes based on c-p values in 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 4. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasında c-p değerlerine göre serbest yaşayan ve bitki paraziti nematod sayısı.

Nematode diversity in wheat fields in Tekirdağ

The nematode diversity of all surveyed wheat fields maintains 3 to 14 genera of free-living and plant-parasitic nematodes. The average of the Shannon-Weiner diversity index (H') was calculated as 2.03 ± 0.24 (1.35-2.42), and similar values in some fields showed the existence of species in similar numbers and population densities. The mean of Evenness (J') value was between 0.90 ± 0.06 (0.73-0.99), and the Genera Richness (GR) was 8.32 ± 3.17 (4-14) (Figure 5). The number of different plant-parasitic genera was not high in the wheat fields, suggesting that it was due to the host status of the wheat plant.

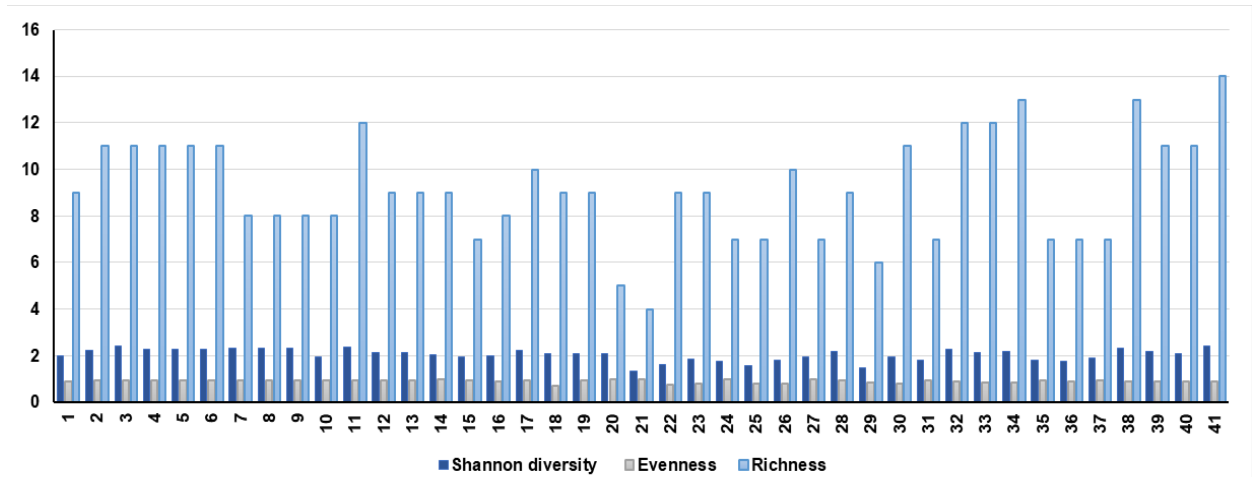


Figure 5. The Shannon-Weiner diversity index (H'), the Evenness (J'), and the Genera Richness (GR) values in 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 5. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasının Shannon-Weiner diversity index (H'), Evenness (J'), ve Genera Richness (GR) değerleri.

Nematode community analysis and estimation of the soil health status of wheat fields in Tekirdağ

The nematode maturity and soil food web-based indices were calculated for the surveyed wheat field. The average of the Maturity index (MI) value was 2.26 ± 0.28 (1.97-2.96); the Maturity index MI2-5 value was 2.32 ± 0.33 (2-3.12), and the PPI value was 2.88 ± 0.17 (2.29-3.0) (Figure 6). Except for six fields with an MI value of >2.5 , most fields had values between 2-2.3, and low values indicate soil disruption and enrichment of nutrients. The MI value increased in soils, maintaining the higher number of omnivore nematodes like *Mesodorylaimus* spp. In areas with a PPI value of 3, the number of plant-parasitic genera from the c-p3 group was higher.

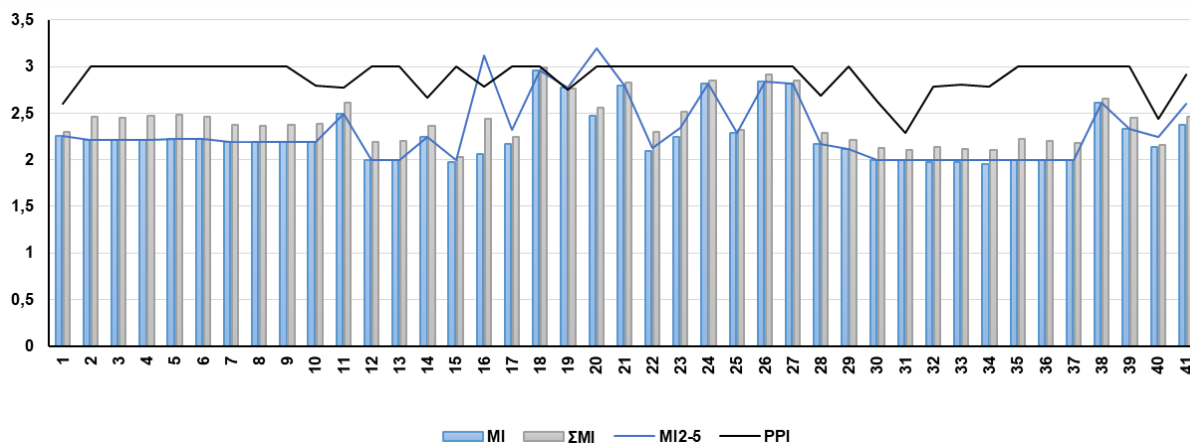


Figure 6. The Maturity Index (MI), the Maturity Index (MI) 2-5, and the Plant-parasitic Index (PPI) values of 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 6. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasının Maturity Index (MI), the Maturity Index (MI)2-5 ve Plant-parasitic Index (PPI) değerleri.

The soil food web-related indices Channel (CI), Enrichment (EI), Basal (BI), and Structure (SI) were calculated for all sampled fields. The SI index took the values between 0 (excessively degraded) and 100 (well structured). The average SI value was 33.6 ± 26.49 (0-81.05) and showed great variations, calculated as >50 in 11 and <50 in 30 fields. The EI value was 41.93 ± 14.3 (13.64-87.50). The average BI value was 42.35 ± 12.66 (8.51-60.26). The CI value was 91 ± 20.44 (8.57-100) (Figure 7).

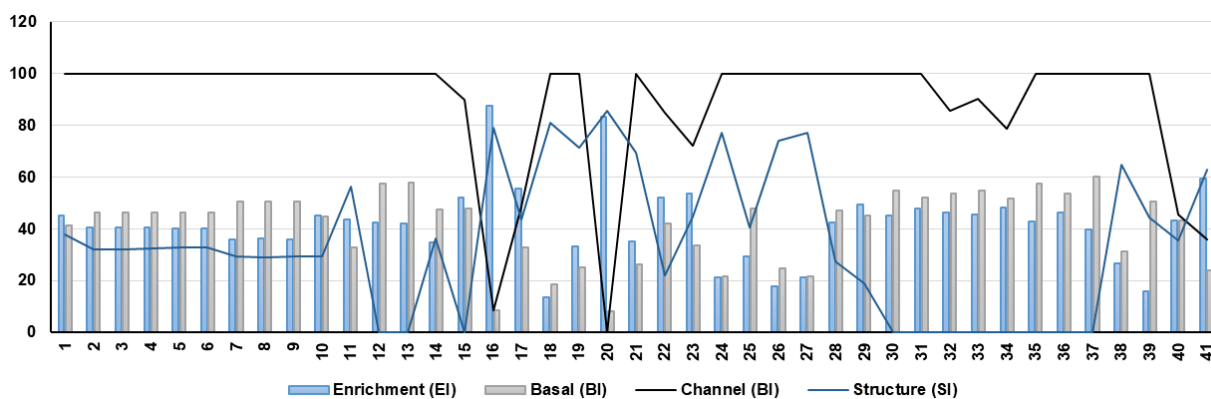


Figure 7. The Enrichment Index (EI), Basal Index (BI), Channel Index (CI), and Structure Index (SI) values of 41 wheat fields in Tekirdağ.

Şekil 7. Tekirdağ'da 41 buğday tarlasının Enrichment Index (EI), Basal Index (BI), Channel Index (CI) ve Structure Index (SI) değerleri.

The c-p triangle plot confirmed that most nematodes in wheat fields belonged to the c-p2 and c-p3-5 classes (Figure 8A). Most of the fields showed stressed characteristics. The soil food-web graph represents the replacement of the fields under four quadrats. Four were in quadrat A, 3 in quadrat B, 7 in quadrat C, and 27 in quadrat D. According to Figure 8B, 31 fields were disturbed and stressed, and 10 were maturing or matured.

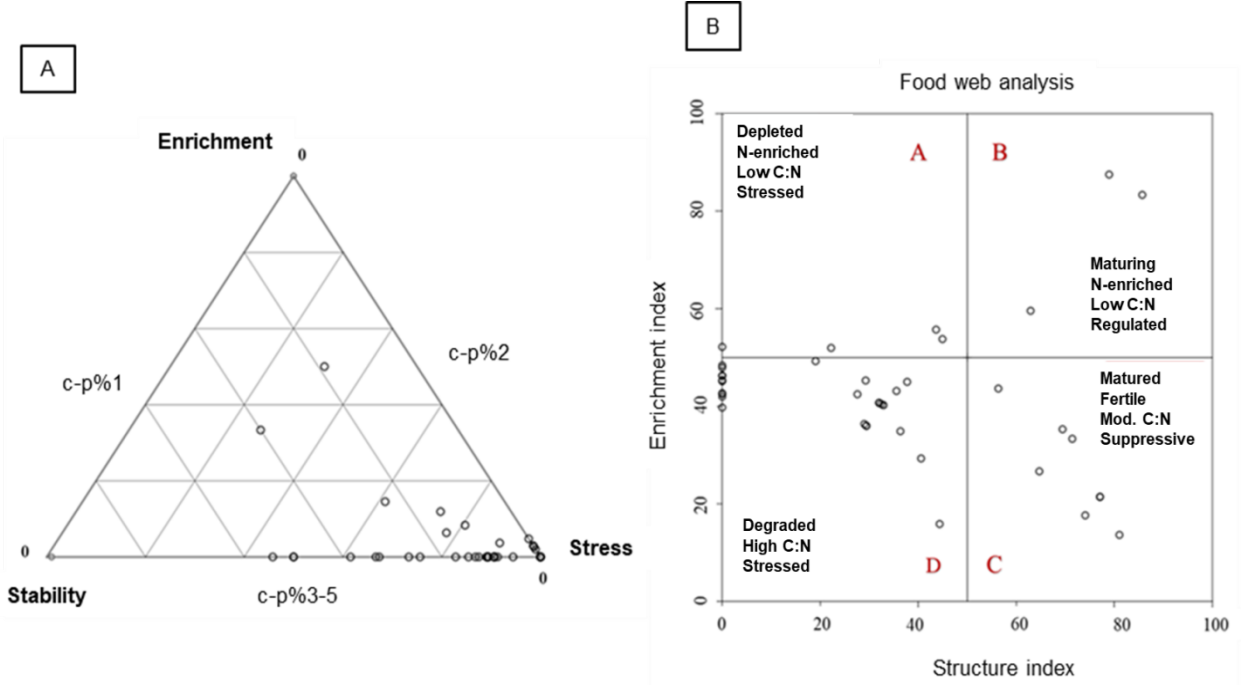


Figure 8. A. c-p triangle representing nematodes with c-p1, c-p2 and c-p3-5 values. B. Soil food web analysis representing enrichment and structure conditions in sampled wheat soils in Tekirdağ.

Figure 8. A. c-p1, c-p2 ve c-p3-5 değerlerine sahip nematodları temsil eden c-p üçgeni. B. Tekirdağ'da örneklenen buğday topraklarındaki zenginleşmeyi ve yapısal koşulları temsil eden toprak besin ağı analizi.

Soil organisms are a key component in determining the food web's status in the soil. Especially fungivores, bacterivores, and predator nematodes affect the food web and the nutrient content of the soil. Nematode diversity represents soil characteristics. Nematodes' consumption of soil organic residues significantly increases available N, P, and other elements. The rate of other elements, such as N, C, and P, is high, especially in areas with high bacterivore nematodes in the c-p1 and c-p2 classes (Sanchez-Moreno, 2018). For instance, *Acroboloides*, a bacterivore species, exhibit a higher rate of copper resistance, and their abundance promotes soil resilience against copper. It has been reported that the number of omnivore and predator nematodes is reduced or eliminated from nematode communities in soil with high Cu and Zn concentrations. Again, since c-p1 group nematodes are lowly tolerant to the stress of chemicals and pollutants, their abundance in the soil can provide information about the heavy metal status of the soil (Bongers et al., 1997). For these reasons determining biotic agents' principally nematodes, diversity, and abundance in the soil is important in regulating soil productivity (Ara Khanum et al., 2022).

The nematode diversity in wheat fields in Tekirdağ constitutes 41 genera of nematodes with different feeding strategies and habitats. Free-living non-plant-parasitic belonged to 23 genera, and plant parasitic to 18 genera. The dominant species in survey areas were bacterivore and fungivore nematodes. Among all functional guilds, most of the identified nematodes belonged to c-p2. Conversely, nematodes from the c-p group were common.

Researchers in many provinces, such as Bolu, Sakarya, Isparta, Burdur, and Adıyaman in our country, previously found the genera such as *Heterodera* spp, *Pratylenchus* spp, *Helicotylenchus* spp. that we detected. But still, their population densities differed from area to region (Yıldız et al., 2017; Kasapoğlu Uludamar, 2018; Göze Özdemir et al., 2022, Keçeci et al., 2022). *H. avenae* belonging to *Heterodera* can cause 15-90% and *H. filipjevi* 20.4-24.8% yield loss in wheat (Hassan et al., 2010; Karimipourd Fard et al., 2018). In *Pratylenchus* species, *P. thornei* causes a 65% yield decrease (Owen et al., 2021). In studies conducted in Türkiye, *Heterodera filipjevi* caused nearly 40.5% yield loss in wheat (İmren et al., 2020).

In our study, species such as *Acrobeloides* (70.7%), *Aphelenchoides* (70.7%), and *Ditylenchus* (81%) were common in Tekirdağ, and similarly, in a study by Yıldız et al. (2017) in Bolu, these two species were found to be the most common with 92.7% and 72.1% occurrence, respectively. Like our study, many nematode species were identified in wheat fields in several countries. In Morocco, 33 genera of nematodes from different trophic groups were reported (Laasli et al., 2022).

The values of nematode diversity based on several indices were calculated in fields to determine the conditions of the soil food web, soil degradation, and providers of organic material decomposition. Shannon diversity index (H') value in wheat fields in Tekirdağ was above 2 in 19 fields and below 2 in 22 fields. Low values such as 1.35, 1.42, 1.43, and 1.56 were calculated in some areas. In these fields, nematode abundance and genera richness were generally low. According to Hodda et al. (2009), as in Tekirdağ, the low diversity of nematodes is due to the degraded soil, and many agricultural areas in the world are in this situation. Additionally, wheat host plants may affect the nematode diversity, promote the multiplication of some genera and suppress others. Low Maturity index (MI) values calculated according to free-living nematodes also indicate soil stress and disturbance. Plant parasitic index (PPI) value is low in poor soil conditions with c-p2 group nematodes in the field (Bongers et al., 1990). In Tekirdağ, while the MI value was below 2.5 in 34 fields, the PPI value was generally determined as 3 and calculated below this value in only 14 fields. Our H' ($2.03+0.24$), MI ($2.26+0.28$), and PPI ($2.88+0.17$) values quietly fit with values (H' : $2.52+0.0$; MI: $2.37+0.1$; PPI: $2.51+0.0$) calculated in wheat fields in Bolu by (Yıldız et al., 2017).

The soil-food web-related indices in Tekirdağ, representing food web conditions and the status of bacterivores and fungivores in decomposition, were calculated. The Enrichment Index (EI) indicates soil nutrient enrichment (Ferris, 2001). In this study, the EI values of 13.64, 15.87, and 17.65 calculated for three fields were very low and indicated soil depletion. On the other hand, soils were considered highly enriched in two fields with very high values of 87.33 and 83.5. On the other hand, according to Ferris (2001) Structure Index (SI), which gives information about the presence of c-p 1-5 nematodes in soils and its contribution to soil structure, took the value of 0 in 11 fields in Tekirdağ and in these fields omnivores and predators were not found. SI levels between 0-30 indicate a degraded soil food-web chain (Sanchez-Moreno & Ferris, 2018). Basal (BI) and Channel (CI) indices that give information about the conditions of the soil food web and organic residue decomposition pathway were also calculated and the values were 91 ± 20.44 and 42.35 ± 12.66 CI values of >50 , representing the dominance of fungivore nematodes, and <50 represent the dominance of bacterivore nematodes in the decomposition of organic material in the soil (Du Preez et al., 2022). Accordingly, it can be considered that there was mostly bacterial decomposition in 5 fields and fungal decomposition in 36 fields in Tekirdağ. In our study, the BI value was 50 and above in 13 fields and 30 and below in 9 fields. When the BI value is >50 , the soils are considered to have poor soil food-web conditions (Sanchez-Moreno & Ferris, 2018). In the c-p triangle, the sampling fields were generally concentrated in the stress region. In the Soil food-web scheme, the sampling areas in Tekirdağ were included in the 4 Quadrats in parallel with the above-mentioned index values. More than half of the fields were located in Quadrat D. Here; there are disturbed environments with a high C: N ratio, and fungal decomposition is prominent (Ferris et al., 2001). On the other hand, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* and *Ditylenchus* were highly distributed in wheat fields located in Quadrat D. Only seven fields had biologically and physiologically matured well-developed soil characteristics.

CONCLUSION

In this study, in wheat fields in Tekirdağ province, nematode biodiversity was investigated. The prevalence of nematode genera was determined, and taxonomic classification was made. *Heterodera* and *Pratylenchus*, the most harmful genera of wheat, were extracted from several locations. With the indices calculated based on the determined nematode biodiversity, information was obtained about the food web status of the soil and the soil environmental conditions. Most of the sampled wheat fields showed some degree of disturbed environment features.

REFERENCES

- Ara Khanum, T., N. Mehmood & N. Khatoun, 2022. "Nematodes as Biological Indicators of Soil Quality in the Agroecosystems, 157-168". In: Nematodes: Recent Advances, Management and New Perspectives (Eds. C. Bellé & T. E. Kaspary). IntechOpen, London, UK, 222 pp. [https://doi: 10.5772/intechopen.99745](https://doi.org/10.5772/intechopen.99745).
- Brzeski, M. W., 1991. Review of the genus *Ditylenchus* Filipjev, 1936 (Nematoda: Anguinidae). *Revue Nematology*, 14: 9-59.
- Bongers, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83: 14-19.
- Bongers, T., H. Van der Meulen & G. Korthals, 1997. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. *Applied Soil Ecology*, 6: 195-199.
- Castillo, P. & N. Vovlas. 2005. Bionomics and identification of *Rotylenchus* species. *Nematology Monographs and Perspectives*, Brill Academic Publishers. 3: 316-148. [10.1163/9789047415077](https://doi.org/10.1163/9789047415077).
- Decaëns, T., J. Jiménez, C. Gioia, J. Measey & P. Lavelle, 2006. The values of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology*, 42: 23-38. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.07.001>.
- Du Preez, G., M. Daneel, R.G.M. De Goede, M. J. Du Toit, H. Ferris, H. Fourie, S.A. Geisen, T. Kakouli-Duarte, G.W. Korthals, S. Sanchez-Moreno & J.H. Schmidt, 2022. Nematode-based indices in soil ecology: Application, utility and future directions. *Soil Biology and Biochemistry*, 169: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108640>.
- Ferris, H., T. Bongers & R.G.M. De Goede, 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18: 13-29.
- Forge, T.A. & S.W. Simard, 2000. Trophic structure of nematode communities, microbial biomass, and nitrogen mineralisation in soils of forests and clear-cuts in the southern interior of British Columbia. *Canadian Journal of Soil Science*, 80: 401-410.
- Freckman, D.W., 1988. Bacterivorous nematodes and organic matter decomposition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 24: 195-217.
- Garg, M., A. Sharma, S. Vats, V. Tiwari, A. Kumari, V. Mishra & M. Krishania, 2021. Vitamins in cereals: A critical review of content, health effects, processing losses, bioaccessibility, fortification, and biofortification strategies for their improvement. *Frontiers in Nutrition*, 16 (8): 586815. [https://doi: 10.3389/fnut.2021.586815](https://doi.org/10.3389/fnut.2021.586815). PMID: 34222296; PMCID: PMC8241910.
- Geraert, E. & D. J. Raski. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). *Revue Nematologia*, 10 (2): 143-161.
- Göze Özdemir, F.G., B. Yaşar & İ.H. Elekcioğlu, 2021. Distribution and population density of plant parasitic nematodes on cereal production areas of Isparta and Burdur Provinces of Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 45 (1): 53-64. [https://doi: 10.16970/entoted.805356](https://doi.org/10.16970/entoted.805356).
- Güneş, E. & E. Turmuş, 2020. Evaluation of grain sector in terms of food safety/security in Turkey and the World. *Türkiye Biyoetik Dergisi*, 7 (3): 124-143.
- Handoo, Z. A., Khan, A. & S. Islam 2007. A key and diagnostic compendium to the species of the genus *Merlinius* Siddiqi, 1970 (Nematoda: Tylenchida) with description of *Merlinius khuzdarensis* n. sp. associated with date palm. *Nematology*, 9: 251-260. DOI: [10.1163/156854107780739045](https://doi.org/10.1163/156854107780739045).
- Hassan, G., K. Al-Assas & M. Jamal, 2010. Damage potential and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat under Syrian field conditions. *Nematologia Meditteranea*, 38: 73-78.

- Hodda, M., L. Peters & W. Traunspurger, 2009. "Nematode Diversity in Terrestrial, Freshwater Aquatic and Marine Systems, 45-93". In: *Nematodes as Environmental Indicators* (Eds. M.J. Wilson & T. Kakouli Duarte). CABI Publishing, England, 340 pp.
- İmren, M., Ş. Yıldız, V. Çiftçi & A.A. Dababat, 2020. Effect of cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* on wheat yields in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44 (1): Article 4. <https://doi.org/10.3906/tar-1902-17>
- Karimipour Fard, H., E. Pourjam, Z. Tanha Maafi & N. Safaie, 2018. Assessment of yield loss of wheat cultivars caused by *Heterodera filipjevi* under field conditions. *Journal of Phytopathology*, 166: 299-304.
- Kasapoğlu Uludamar, E.B., Ş. Yıldız, M. İmren, A. Öcal & İ.H. Elekçioğlu, 2018. Occurrence of plant parasitic nematode species in important crops in the Southeast Anatolia Region of Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 42 (1): 63-74. <https://doi.org/10.16970/entoted.359616>.
- Keçici, A.İ., R. Bozbuğa, A. Öcal, E. Yüksel, G. Özer, Ş. Yıldız, R. Lahlali, B. Slaats, A.A. Dababat & M. İmren, 2022. Diversity and identification of plant-parasitic nematodes in wheat-growing ecosystems. *Microorganisms*, 10 (8): 1534. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081534>.
- Laasli, S.E., F. Mokrini, R. Lahlali, T. Wuletaw, T. Paulitz & A.A. Dababat, 2022. Biodiversity of nematode communities associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) in Southern Morocco and their contribution as soil health bioindicators. *Diversity*, 14 (3): 194. <https://doi.org/10.3390/d14030194>.
- Lavelle, P. & A.V. Spain, 2001. *Soil Ecology*. Springer Science & Business Media, Kluwer, Dordrecht, 654 pp.
- Loof, P. A. A. & M. Luc, 1990. A revised polytomous key for the identification of species of the genus *Xiphinema* Cobb, 1913 (Nematoda: Longidoridae) with exclusion of the *X. americanum*-group. *Systematic Parasitology*, 16: 36-66.
- Neher, D.A. & B.J. Darby, 2009. "General Community Indices that Can Be Used for Analysis of Nematode Assemblages, 107-123". In *Nematodes as Environmental Indicators* (Eds. M. Wilson & T. Kakouli-Duarte). CABI Publishing, England, 340 pp.
- Olgun, M., S. Erdoğan, İ. Kutlu, N. G. Ayter & Z. Budak Başçiftçi, 2013. Evaluation acreage, production and yield of wheat (*T. aestivum* L.) by krigging method in Turkey. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (1): 162-171.
- Owen, K.J., J.P. Fanning, K.L. Reeves & G.J. Hollaway, 2021. Consistent responses of yield and resistance of wheat cultivars to the root-lesion nematode, *Pratylenchus thornei*, in the Australian northern subtropical region, but not in the temperate southern region. *Plant Pathology*, 70: 1790-1806. <https://doi.org/10.1111/ppa.13417>.
- Pielou, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144. [https://dx.doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://dx.doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0).
- Sánchez-Moreno, S. & H. Ferris, 2018. "Nematode Ecology and Soil Health, 62-86". In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (Eds. R. Sikora, D. Coyne, J. Hallmann & P. Timper). CAB International, Wallingford, UK, 876 pp.
- Sánchez-Moreno, S., S. Smukler, H. Ferris, A.T. O'Geen & L.E. Jackson, 2007. Nematode diversity, food web condition, and chemical and physical properties in different soil habitats of an organic farm. *Biology and Fertility of Soils*, 44 (5): 727-744. <https://doi.org/10.1007/s00374-007-0256-0>.
- Sieriebriennikov, B., H. Ferris, De Goede & R.G.M. de Goede, 2014. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology*, 61: 90-93.
- Topping, D., 2007. Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. *Journal of Cereal Science*, 46: 220-229.
- TUIK, 2021. Turkish Statistical Institute. (Web page: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>) (Date accessed: October, 2022).
- Yeates, G.W., T. Bongers, R.G.M. De Goede, D.W. Freckman & S.S. Georgieva, 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*. 25: 315-331.
- Yıldız, Ş., M. İmren & N. Duman, 2017. Nematode biodiversity in cereal growing areas of Bolu, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 41 (2): 159-168. <https://doi.org/10.16970/entoted.292132>.



Research Article
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):639-646
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1266186>

Nihal ACARSOY BİLGİN^{1*}

Adalet MISIRLI¹

¹Ege University, Faculty of Agriculture,
Department of Horticultural, 35100,
Bornova, İzmir, Türkiye

*Sorumlu yazar (Corresponding author):

nihal.acarsoy@ege.edu.tr

Keywords: Altitude, Chandler, fruit quality,
Juglans regia L., yield

Anahtar sözcükler: Yükselti, Chandler,
meyve kalitesi, *Juglans regia* L., verim

The effect of different altitudes on nut properties and yield in “Chandler” walnut variety

Farklı yükseltelerin “Chandler” ceviz çeşidinde meyve özellikleri ve verime etkisi

Received (Alınış): 16.03.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 05.12.2023

ABSTRACT

Objective: It was aimed to evaluate and interpret nut parameters of “Chandler” walnut variety at two different altitudes according to years.

Material and Methods: This research was conducted in a commercial orchard located at an altitude of 50 and 750 m in Manisa province during 2017 and 2021 years. “Chandler” walnut variety was used as plant material.

Results: Accordingly, the highest nut weight was determined as 13.89 g at 50 m altitude in 2018. The highest nut width, length, and height values were detected in the same year and altitude. For altitudes of 50 m and 750 m, the shell thickness was thin (1.38 mm and 1.30 mm) in 2020, whereas it was thick (2.16 mm and 1.83 mm) in 2019. A light kernel color was stated at 750 m in 2019. The shrinkage value was found to be much less at 750 m (9.41%). Higher yield was obtained at 50 m altitude. On the other hand, in the principal component analysis, the most important distinguishing features in terms of years were kernel weight for 50 m and kernel ratio for 750 m altitudes.

Conclusion: It was detected that the nut characteristic such as kernel ratio, nut length, L* value and shrinkage ratio were superior due to the increase in altitude. However, the yield was found to be higher at low altitudes.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, “Chandler” ceviz çeşidinin iki farklı rakımdaki meyve parametrelerinin yıllara göre değerlendirilmesi ve yorumlanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışma, 2017 ve 2021 periyodunda, Manisa’da 50 m ve 750 m yükseltide bulunan bir ticari meyve bahçesinde yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak “Chandler” ceviz çeşidi kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları: Buna göre, en yüksek meyve ağırlığı, 2018’de 50 m yükseltide, 13,89 g olarak saptanmıştır. En yüksek meyve en, boy ve yükseklik değerleri yine aynı yıl ve yükseltide tespit edilmiştir. 50 m ve 750 m yükselti için kabuk kalınlığı 2020 yılında ince (1,38 mm ve 1,30 mm) buna karşılık 2019 yılında kalın (2,16 mm ve 1,83 mm) olmuştur. Açık iç rengi 2019’da 750 m yükseltide belirtilmiştir. İç büzüşme (%9,41) 750 m’de çok az bulunmuştur. Yüksek verim 50 m yükseltide elde edilmiştir. Temel bileşenler analizinde ise yıllar açısından en önemli ayırt edici özellikler 50 m için iç ağırlığı ve 750 m için iç randımanı olmuştur.

Sonuç: İç randımanı, meyve uzunluğu, L* değeri ve büzüşme oranı gibi meyve özelliklerin yükseltiye bağlı olarak iyileştiği gözlemlenmiştir. Ancak düşük yükseltide verimin daha fazla olduğu görülmüştür.

INTRODUCTION

Walnut is an important nut species in the world. It is widely grown in Anatolia. This is the center of origin (Akça et al., 2014). Walnut has been included in diet programs in recent years. It is one of the dried fruits recommended for nutrition and consumed with pleasure due to its fatty acids, vitamins, antioxidants, and mineral substances (Sarikhani et al., 2021). Production areas are also increasing, depending on the trend of consumer interest. There has been an increase in the presence of trees in Türkiye in recent years. This situation also affects the amount of production. Accordingly, walnut production was 325 thousand tons in 2021 and Türkiye ranked 4th after China, USA and Iran (Anonymous, 2023).

With the support of the Ministry of Agriculture and Forestry in Türkiye, new walnut orchards have been established and the production areas and amount have increased. In this context, certified saplings and grant supports have increased the demand for walnut cultivation. Today, the state encourages the establishment of new orchards, especially on treasury lands, thus contributing to the revival of the rural economy (Yurtkulu, 2020). As a result of the economic value of this fruit species and the increasing interest by consumers, producers prefer its cultivation. In recent years, despite the large amount of grafted walnut in the orchard, products cannot be obtained from the trees at the optimum level and quality.

Many new plantations in different ecologies have been established in Türkiye with the “Chandler” walnut variety, which has a yellow kernel color preferred by consumers. With the support of the state, production is carried out in very large areas from sea level to high-altitude state treasury lands (Akça, 2016). As known, efficiency is a significant criterion in production goals. However, the quality characteristics and yield vary according as the species, ecological conditions and altitude (Ersoyol Kırışık et al., 2021). In fruit species yield and quality vary depending on the genotype, ecological conditions and cultural practices. However, the optimum amount and quality can be reached with varieties that adapt to the region. Since fruit growing is a difficult and expensive investment, adaptation studies are of great importance.

On the other hand, the relationship between yield and quality is extremely important in terms of growth (Sakar et al., 2016). As seen in many scientific studies, many features are examined individually and the results are emphasized. In fact, fruit quality characteristics are interrelated. Determining the direction and strength of the relationship between numerical data is important on account of interpreting the whole event.

Multivariate analysis methods help to interpret these relationships and to determine the correlation between variables. With principal component (PC) analysis, independent variables are reduced to smaller component sets. Thanks to this method, highly correlated variables come together so that the principal components that make up the most variation in the data can be determined (Kalaycı, 2016). Since fruit growing is a difficult and expensive investment, it is important to determine the performance of varieties in new growing areas. This research aims to reveal that variation of the “Chandler” walnut cultivar grown at two different altitudes, by means of statistical analysis method, as well as the change of traits according to years.

MATERIALS and METHODS

The current study was conducted in a commercial orchard located at an altitude of 50 m and 750 m in Manisa province, Türkiye. The experimental orchard soil analysis findings are given below (Table 1). Regular irrigation was carried out with a drip irrigation system. Plant nutrition practices were made taking into account soil analysis. The experiment was carried out for 5 years between 2017 and 2021 and the 5-year-old “Chandler” walnut variety was used as plant material. It has a thin shell, smooth, oval shape. It is easy to separate from the shell and is suitable for consumption as dry and fresh walnuts. It has a light kernel color and is a very productive variety (Akça, 2016).

Walnuts were harvested when they had a cracked green pericarp. For the analysis, 30 walnut fruits collected from the tree were separated from their green peels and then dried in the shade. These

examples were used in the analysis. After determining the mean nut and kernel weight on a precision electronic scale, the kernel ratio (%) was found. Shrinkage rate (%) was determined. The width, height, and length of the nut were measured with a digital caliper (0.01 mm). The yield was determined by weighing the total amount of nut in each tree at the time of harvest (kg tree⁻¹). Fruit color was measured by a CR400 model minolta colorimeter in CIE L* a* b* and the values of chrome (C*) and hue angle (h°) were calculated by using the $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ formula (Mcguire, 1992).

The study was carried out in 3 replications, with 3 trees in each replication, according to the randomized blocks design. The data were subjected to analysis of variance using IBM® SPSS® Statistics 19 statistical software (IBM, NY, USA). Significant differences between averages were defined by Duncan test at the P<0.05 significant level. In addition, the changes in the mentioned features according to the years were also examined by using principal component analysis methods.

Table 1. Soil analysis results

Çizelge 1. Toprak analiz sonuçları

Soil Parameters	50 m				750 m			
	0-30 cm		30-60 cm		0-30 cm		30-60 cm	
pH	7.74	Alkaline	7.85	Alkaline	7.77	Alkaline	7.71	Alkaline
EC (%)	0.046	Salt-free	0.047	Salt-free	0.038	Salt-free	0.048	Salt-free
CaCO ₃ (%)	9.98	Medium	10.77	Medium	27.13	High	31.92	High
Sand (%)	44.24		44.24		42.24		46.24	
Clay (%)	30.00		30.00		28.00		24.00	
Silt (%)	25.76		25.76		29.76		29.76	
Texture	loamy soil		loamy soil		Clay loam soil		Clay loam sand	
Organic Matter (%)	0.68	Insufficient	0.14	Insufficient	3.39	Sufficient	2.90	Sufficient
N (%)	0.062	Insufficient	0.056	Insufficient	0.123	Sufficient	0.106	Sufficient
P (ppm)	0.80	Insufficient	0.2	Insufficient	0.20	Insufficient	0.40	Insufficient
K (ppm)	358.9	Sufficient	310.4	Sufficient	397.70	Sufficient	329.8	Sufficient
Ca (ppm)	5238	High	5044	High	5529	High	5238	High
Mg (ppm)	632	High	649	High	351.60	High	401.70	High
Na (ppm)	150.4	Normal	37.6	Normal	19.80	Normal	96.10	Normal
Fe (ppm)	6.31	Sufficient	1.14	Insufficient	3.80	Normal	3.34	Normal
Zn (ppm)	0.42	Insufficient	0.54	Insufficient	0.49	Sufficient	0.77	Insufficient
Cu (ppm)	1.34	Sufficient	0.82	Sufficient	1.53	Sufficient	1.33	Sufficient
Mn (ppm)	5.8	Sufficient	3.46	Sufficient	8.12	Sufficient	6.58	Sufficient
B (ppm)	0.32	Insufficient	0.4	Insufficient	0.51	Insufficient	0.54	Insufficient

RESULTS and DISCUSSION

In the evaluation of the nut characteristics of the "Chandler" walnut variety according to years and altitude, it is seen that there is a statistical difference in terms of the examined feature (excluding nut weight and width in 750 m). Accordingly, the highest nut weight (13.89 g) was obtained at 50 m altitude in 2018 (Table 2). Similarly, the highest value in kernel weight (6.73 g) was obtained in the same year and altitude. On the other hand, the lowest value in terms of nut and kernel weight was found in 2020 at the same altitude (9.70 g and 4.78 g). Kernel ratio was determined to be high (51.37%) at 750 m altitude in 2020, whereas it was low (41.79%) at 50 m altitude in 2019. The highest value for nut width, length and height was found at 50 m in 2018 and was determined as 34.16 mm, 36.96 mm and 43.46 mm, respectively. For both altitudes, the shell thickness was thinner in 2020, whereas it was thicker in 2019.

According to the L^* value of the color parameters, a light color was detected at 750 m in 2019 (Table 3). The a^* value was found to be high at both altitudes in 2020. At 50 m altitude, the b^* value changed between 24.62 – 33.6 limit values. The light yellow kernel, which is an important quality indicator in walnuts, was determined to be more effective in 2021. The highest C^* value was measured at 50 m in 2021. In addition, the h° value was low at both altitudes in 2020. While the highest shrinkage rate was obtained at 50 m altitude (45.56%) in 2020, shrinkage was not determined in 2019 and 2020 at high altitudes. Yield increased over the years at both altitudes. Accordingly, at 50 m altitude, the yield per tree increased from 1.79 kg to 12 kg, while at 750 m altitude, it increased from 1.11 kg to 10 kg. It was observed that the yield was higher at lower altitudes.

Examined features were evaluated according to altitude and presented in Table 4. Accordingly, kernel ratio, nut length, and L^* values expressing light color gave better results at high altitudes. In particular, it was determined that the shrinkage value was approximately a quarter less at 750 m (9.41%) altitude than at 50 m (35.94%). On the other hand, a^* , h° value and yield took the first place at low altitudes. It was observed that other features were not affected by altitude (Table 5).

The examined features also differed according to the years, in general, they were statistically effective in 2018. Thus, it was in the first group statistically in terms of all features except a^* value and shrinkage. In addition, an increase in yield was recorded over the years. It was stated that year*altitude interaction for values of the properties were significant (excluding shell thickness, L^* , a^* value and yield).

In this study, it was carried out for 5 years at 2 altitudes in “Chandler” walnut variety, fruit characteristics and yield values changed according to altitude and years. As a matter of fact, the effects of cultivar, ecology and interaction on nut and kernel quality properties were discussed (Forde, 1975). Sarikhani et al., (2021) reported that large nut size and light yellow kernel color highlight that properties may vary with environmental conditions. These quality criteria, which are important in walnuts, were among similar values in our study carried out on the “Chandler”. Also, it was reported that the quality properties of hazelnut cultivars examined in a different study changed depending on altitude (Gülsoy et al., 2019). In another study, they stated that fruit sizes were small in high-altitude varieties, however, positive results were obtained in terms of color values (Koyuncu et al., 2004). Similarly, in another study of the “Chandler” walnut cultivar, characteristics were found to be superior at lower altitudes (Acarsoy Bilgin et al., 2020). In another research carried out at 650, 800 and 900 m altitude in “Chandler”, nut size increased with altitude (Buyuksolak et al., 2020). All these data were parallel to our study. However, in the same study, it was found that the kernel ratio decreased due to the increase in altitude (Buyuksolak et al., 2020), but this characteristic increased in our study.

Moreover, Ergun & Süslüoğlu (2021) emphasize that the average b^* value is below 30 (light yellow) in the selected genotypes in their study. In our study, a lighter kernel color was found at high altitudes. Another important quality criterion for this species is kernel ratio and it is an important data of the studies (Ergun & Süslüoğlu, 2021). At the same time, it has been reported that nut kernel ratio is a genetic feature, and is affected by altitude (Amiri et al., 2010). In another study conducted at 4 different altitudes in the Mediterranean Region, the nut weight did not increase according to the altitude, but the kernel ratio increased and the kernel became lighter in color (Bayazıt et al., 2020). Similar findings were obtained in our study. On the other hand, as it is known, high temperature damage causes shrinkage in walnuts. In cold regions (750 m altitude), the shrinkage rate was low (9.41%) due to low summer temperatures. In confirming this, it was observed that the shrinkage rate increased in the low location where summer temperatures are high (Acarsoy Bilgin, 2022).

Table 2. The values of nut properties according to year and altitude**Çizelge 2.** Ceviz özelliklerinin yıllara ve rakımlara göre değerleri

Altitude	Year	Nut weight (g)	Kernel weight (g)	Kernel ratio (%)	Nut width (mm)	Nut length (mm)	Nut height (mm)	Shell thickness (mm)	Shrinkage ratio (%)
50 m	2017	12.27 b	6.16 b	50.17 a	32.92 a	34.95 b	40.82 b	1.51 a	29.16 a
	2018	13.89 a	6.73 a	48.45 ab	34.16 a	36.96 a	43.46 a	1.49 a	38.33 ab
	2019	11.26 c	4.70 d	41.79 c	30.46 b	30.66 c	36.83 c	2.16 b	28.33 a
	2020	9.70 d	4.70 d	49.31 a	30.04 b	31.29 c	37.30 c	1.38 a	45.56 b
	2021	12.27 b	5.67 c	46.26 b	32.77 a	34.12 b	40.46 b	1.49 a	38.33 ab
750 m	2017	11.85 ab	5.99 ^{ns}	50.59 ab	31.50 ^{ns}	34.93 a	41.71 a	1.52 abc	35.00 b
	2018	11.97 ab	5.97	49.99 abc	32.33	34.45 ab	40.11 ab	1.50 ab	8.33 a
	2019	12.08 a	5.54	45.81 c	32.89	34.36 ab	39.38 b	1.83 c	0.00 a
	2020	10.85 b	5.58	51.37 a	32.20	33.67 ab	39.28 b	1.30 a	0.00 a
	2021	11.30 ab	5.24	46.34 bc	31.62	33.03 b	39.12 b	1.63 bc	3.34 a

ns: Non-significance.

Table 3. Effects of color values and yield according to year and altitude**Çizelge 3.** Renk değerleri ve verimin yıllara ve rakımlara göre etkileri

Altitude	Year	L*	a*	b*	C*	h°	Yield (kg tree ⁻¹)
50 m	2017	51.34 a	8.75 bc	29.87 bc	31.13 ab	73.68 a	1.79 b
	2018	49.65 a	8.54 bc	30.14 bc	31.33 ab	74.19 a	3.16 b
	2019	50.35 a	7.51 c	28.44 b	29.42 b	75.22 a	11.04 a
	2020	45.56 b	12.80 a	24.62 c	27.76 b	62.53 b	11.66 a
	2021	51.35 a	9.09 b	33.67 a	34.88 a	74.81 a	12.00 a
750 m	2017	52.88 ab	6.95 b	28.42 b	29.28 c	76.28 a	1.11 d
	2018	53.91 ab	7.32 b	28.99 ab	29.92 bc	75.87 a	0.77 d
	2019	55.81 a	6.90 b	29.83 a	30.62 ab	76.97 a	4.66 c
	2020	50.85 b	11.02 a	29.53 a	31.53 a	69.54 b	6.16 b
	2021	52.69 ab	7.45 b	28.58 b	29.54 bc	75.39 a	10.00 a

Table 4. Average values of nut properties**Çizelge 4.** Ceviz özelliklerinin ortalama değerleri

		Nut weight (g)	Kernel weight (g)	Kernel ratio (%)	Nut width (mm)	Nut length (mm)	Nut height (mm)	Shell thickness (mm)	Shrinkage ratio (%)
Altitude	50	11.88 ^{ns}	5.61 ^{ns}	47.20 b	32.07 ^{ns}	33.61 b	39.77 ^{ns}	35.94 b	1.60 ^{ns}
	750	11.61	5.66	48.82 a	32.10	34.01 a	39.92	9.41 a	1.55
Year	2017	12.06 b	6.07 a	50.38 a	32.21 ab	34.93 a	41.26 ab	32.08 c	1.52 a
	2018	12.93 a	6.35 a	49.22 a	33.24 a	35.75 a	41.78 a	23.33 b	1.50 a
	2019	11.67 b	5.12 b	43.80 c	31.67 b	32.57 c	38.10 c	14.35 a	1.99 b
	2020	10.27 c	5.18 b	50.34 a	31.12 b	32.43 c	38.29 c	22.78 b	1.34 a
	2021	11.79 b	5.45 b	46.30 b	32.19 ab	33.50 b	39.79 bc	20.83 b	1.56 a
Year * Alt.		**	**	*	**	**	**	ns	**

*Significant at P<0.05, ** Significant at P<0.01. ns: Non-significance.

Table 5. Average values of color and yield**Çizelge 5.** Renk ve verimin ortalama değerleri

		L*	a*	b*	C*	h°	Yield (kg tree ⁻¹)
Altitude	50	49.65 b	9.33 a	29.35 ^{ns}	30.90 ^{ns}	72.08 a	7.93 a
	750	53.23 a	7.93 b	29.07	30.18	74.81 b	4.54 b
Year	2017	52.11 a	7.85 b	29.15 a	30.20 ab	74.98 a	1.45 c
	2018	51.78 a	7.93 b	29.56 a	30.62 ab	75.03 a	1.97 c
	2019	53.08 a	7.21 b	29.14 a	30.02 b	76.09 a	7.85 b
	2020	48.21 b	11.91 a	27.08 b	29.64 b	66.03 b	8.91 b
	2021	52.02 a	8.27 b	31.12 a	32.21 a	75.10 a	11.00 a
Year * Alt.		ns	ns	**	*	**	ns

*Significant at P<0.05, ** Significant at P<0.01. ns: Non-significance.

As a result of PC analysis carried out on the “Chandler” variety, 3 PC were clarified that identified 87.247% of the characteristics for 50 m altitude (Table 6). According to analysis, kernel weight, nut length, height, yield, nut width and nut weight datas made the highest contribution to PC1, constituting 40.177% of the total variance. The a*, h°, shell thickness, L*, shrinkage and kernel ratio datas contributed to PC2, accounting for 27.470% of the total variance. PC3 explains the C* and b* value with 19.600% of the total variance.

Table 6. Principal component analysis (50 m altitude)**Çizelge 6.** Temel bileşen analizi (50 m yükselti)

Features	PC 1	PC 2	PC 3
Kernel weight (g)	0.969	0.046	0.201
Nut length (mm)	0.918	-0.021	0.366
Nut height (mm)	0.888	0.008	0.383
Yield (kg tree⁻¹)	-0.888	-0.175	0.242
Nut width (mm)	0.858	0.112	0.407
Nut weight (g)	0.787	0.383	0.395
a*	-0.249	-0.933	-0.105
h°	0.306	0.849	0.400
Shell thickness (mm)	-0.410	0.808	-0.202
L*	0.292	0.676	0.234
Shrinkage (%)	-0.004	-0.655	-0.099
Kernel ratio (%)	0.621	-0.631	-0.261
C*	0.217	0.132	0.948
b*	0.265	0.329	0.894
Eigen value	5.625	3.846	2.744
Variance (%)	40.177	27.470	19.600
Cumulative (%)	40.177	67.647	87.247

Extraction method: principal component analysis. Rotation method: Varimax with Kaiser normalization.

In PC analysis for 750 m height, 4 PC were obtained and they identified 84.062% of the five years with fourteen characteristics (Table 7). According to this analysis, nut length, height and weight, kernel weight and yield datas made the highest contribution to PC1, constituting 27.126% of the total variance. This is the an important component. The h° , a^* and L^* value contributed to PC2, accounting for 23.920% of the total variance. PC3 accounted for the b^* and C^* value, nut width and shrinkage contributing 19.303% of the total variance. Kernel ratio and shell thickness contributed to PC4, resulting in 13.713% of the variance.

Rotated factor matrix analysis can be better interpreted and meaningful factors can be obtained. The matrix shows the correlation between the original variable and its factor. Under which factor a variable has the greatest weight, the variable is in close relationship with that factor. In addition, the fact that the eigen values are greater than 1 indicates that the weight values of these axes are reliable (Kalaycı, 2016).

In this current study, in the PC analysis, the most important distinguishing features in terms of years were kernel weight for 50 m and kernel ratio for 750 m. Moreover, distinctive features have been revealed for different genotypes (Acarsoy Bilgin, 2020, Ayar, 2018, Gouta et al., 2019). Thanks to this analysis method, it is possible to select the distinguishing parameters in the data group (Acarsoy Bilgin et al., 2020b; Fallah et al., 2022).

Table 7. Principal component analysis (750 m altitude)

Çizelge 7. Temel bileşen analizi (750 m yükselti)

Features	PC 1	PC 2	PC3	PC4
Nut length (mm)	0.906	0.005	0.085	0.120
Nut height (mm)	0.862	-0.240	-0.335	-0.022
Nut weight (g)	0.811	0.247	0.104	-0.318
Kernel weight (g)	0.776	0.058	-0.010	0.491
Yield (kg tree ⁻¹)	-0.707	-0.267	0.068	-0.373
h°	0.101	0.918	-0.243	-0.203
a^*	-0.112	-0.901	0.322	0.200
L^*	-0.003	0.867	0.207	0.001
b^*	-0.096	-0.159	0.884	-0.118
C^*	-0.132	-0.577	0.770	0.044
Nut width (mm)	0.302	0.208	0.708	0.040
Shrinkage (%)	0.541	0.125	-0.689	0.202
Kernel ratio (%)	0.198	-0.175	-0.090	0.928
Shell thickness (mm)	0.004	0.548	0.051	-0.651
Eigen value	3.798	3.349	2.702	1.920
Variance (%)	27.126	23.920	19.303	13.713
Cumulative (%)	27.126	51.046	70.349	84.062

Extraction method: principal component analysis. Rotation method: Varimax with Kaiser normalization.

CONCLUSION

Walnut, which is a food with high nutritional value, is valuable in terms of healthy nutrition. "Chandler" variety is consumed with pleasure due to its kernel size, light color, and easy cracking. Genotype is effective on these features. As it is known, yield and quality differs depending on ecological

conditions and cultural practices. Recently, its cultivation in different ecologies and altitudes has become widespread due to its increasing popularity and government support. In addition to evaluating fruit quality characteristics individually, analyzing them with different statistical methods is necessary in terms of interpretation when their connections with each other are taken into account. In our study, in which data obtained for 5 years were evaluated, the severity and direction of the distinguishing features between numerical data were also determined. It was observed that the nut quality characteristics such as kernel ratio, nut length, L* value and shrinkage ratio also improved depending on the increase in altitude. In contrast, the yield was higher at low altitude. Besides it has been determined that the most important distinguishing features in terms of years are kernel weight for 50 m and kernel ratio for 750 m.

REFERENCES

- Acarsoy Bilgin, N., 2020. Evaluation of some fruit characteristics of Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) genotypes in Manisa, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 18 (1): 1649-1660. doi.org/10.15666/aeer/1801-164916 60.
- Acarsoy Bilgin, N., 2022. Effects of foliar applications on nutrient concentrations of kernel, pomological properties and yield of 'Chandler' walnut variety at different altitudes. *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 28 (4): 603-612. DOI: 10.15832/ankutbd.925268.
- Acarsoy Bilgin, N., H. Özaktan & M. Akbaba, 2020a. Farklı yükseltilerde yetiştirilen Chandler ceviz çeşidinde yapraklardan yararlı bakteri uygulamalarının meyve özellikleri, verim ve sürgün uzunluğu üzerine etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24 (3): 270-279. DOI:10.29050/harranziraat.697660.
- Acarsoy Bilgin, N., Y. Evrenosoğlu, A. Mısırlı, & R. Kokargül, 2020b. Analysis of fruit properties of 'Hacıhaliloğlu' × 'Boccucia' hybrid population. *Erwerbs-Obstbau*. 62: 231-239. doi.org/10.1007/s10341-020-00476-z.
- Akça, Y., 2016. Ceviz Yetiştiriciliği. Anıt Matbaa, ISBN: 975-97498-07. Ankara, 328 pp.
- Akça, Y., B. Ünal, M. Çelik, & Y. Okay, 2014. Comparison of some promising Turkish and foreign walnut cultivars. *Acta Horticulture*, 1050: 143-150. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1050.17.
- Anonymous, 2023. The Food and Agriculture Organization (FAO). (Web page: https://www.fao.org/faostat/en/#home) (Date accessed: March 2023)
- Ayar, A., 2018. Tescile Esas Sarılop İncir Klonlarının Verim ve Meyve Kalitesi Yönünden İncelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, (Unpublished) Doktora Tezi, Aydın, 128 s.
- Bayazıt, S., O. Çalışkan & D. Kılıç, 2020. Yükseltinin Chandler ceviz çeşidinde meyve kalite özelliklerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 9 (2): 124-132.
- Ersoyol Kırışık, M., F. Koyuncu & S.F. Güçlü, 2021. Tefenni (Burdur) yöresi doğal popülasyonundan seçilen ceviz (*Juglans regia* L.) genotiplerinin bazı pomolojik ve agrofenojik özellikleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (4): 545-555. https://doi.org/10.20289/zfdergi.891460.
- Fallah, M., M. Rasouli, D. Hassani, S.S. Lawson, S. Sarikhani & K. Vahdati, 2022. Tracing superior late-leafing genotypes of persian walnut for managing late-spring frost in walnut orchards. *Horticulturae*, 8 (11): 1003. 1-12. https://doi.org/10.3390/horticulturae8111003.
- Gouta, H., E. Ksia, M.M. Ayachi & P. Martinez Gomez, 2019. Agronomical evaluation of local Tunisian almond cultivars and their breeding prospects. *European Journal of Horticultural Science*, 84 (2): 73-84. doi.org/10.17660/ejhs.2019/84.2.3.
- Kalaycı, S., 2016. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın 426: 320-369.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *Hortscience*, 27: 1254-1255.
- Sakar, E., H. Ünver, S. Keskin & Z.M. Sakar, 2016. The investigation of relationships between some fruit and kernel traits with canonical correlation analysis in Ankara Region Walnuts. *Erwerbs-Obstbau*. 58 (1): 19-23.
- Sarikhani, S., K. Vahdati & W. Ligterink, 2021. biochemical properties of superior persian walnut genotypes originated from Southwest of Iran. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 8 (1): 13-24. https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.309363.392.
- Yurtkulu, V., 2020. Ceviz Bahçesi Tesisi Projesi Fizibilite Raporu ve Yatırımcı Rehberi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Eğitim ve Yayın Dairesi Başkanlığı, Ankara, 46 s.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):647-663
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1280894>

Serhat GÜREL^{1*} 

Mustafa BIYIKLI² 

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 16285, Nilüfer, Bursa, Türkiye

² Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 77100, Yalova, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

sgurel@uludag.edu.tr

Anahtar sözcükler: Bitki besin elementi içeriği, *Cynara cardunculus* var. *scolymus* L., enginar, makro element, mikro element, toprak verimliliği

Keywords: Plant nutrient content, *Cynara cardunculus* var. *scolymus* L., artichokes, macronutrient, micronutrient, soil fertility

Fonksiyonel bitki enginarın (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) tescilli, Bursa ili Hasanağa yöresi plantasyonlarının toprak ve bitki besin maddesi değişimlerinin incelenmesi

The investigation of agricultural status of registered functional plant artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) of Hasanağa region plantations in Bursa province

Received (Alınış): 14.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 20.11.2023

ÖZ

Amaç: Bursa ili, Nilüfer ilçesi, Hasanağa mahallesinde enginar (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi.

Materyal ve Yöntem: Bu amaçla 20 adet bahçeden toprak, yaprak ve meyve örnekleri alınarak analiz edilmiştir.

Araştırma Bulguları: Topraklar 0-30 cm'de nötr ve 30-60 cm ise hafif alkali reaksiyondadır. Tuzluluk sorunu olmayan, orta bünyeli topraklardır. Toprakların yarısından fazlası orta seviyede kireçlidir. Yarısından fazlasının da OM içeriğinin %2 ve daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. İncelenen toprakların özellikle 30-60 cm derinlikte %50'sinin N ile P ve %90'ının K konsantrasyonları düşük seviyede belirlenmiştir. Toprak ekstraktlarının tamamında B konsantrasyonları düşük seviyede belirlenirken, %85'inin Ca konsantrasyonları yüksektir. Sodik olmadığı analiz edilen toprakların, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri iyi ya da yeterli konsantrasyonda belirlenmiştir. Enginar yaprağı ekstraktındaki makro element konsantrasyonları N>Mg>Na>Ca>K>P şeklinde sıralanmaktadır. Mikroelement içerikleri değerlendirildiğinde; yaprakların mikro element içerikleri Fe>Mn>Zn>Cu şeklinde sıralanmaktadır.

Sonuç: Araştırma sonuçlarına göre enginar yetiştiriciliği yapılan topraklarda ve enginar yapraklarında K ve P içeriklerinin diğer elementlerin gerisinde olduğu belirlenmiştir. Enginar yaprak, çiçek tablası ve brakte yaprakların bitki besin elementi konsantrasyonları, enginar hakkında yapılan kimi araştırma sonuçları ile uyumludur.

ABSTRACT

Objective: Determination of the fertility status of artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) grown agricultural areas in Bursa province, Nilüfer district, Hasanağa neighborhood.

Material and Methods: For this purpose, soil, leaf and fruit samples were taken from 20 gardens and analyzed.

Results: Soils are neutral at 0-30 cm and slightly alkaline at 30-60 cm. The soils are medium textured without salinity problems and non-sodic. More than half of the soils are moderately calcareous. More than half of the soils have OM content of 2% or less. The N and P concentrations of 50% of the investigated soils and the K concentrations of 90% of them were determined at low levels at 30-60 cm. The B are low in all soil extracts, 85% of them have high Ca concentrations. The Mg, Fe, Cu, Zn, and Mn contents were sufficient. The macro element concentrations in the artichoke leaf extract are listed as N>Mg>Na>Ca>K>P. When microelement contents are evaluated; according to the results of this research, the microelement contents of the leaves are listed as Fe>Mn>Zn>C.

Conclusion: According to the results of this research, it was determined that the K and P contents of the artichoke cultivated soils and artichoke leaves were less than that of the other elements. Plant nutrient concentrations of artichoke leaves, heads, and bract leaves are consistent with some research results on artichoke.

GİRİŞ

Enginar (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.), Asteraceae familyasına ait olan Akdeniz orjinli bir türdür (Duman & Nas, 2020). Doğal bir mineral, lif, inülin ve polifenol kaynağıdır. Çok az yağ içeriğine sahip, otsu, yüksek azot talep eden, çok yıllık bir bitkidir. Enginar, 4. yüzyıldan beri alternatif tıpta kullanılmaktadır (Kılıçtaş vd., 2020). Preklinik ve klinik çalışmalarda, enginarın safra sekresyonunu artırdığı, karaciğer fonksiyonunu ve bağırsak mikrobiyotasını iyileştirdiği, lipoliz ve lipit metabolizmasını düzenlediği, antifungal, antimikrobiyal özellikleri olduğu ortaya çıkarılmıştır. Düşük kalorisi ile yüksek lif içeriği ile kan şekeri seviyelerini düzenlemesi sebebiyle obezite ve diyabet hastalıklarının tedavisinde etkili olabileceği düşünülmektedir. İçeriğinde bulunan A, C ve B vitaminleri ve antioksidan etki gösteren diğer bileşenleri enginarın besleyici değerini ortaya koymaktadır. Bu nedenle son yıllarda fonksiyonel gıda olarak tanınması ile ekonomik değeri artmaktadır (Lombardo et al., 2017). Enginar, UNESCO tarafından 2010 yılında "İnsanlığın Somut Olmayan Kültürel Mirası" ilan edilmiştir (Negro et al., 2016). Besin ve fitokimyasal bileşimleri nedeniyle sağlıklı gıda olarak tanınmaları nedeniyle enginara yönelik tüketici talebi artmıştır (Lattanzio et al., 2009; Guida et al., 2013).

Enginar, dünya çapında taze, konserve veya dondurulmuş sebze olarak kullanılır (Anwar et al., 2017). Türkiye'de 2021 yılında 28.160,00 da alanda toplam 40.114,00 t enginar üretimi gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2023). Dünyada en fazla enginar üretimi yapan ilk üç ülke sırasıyla; İtalya, Mısır ve İspanya'dır. Türkiye, dünyada 8. sırada bulunmaktadır (FAO, 2023). İllerin enginar üretim miktarı incelendiğinde; 2021 yılında en fazla üretim sırasıyla İzmir, Aydın ve Bursa illerinde gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Bursa ilinde enginar üretimi 12 yıllık dönemde (2010-2021) yaklaşık %2 oranında azalmıştır. Bursa ilinde 2021 yılı verilerine göre, enginar en fazla Nilüfer ilçesinde üretilmektedir (3061 t). Bu ilçeyi sırasıyla Mudanya (1100 t) ve Yenişehir (626 t) izlemektedir (TÜİK, 2023). Türkiye, dünyada en çok enginar ithal eden (5187 t) üçüncü ülkedir. Ülkemizde enginar ithalatı daha çok KKTC ve Mısır'dan yapılmaktadır (FAO, 2023).

Türkiye'de enginar üretimi çoğunlukla vejetatif yöntemlerle gerçekleştirilmektedir (Eser vd., 2006; Ugur & Eser, 2013). Yeni bir ürün verme döngüsü başlatmak için bitkinin toprak üstü kısmına toprak yüzeyinden kesme işlemi uygulanır. İlk yağın sonbahar yağmurlarından (Eylül) sonra toprak yüzeyinin altındaki rizomatöz gövdeden sürgünler çıkar. Sürgün sayısı bitkinin yaşına bağlıdır ve 1-12 veya daha fazla arasında değişir (Zeybekoglu & Ugur, 2013). Her bir dal, büyük yapraklardan oluşan bir rozet oluşturur ve merkezde çiçek taşıyan saplar büyür. Bu uzun sapların hem uçlarında hem de dallarında yenilebilir başlar oluşur. Bitkinin yenilebilir kısmı; büyütülmüş hazne ve olgunlaşmamış çiçek salkımının iç kısımları olan baş ve kalınlaşmış brakte yaprak tabanlarıdır (Tartoura et al., 2021). Bu bölüm "çiçek tablası", "baş" veya "kapitulum" olarak çeşitli şekillerde tanımlanır (Lombardo et al., 2017).

Gündüz 20-22 °C ve gece 12-14 °C sıcaklıklar, enginarda iyi kalite ve yüksek verim elde etmek için en uygun değerlerdir. Enginarın mevsimsel su ihtiyacı hektar başına ve yılda 4.000-5.000 m³e karşılık gelir ve en yüksek verim için suya olan ihtiyacı baş oluşum aşamasındadır (Bianco, 1990). Enginar kış ve ilkbahar aylarında vejetatif gelişir ve hızla büyümeye devam ederek yaz aylarında baş oluşturarak hasat için hazır hale gelir (Duarte et al., 2006; Archontoulis et al., 2010; Colla et al., 2012). Genel olarak, mineral elementlerin alım modeli, kuru madde birikimini takip eder ve bu nedenle bitki gelişimi sıcaklık, çeşit, toprak tipi ve tarımsal uygulama yönetiminden etkilenir (Elia & Conversa, 2007).

Bu çalışmanın temel amacı; Bursa ili Nilüfer ilçesi Hasanağa mahallesinde enginar yetiştirilen plantasyonlardan alınan toprak, yaprak ve meyve örneklerinde kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerin incelenmesidir. Analiz sonuçlarına dayanarak toprakların verimlilik durumları belirlenerek; tarımsal üretime yönelik sorunların ortaya çıkarılması, bölgenin tarımsal üretim potansiyelinin artırılması, tarım arazilerinin sürdürülebilir kullanımını sağlayacak konuma dayalı güncel verilerin üretilmesi hedeflenmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırma, enginar tarımının yoğun olarak yapıldığı, Bursa ili, Nilüfer ilçesi, Hasanağa mahallesinde 2022 yılında yürütülmüştür (Şekil 1). Araştırma materyalini, Hasanağa enginarı plantasyonlarından alınan toprak ve bitki örnekleri oluşturmaktadır. Yöreyi temsil edecek nitelikte seçilmiş, 20 adet enginar bahçesi ziyaret edilerek toprak ve bitki örnekleri alınmıştır (Kacar, 2009; Kacar & İnal, 2008). Bitki örnekleri; yaprak, çiçek tablası ve brakte yapraklar olmak üzere üç grupta incelenmiştir. Hasanağa enginarı, 11.09.2020 tarihinde Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından tescil edilerek (tescil numarası: 533) coğrafi işaret almıştır (Anonymous, 2020).

Yöntem

Toprak analiz yöntemleri

Eylül ayında iki ayrı derinlikten (0-30 cm, 30-60 cm) alınan toprak örnekleri hava kurusu hale getirilip 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar, 2009). Toprak örneklerinde reaksiyon (pH) toprak:su; 1:2.5 (w/v) hacim suspansiyonunda pH/iyon metresi ile belirlenmiştir (Richards, 1954). Toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC) toprak:su; 1:2.5 (w/v) hacim suspansiyonunda kondaktivitimetre ile ölçülerek belirlenmiştir (Rhoades, 1982). Organik madde miktarı Nelson & Sommers (1982)'in bildirdiği şekilde modifiye edilmiş Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 2009). Kireç; Nelson (1982) tarafından bildirildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Kil, silt ve kum fraksiyonları Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği gibi hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir. Bulunan sonuçlara göre bünye sınıfları Soil Survey Staff (1951)'in bildirdiği şekilde belirlenmiştir. Toplam azot (N), Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (Kacar, 2009). Alınabilir fosfor (P), toprak örneklerinin 0.5 M sodyum bikarbonat (NaHCO_3) çözeltisi (pH 8.5) ile ekstrakte edildikten sonra askorbik asit varlığında gelişen mavi rengin yoğunluğunun kolorimetrik olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir (Olsen & Dean, 1965). Değişebilir katyonlar; toprak örnekleri pH'sı 7.0 olan 1 M amonyum asetat (NH_4OAc) çözeltisi ile çalkalandıktan sonra elde edilen ekstraktta Na, K ve Ca konsantrasyonları alevfotometre cihazı ile belirlenmiştir. Alınabilir Mg, ICP-OES cihazı ile tespit edilmiştir (Kacar, 2009). Toprakların alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri 0.005 M dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) özütleyici (Lindsay & Norvell, 1978) ile ekstre edilmiştir. Konsantrasyon, ICP-OES ile belirlenmiştir. Toprak örneklerinin alınabilir B içerikleri, Wolf (1971) tarafından bildirildiği şekilde, toprakların morgan ekstrakt çözeltisi ile ekstrakte edildikten sonra Azometin-H yöntemiyle renklendirilerek spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir.

Bitki analiz yöntemleri

Enginar bitkisinin yaprak ve yenilebilir kısım olan baş bölgesinin örnekleme; hasat döneminden 10-15 gün önce yapılmıştır. Mayıs ayının başlarında, boyutları ne olursa olsun, en az 10 hastalısız bütün baş hasat edilmiştir (Mauromicale & Ierna, 2000). Yaprak örnekleme; gövdenin orta kısmında bulunan gelişmesini tamamlamış yapraklardan alınarak yapılmıştır. Örneklemede her bir plantasyondan bahçenin bütünü temsil edecek şekilde birkaç yönünde bulunan bitkilerden yaprak örnekleri alınmıştır. Alınan bitki örnekleri laboratuvarında önce çeşme suyu, sonra saf su ile yıkandıktan sonra 65-70°C sıcaklıkta etüvde kurutulmuş daha sonra değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Pandino et al., 2012). Bitki örneklerinin toplam N içerikleri, Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Bitki örneklerinin toplam P içerikleri kuru yakma (550°C'de kül haline getirilerek 1:10 oranında 3N HCl ile çözündürülmüş) yöntemine göre elde edilen süzükte vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometre ile belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008). Bitki örneklerinin toplam Na, K ve Ca miktarları, alev fotometre cihazı ile belirlenmiştir. Toplam Mg ise ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir (Pratt, 1965). Bitki örneklerinin toplam Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir (Kacar & İnal, 2008).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Araştırma topraklarının incelenen bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait değerler Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Toprakların pH değerleri 0-30 cm derinlikte 6.92-7.97 (ortalama 7.43); 30-60 cm derinlikte ise 7.14-7.91 (ortalama 7.59) aralığında değişmektedir (Çizelge 1). 0-30 cm derinlikte toprakların %70'i nötr; %30'u hafif alkali reaksiyondadır. 30-60 cm derinlikteki toprakların reaksiyonu değerlendirildiğinde, toprakların %65'inin hafif alkali ve %35'inin ise nötr reaksiyonda oldukları belirlenmiştir (Çizelge 3). Enginarın optimum olarak, 6.4-7.0 pH reaksiyonda geliştiği bildirilmiştir (Ciancolini, 2012).

Çizelge 1. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of soil samples

No	Koordinatlar		Mevki	1 : 2.5 w/v (toprak : su)				Konsantrasyon (%)			
				pH		EC (dS m ⁻¹)		O.M.		CaCO ₃	
	x	y	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	653159.80	4448797.52	Hendek	7.38	7.53	0.18	0.18	1.67	1.72	5.95	6.22
2	651821.13	4449665.17	Çalılık	7.70	7.91	0.28	0.27	1.90	1.78	9.88	9.60
3	652510.19	4450237.28	Çongara	7.69	7.67	0.33	0.20	2.88	2.13	2.98	3.11
4	653770.03	4450286.77	Çayırılık	7.97	7.60	0.35	0.26	2.59	2.07	7.58	8.80
5	653659.86	4450346.27	Çayırılık	7.82	7.83	0.28	0.29	2.30	2.25	10.96	10.96
6	653524.60	4450173.70	Çayırılık	7.48	7.77	0.44	0.30	2.01	1.84	14.88	17.72
7	653390.92	4449203.40	Hendek	7.30	7.79	0.24	0.19	1.49	1.96	5.82	6.76
8	653446.30	4449015.90	Uluyol	7.37	7.77	0.58	0.37	2.13	1.67	12.05	9.74
9	653205.27	4451910.10	Ova	7.26	7.86	0.26	0.19	1.72	1.43	0.41	0.68
10	653208.01	4451200.89	Ova	7.31	7.78	0.31	0.34	2.54	0.74	2.57	3.11
11	653292.59	4449199.60	Hendek	7.79	7.88	0.20	0.15	1.78	1.55	2.98	3.38
12	651972.50	4449807.88	Çalılıklar	7.16	7.20	0.14	0.12	1.96	1.55	1.21	0.41
13	652809.33	4448817.80	Mezarlık	6.92	7.14	0.22	0.15	2.71	2.65	0.68	0.41
14	653656.78	4449096.45	Hendek	7.39	7.30	0.31	0.28	3.46	2.01	2.03	2.16
15	653554.77	4448938.17	Hendek	7.29	7.47	0.53	0.25	1.84	1.55	13.93	13.80
16	653569.22	4449082.17	Hendek	7.59	7.58	0.27	0.18	2.01	1.55	7.98	8.25
17	653235.65	4450850.44	Ova	7.35	7.29	0.54	0.41	1.55	1.49	6.49	6.49
18	653041.65	4450771.38	Ova	7.33	7.47	0.44	0.32	2.25	1.61	6.36	8.52
19	653007.67	4449356.82	Benzinlik	7.29	7.53	0.68	0.51	1.96	1.72	10.01	10.15
20	653188.34	4450600.74	Ova	7.36	7.48	0.20	0.16	2.01	1.96	0.41	0.54
			En düşük	6.92	7.14	0.14	0.12	1.49	0.74	0.41	0.41
			En yüksek	7.97	7.91	0.68	0.51	3.46	2.65	14.88	17.72
			Ortalama	7.43	7.59	0.34	0.25	2.14	1.76	6.26	6.54

1: 0-30 cm , 2: 30-60 cm.

Toprakların eriyebilir tuz değerleri birinci derinlikte 0.14-0.68 dS m⁻¹ (ortalama 0.34 dS m⁻¹), ikinci derinlikte ise 0.12-0.51 dS m⁻¹ (ortalama 0.25 dS m⁻¹) arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 1). İncelenen toprakların her iki derinlikte de tuzluluk açısından, tuzsuz sınıfta olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Enginar, verim açısından tuzluluğa orta, yaşama açısından ise toleranslı bir tür olarak kabul edilmektedir (Grainfenberg et al., 1995; Pace et al., 2012). Yüksek toprak tuzluluğu veya yüksek sıcaklık koşulları, düşük transpirasyonlu çiçek salkımlarında bozulma (iç brakte yaprakların ve başın körelmesine neden olabilir) (Elia & Converse, 2007). Francois et al. (1991), sulama suyu tuzluluğu 2.0 dSm⁻¹'yi aştığında pazarlanabilir enginar tomurcuklarının sayısının %20 veya daha fazla azaldığını bildirmiştir. Araştırmamızda tuzlulukla ilgili bir sorun görülmemiştir.

İncelenen toprakların organik madde (O.M.) içerikleri; 0-30 cm derinlikte %1.49-3.46 (ortalama %2.14); 30-60 cm'de ise %0.79-2.65 (ortalama %1.76) arasında değişmektedir (Çizelge 1). Analiz sonuçları değerlendirildiğinde, 0-30 cm derinlikte toprakların yarısının az miktarda O.M. içerdiği diğer yarısının ise orta seviyede O.M. içerdiği anlaşılmaktadır. 30-60 cm değerlendirildiğinde toprakların humus içeriği daha da düştüğü, %75 oranında "az" O.M. ve %25 oranında "orta" seviye O.M. içerdikleri görülmektedir. Genel olarak bakıldığında toprakların yarısından fazlasının humus yönünden düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Enginar gibi önemli miktarda bitkisel biyokütle geliştiren ve vejetatif gelişme dönemi 7 aydan daha uzun süren türler için toprağın zengin O.M. içeriğine sahip olması gerekmektedir (Riahi et al., 2017). Khalfallah et al. (2015); O.M. içeriği %1.4 olan topraklara 9 t ha⁻¹ kompost uygulaması ve enginarın kuru madde, N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinin arttığını bildirmiştir. Araştırmacı, enginarda en iyi performansın 17 t ha⁻¹ kompost uygulanmasıyla elde edildiğini ve enginarda baş kalitesi için 15 t ha⁻¹ kompost uygulandığını bildirmiştir (Khalfallah et al., 2015).

Araştırma topraklarının %CaCO₃ içeriklerinin birinci derinlikte %0.41-14.88 (ortalama %6.26) arasında, ikinci derinlikte ise %0.41-17.72 (ortalama %6.54) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 1). Analiz sonuçları Anonymous (1988)'e göre sınıflandırıldığında toprakların % 20'si kirecsiz, %20'si az kireçli, %55'i orta kireçli ve %5'i kireçli sınıfta bulunmaktadır (Çizelge 3). Toprakların her iki derinlikte de büyük ölçüde enginar yetiştiriciliğine uygun; tın, kumlu killi tın, killi tın bünyeye sahip topraklar oldukları belirlenmiştir (Çizelge 2). Enginar iyi drene edilmiş olmak kaydıyla geniş bir yelpazede yani çok çeşitli toprak tiplerinde yetiştirilebilir (Ciancolini, 2012).

Çizelge 2. Toprak örneklerinin bünye özellikleri

Table 2. The texture of soil samples

No	Mevki	Konsantrasyon (%)						Bünye Sınıfı	
		Kil		Silt		Kum		1	2
1	Hendek	25.90	26.70	28.87	25.34	45.23	47.95	Tın	Kumlu killi tın
2	Çalılık	50.01	47.20	20.01	21.73	29.99	31.07	Kil	Kil
3	Çongara	39.77	39.91	17.52	16.61	42.71	43.48	Killi tın	Killi tın
4	Çayırılık	27.12	27.83	24.70	24.61	48.18	47.56	Kumlu killi tın	Kumlu killi tın
5	Çayırılık	29.42	31.00	41.47	39.01	29.11	29.99	Killi tın	Killi tın
6	Çayırılık	27.46	25.37	28.48	33.37	44.06	41.27	Killi tın	Tın
7	Hendek	26.56	25.67	25.36	24.37	48.08	49.96	Kumlu killi tın	Kumlu killi tın
8	Uluyol	20.67	23.48	32.55	28.59	46.78	47.93	Tın	Tın
9	Ova	27.03	30.17	28.74	24.84	44.23	44.98	Killi tın	Killi tın
10	Ova	30.45	31.20	32.24	30.84	37.31	37.96	Killi tın	Killi tın
11	Hendek	22.96	24.77	32.92	28.51	44.12	46.72	Tın	Tın
12	Çalılıklar	52.42	56.25	25.87	23.49	21.71	20.26	Kil	Kil
13	Mezarlık	28.40	18.13	26.52	38.85	45.08	43.02	Killi tın	Tın
14	Hendek	35.22	34.81	25.01	24.79	39.77	40.40	Killi tın	Killi tın
15	Hendek	20.14	18.09	28.49	32.71	51.37	49.20	Tın	Tın
16	Hendek	22.04	22.02	26.49	24.43	51.47	53.56	Kumlu killi tın	Kumlu killi tın
17	Ova	24.27	24.10	26.79	24.56	48.94	51.34	Kumlu killi tın	Kumlu killi tın
18	Ova	26.56	24.63	26.65	27.18	46.78	48.18	Kumlu killi tın	Kumlu killi tın
19	Benzinlik	24.39	28.11	35.36	33.12	40.25	38.76	Tın	Killi tın
20	Ova	29.95	30.07	26.68	27.07	43.37	42.86	Killi tın	Killi tın
	En düşük	20.14	18.09	17.52	16.61	21.71	20.26		
	En yüksek	50.01	56.25	41.47	39.01	51.47	53.56		
	Ortalama	29.54	29.48	28.04	27.70	42.43	42.82	Kumlu killi tın	Killi tın

Araştırmada incelenen enginar bahçelerine ait toprakların bazı makro bitki besin elementi içerikleri Çizelge 4'te sunulmuştur. Bu sonuçlara göre; toprakların toplam azot (N) konsantrasyonları 0-30 cm derinlikte %0.07-0.17 (ortalama %0.12) arasında değişirken, 30-60 cm'de, %0.04-0.14 (ortalama %0.09) arasında bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Toprakların toplam N yeterlilik durumları incelendiğinde; 0-30 cm derinlikte sırasıyla toprakların %5'i az ve %95'i yeterli iken, 30-60 cm'de toprakların %45'i az ve %55'i yeter seviyede N içerdiği analiz edilmiştir (Çizelge 3). Enginarın verimliliği, N miktarından büyük ölçüde etkilenir (Salah et al., 2006). Enginarın uzun ve etkili kök sistemi, topraktaki N'den derinlemesine yararlanmasını sağlar (Archontoulis et al., 2011).

Çizelge 3. Toprak örneklerinin 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikteki bazı toprak özelliklerinin yeterlilik sınır değerlerine göre oransal olarak gruplandırılması

Table 3. Proportional grouping of soil samples according to the sufficiency limit values of some soil properties at 0-30 cm and 30-60cm depth

Birim	Özellik	Konsantrasyon (%)										Kaynak
		Toprak derinliği										
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	
pH	Orta asit 4.5-5.5			Hafif asit 5.5-6.5		Nötr 6.5-7.5		Hafif alkali 7.5-8.5		Kuvvetli alkali > 8.5		Richards (1954)
	-	-	-	-	70	35	30	65	-	-	-	
dS m ⁻¹	Tuzsuz 0-4			Hafif tuzlu 4-8		Orta tuzlu 8-15		Çok fazla tuzlu >15				Anonymous (1988)
	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
%	Kireçsiz < 1			Az kireçli 1-5		Orta kireçli 5-15		Kireçli 15-25		Aşırı >25		Anonymous (1988)
	20	20	20	20	60	55	-	5	-	-	-	
O.M.	Çok az < 1			Az 1-2		Orta 2-3		İyi 3-4		Yüksek > 4		Anonymous (1988)
	-	5	45	70	50	25	5	-	-	-	-	
Bünye	Diğer			Kil		Killi tın		Tın		Kumlu killi tın		USDA (2013)
	-	-	10	10	40	35	25	25	25	30	-	
N	Çok az < 0.045			Az 0.045-0.09		Yeterli 0.09-0.17		Fazla 0.17-0.32		Çok fazla > 0.32		Anonymous (1988)
	-	-	5	45	95	55	-	-	-	-	-	
mg kg ⁻¹	Düşük < 5			Orta 5-10		Yeterli >10						Olsen & Dean (1965)
	10	10	5	40	85	50	-	-	-	-	-	
K	Noksan <101			Düşük 101-152		Orta 152-199		İyi 199-250		Yüksek 250-320		Pizer (1967)
	55	65	25	25	5	10	5	-	10	-	-	
Ca	Çok az < 714			Az 714-1430		Orta 1430-2860		Yüksek >2860				Loué (1968)
	-	-	-	-	25	15	75	85	-	-	-	
Na	Sodik değil <6992			Hafif sodik 6992-14996		Orta sodik 14996-19982		Yüksek sodik 19982-29992		Aşırı sodik >29992		Anonymous (1951)
	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mg	Düşük <54			Orta 54-114		İyi >114						Loué (1968)
	15	-	55	-	30	100	-	-	-	-	-	
Fe	Noksan <2.5			Kritik 2.5-4.5		Yeterli >4.5						Lindsay & Norvell (1978)
	-	-	5	-	95	100	-	-	-	-	-	
Zn	Noksan >0.5			Kritik 0.5-1		Yeterli >1						Lindsay & Norvell (1978)
	-	-	-	5	100	95	-	-	-	-	-	
Cu	Yetersiz <0.2			Yeterli >0.2								Lindsay & Norvell (1978)
	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	
Mn	Yetersiz <1			Yeterli >1								Lindsay & Norvell (1978)
	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-	-	
B	Çok az <0.4			Az 0.5-0.9		Orta 1-2.4		İyi 2.5-4.5		Yüksek >4.5		Wolf (1971)
	90	90	10	10	-	-	-	-	-	-	-	

n: 20

Toprakların fosfor (P) içerikleri analiz edildiğinde (Çizelge 4), birinci derinlikte alınabilir P'nin 2.77-59.84 mg kg⁻¹ (ortalama 20.61 mg kg⁻¹) arasında olduğu ve toprakların %85'inin yeterli P içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). İkinci derinlikte ise toprakların P içeriğinin 1.39-39.28 mg kg⁻¹ (ortalama 13.71 mg kg⁻¹) arasında bulunduğu belirlenmiştir. 30-60 cm derinlikteki P içeriği değerlendirildiğinde, örneklerin %10'u düşük, %40'ı orta ve %50'si de yeterli düzeydedir (Çizelge 3). P alınımı, muhtemelen toprağın kimyasal özelliklerinin (pH ve toprak karbonat içeriği) P mevcudiyeti üzerindeki yüksek etkisinden dolayı daha değişkendir (Elia & Conversa, 2007). Toprak P mevcudiyetindeki eksiklik veya yüksek bir K/P oranı, "siyah uç" bozukluğunun ortaya çıkma riskini artırdığı bildirilmiştir (Elia & Conversa, 2007).

Çizelge 4. Toprak örneklerinin bazı makro besin elementi içerikleri

Table 4. Some macro nutrient contents of the soil samples

No	Mevki	Konsantrasyon (%)		Konsantrasyon (mg kg ⁻¹)									
		N		P		K		Ca		Mg		Na	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Hendek	0.11	0.04	2.77	1.39	38	25	3954	3902	44.79	116.70	69	67
2	Çalılık	0.10	0.10	12.01	8.32	130	149	3963	3883	246.24	231.45	141	145
3	Çongara	0.14	0.10	40.20	23.57	284	147	2515	4631	102.42	138.63	110	91
4	Çayırılık	0.13	0.08	24.95	23.80	134	107	4152	4117	147.30	178.41	123	119
5	Çayırılık	0.15	0.12	15.02	10.86	68	60	4605	4703	153.93	179.94	122	123
6	Çayırılık	0.11	0.06	27.73	13.63	79	36	4124	4036	91.20	140.16	144	107
7	Hendek	0.12	0.09	16.64	13.86	114	88	3915	3891	62.64	123.84	103	105
8	Uluyol	0.11	0.10	10.40	9.01	66	71	3837	3842	51.42	127.41	75	71
9	Ova	0.12	0.06	14.79	5.31	108	46	2509	2977	85.08	132.00	115	95
10	Ova	0.13	0.14	20.33	39.28	107	130	4266	4217	89.16	141.69	98	130
11	Hendek	0.14	0.08	18.48	7.86	72	45	3814	3770	43.77	119.25	87	75
12	Çalılıklar	0.07	0.05	13.86	6.93	161	131	2725	2686	563.46	452.79	125	112
13	Mezarlık	0.14	0.11	58.92	19.87	227	161	2295	2273	134.55	197.28	62	54
14	Hendek	0.17	0.12	59.84	30.50	457	157	4827	4866	273.27	195.75	168	138
15	Hendek	0.10	0.10	13.40	8.78	29	31	3964	3857	61.62	123.33	71	69
16	Hendek	0.10	0.09	27.03	19.18	98	60	3862	3834	80.49	126.39	86	81
17	Ova	0.10	0.08	5.08	5.31	39	41	4140	4066	62.64	117.72	91	97
18	Ova	0.12	0.10	14.32	8.09	60	45	4204	4217	78.96	129.96	94	84
19	Benzinlik	0.11	0.10	2.78	4.39	56	44	4240	4073	72.33	131.49	213	164
20	Ova	0.11	0.10	13.63	14.32	49	46	2373	2425	85.59	137.10	62	57
	En düşük	0.07	0.04	2.77	1.39	29	25	2295	2273	43.77	116.70	62	54
	En yüksek	0.17	0.14	59.84	39.28	457	161	4827	4866	563.46	452.79	213	164
	Ortalama	0.12	0.09	20.61	13.71	119	81	3714	3813	126.54	162.06	108	99

Toprakların değişebilir potasyum (K) içerikleri Çizelge 4'te sunulmuştur. Buna göre 0-30 cm'de 29-457 mg kg⁻¹ (ortalama 119 mg kg⁻¹) arasında değişen K içeriğinin toprakların %80'inde düşük ve noksan seviyede olduğunu ortaya koymuştur. 30-60 cm derinlikte toprakların K içeriği 25-161 mg kg⁻¹ (ortalama 81 mg kg⁻¹) arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre ikinci derinlikte, toprakların %90'ında K, düşük ve noksan seviyededir. Her iki derinlik birlikte değerlendirildiğinde enginar yetiştiriciliği yapılan alanların K yönünden oldukça eksikliklerinin olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 3).

Araştırma topraklarının alınabilir kalsiyum (Ca) miktarları her iki derinlikte de birbirine yakın değerlerdedir (Çizelge 4). Kalsiyum içerikleri, 0-30 cm'de 2295-4827 mg kg⁻¹ (ortalama 3714 mg kg⁻¹) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, toprakların %25'i orta seviyede, %75'i ise yüksek seviyede Ca içermektedir. 30-60 cm'de ise toprakların Ca içeriği 2273-4866 mg kg⁻¹ (ortalama 3813 mg kg⁻¹) arasında bulunduğu belirlenmiştir. İkinci derinlikteki sonuçlar değerlendirildiğinde; toprakların %85'inin yüksek düzeyde Ca içerdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 3). Toprakların alınabilir magnezyum (Mg) miktarları, 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerde sırası ile 43.77-563.46 mg kg⁻¹ (ortalama 126.54 mg kg⁻¹) ve 116.70-452.79 mg kg⁻¹ (ortalama

162.06 mg kg⁻¹) arasında değişmektedir (Çizelge 4). Alınabilir Mg içerikleri değerlendirildiğinde; 0-30 cm derinlikte toprakların %15 oranında yetersiz olduğu, %55'inin orta ve %30'unun ise iyi düzeyde Mg içerdiği belirlenmiştir. İkinci derinlikte, toprakların tamamının Mg içeriği iyi durumda bulunmaktadır (Loué, 1968). Toprakların Çizelge 4'te sunulan sodyum (Na) içerikleri incelendiğinde; 0-30 cm derinlikte ve 30-60 cm derinlikte sırasıyla 108 mg kg⁻¹ ve 99 mg kg⁻¹ Na içerdikleri belirlenmiştir. Anonymous (1951) tarafından Na için bildirilen sınır değerlere göre toprakların her iki derinlikte de sodik olmadıkları belirlenmiştir (Çizelge 3).

Araştırmanın yürütüldüğü enginar tarlalarının alınabilir mikro element içerikleri Çizelge 5'te sunulmuştur. Buna göre; toprakların alınabilir demir (Fe) içerikleri; 0-30 cm'de 3.94-26.56 mg kg⁻¹ (ortalama 11.63 mg kg⁻¹) aralığında olduğu ve 30-60 cm'de ise 5.99-42.13 mg kg⁻¹ (ortalama 13.97 mg kg⁻¹) arasında değiştiği belirlenmiştir. Toprakların Fe içerikleri Lindsay & Norvell (1978) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde; yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 3). Araştırmada incelenen toprakların alınabilir bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) miktarları incelenmiş (Çizelge 5) ve Lindsay & Norvell (1978) tarafından bildirilen sınır değerlere göre değerlendirilmiştir (Çizelge 3). Bakır (Cu) içerikleri yönünden toprakların 0-30 cm derinlikte 1.52-14.67 mg kg⁻¹ (ortalama 4.26 mg kg⁻¹), 30-60 cm'de ise 1.34-13.56 mg kg⁻¹ (ortalama 4.46 mg kg⁻¹) arasında değişiklik gösterdiği ve yeterli durumda oldukları belirlenmiştir. 0-30 cm derinlikte 1.08-4.64 mg kg⁻¹ (ortalama 2.14 mg kg⁻¹), 30-60 cm'de ise 0.75-3.06 mg kg⁻¹ (ortalama 1.75 mg kg⁻¹) arasında değişiklik gösterdiği belirlenen Zn elementi, yeterli durumda bulunmaktadır. Mn içerikleri ise, 0-30 cm ve 30-60 cm derinliklerde sırası ile 6.90-26.43 mg kg⁻¹ (ortalama 15.26 mg kg⁻¹) ve 7.26-36.53 mg kg⁻¹ (ortalama 16.64 mg kg⁻¹) arasında değişmektedir. Mn elementi yönünden topraklar yeterli durumdadır. Araştırma topraklarının bor (B) içerikleri 0-30 cm derinlikte 0.07-0.58 mg kg⁻¹ (ortalama 0.26 mg kg⁻¹), 30-60 cm'de ise 0.02-0.68 mg kg⁻¹ (ortalama 0.26 mg kg⁻¹) arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Toprakların her iki derinlikte tamamının ya çok az ya da az (0.5-0.9 mg kg⁻¹) düzeyde B içerdikleri belirlenmiştir.

Çizelge 5. Toprak örneklerinin bazı mikro besin elementi içerikleri

Table 5. Some micronutrient contents of the soil samples

No	Mevki	Konsantrasyon (mg kg ⁻¹)									
		Fe		Cu		Zn		Mn		B	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Hendek	9.23	6.62	2.55	1.63	1.09	1.40	13.79	18.85	0.07	0.21
2	Çalılık	5.92	6.62	1.67	1.34	3.64	1.42	6.90	7.26	0.14	0.12
3	Çongara	12.35	17.49	1.81	2.06	1.08	1.04	14.06	10.92	0.29	0.20
4	Çayırılık	6.18	14.48	1.52	3.00	1.58	2.10	6.06	11.71	0.33	0.29
5	Çayırılık	17.03	21.01	2.75	3.13	1.94	1.87	11.02	16.43	0.27	0.68
6	Çayırılık	10.46	8.86	4.23	4.90	2.16	1.20	10.37	8.95	0.32	0.12
7	Hendek	3.94	9.16	1.83	2.84	1.46	1.82	7.34	13.77	0.28	0.22
8	Uluyol	9.81	13.74	9.52	11.60	1.67	2.01	16.60	15.51	0.20	0.30
9	Ova	13.20	9.34	3.23	2.42	2.67	1.80	26.43	18.12	0.42	0.23
10	Ova	7.00	8.43	1.96	2.68	1.58	2.18	12.69	17.65	0.30	0.62
11	Hendek	5.88	8.55	2.78	3.59	1.57	1.47	13.78	22.07	0.25	0.20
12	Çalılıklar	24.00	28.37	2.32	2.37	1.22	0.75	24.75	21.23	0.07	0.02
13	Mezarlık	26.56	42.13	10.50	13.56	2.06	3.06	25.15	36.53	0.12	0.29
14	Hendek	18.06	12.18	14.67	10.72	4.64	2.86	17.05	11.11	0.57	0.18
15	Hendek	10.13	17.48	2.55	3.52	2.36	2.46	14.42	20.26	0.16	0.12
16	Hendek	7.98	9.55	6.50	6.93	4.22	1.71	13.39	13.44	0.24	0.34
17	Ova	7.30	5.99	1.59	1.42	1.04	1.41	14.86	18.16	0.18	0.14
18	Ova	12.52	12.49	3.99	3.11	2.46	1.13	20.35	12.46	0.23	0.21
19	Benzinlik	13.62	11.59	6.55	5.48	1.72	1.29	17.60	11.67	0.58	0.43
20	Ova	11.44	15.36	2.64	2.87	2.68	2.01	18.67	26.78	0.12	0.25
	En düşük	3.94	5.99	1.52	1.34	1.08	0.75	6.90	7.26	0.07	0.02
	En yüksek	26.56	42.13	14.67	13.56	4.64	3.06	26.43	36.53	0.58	0.68
	Ortalama	11.63	13.97	4.26	4.46	2.14	1.75	15.26	16.64	0.26	0.26

Enginar yapraklarının, çiçek tablası ve brakte yaprakların bitki besin elementi içerikleri

Enginar bahçelerinden alınan yaprak, çiçek tablası ve brakte yaprak örneklerinin makro besin elementi içerikleri Çizelge 6'de verilmiştir. Araştırmada, yaprak örneklerinin toplam N içerikleri %2.00-3.31 (ortalama %2.64) arasında değişmektedir. Çiçek tablası (baş) örnekleri ise, %2.31-4.37 (ortalama %3.58) arasında değişirken, brakte yaprakların azot miktarı %1.97- 4.11 (ortalama %2.97) arasında belirlenmiştir (Çizelge 6). Yaprakların toplam N içeriği, başın ve brakte yaprakların toplam N içeriğinden daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Azot, genellikle yapraklarda başlardan daha yoğundur (Ezz El-Din et al., 2010). Çeşitli araştırma sonuçları, farklı çeşitlerde yüksek vejetatif büyüme ile tomurcuk verimini iyileştirmede ve baş verimini artırmada N gübrelemesinin olumlu etkisinin altını çizmektedir (Elia & Conversa, 2007; Allahdadi et al., 2016). Enginarlar büyük miktarlarda N alabilir (400 kg N ha⁻¹) (Rincón et al., 2007). Aşırı N gübrelemesi bitkilerde N birikimine yol açar, bu da verimi artırmadan sadece biyokütleyi artırır (Akkal-Corfini et al., 2021). Allahdadi et al. (2016) daha yüksek seviyelerde N uygulamasının enginar büyümesini iyileştirdiğini ancak toplam fenol, toplam flavonoid ve antioksidan aktiviteyi azalttığını bildirmiştir. N gübrelemesinin aşırısının bitki dokusundaki kafeoilkinik asitler ve flavonoid içeriği ile ters orantılı olduğu bildirilmiştir (Elia & Conversa, 2007). Birbirini takip eden her enginar mahsulünün kalıntılarında N'un akıbetini tayin etmek, N kullanım etkinliğini artırmak için özel bilgi ve araştırma gerektirmektedir (Elia & Conversa, 2007).

Çizelge 6. Enginarın yaprak (y), çiçek tablası (çt) ve brakte yaprak (b) örneklerinin bazı makro element içerikleri

Table 6. Some macronutrient contents of leaf (y), flower head (çt) and bract leaf (b) samples of artichoke

No	Konsantrasyon (%)																	
	N			P			K			Ca			Mg			Na		
	y	çt	b	y	çt	b	y	çt	b	y	çt	b	y	çt	b	y	çt	b
1	2.01	2.31	2.06	0.18	0.48	0.33	0.88	2.00	1.70	1.41	0.39	0.36	0.16	0.14	0.12	1.03	0.25	0.22
2	2.82	3.91	3.07	0.26	0.72	0.53	1.47	2.78	2.32	1.85	0.74	0.62	0.18	0.24	0.16	1.77	0.47	0.33
3	2.60	3.50	2.79	0.19	0.67	0.51	1.23	2.78	2.32	2.03	0.67	0.68	0.18	0.19	0.15	1.43	0.39	0.28
4	2.59	3.71	3.02	0.22	0.60	0.47	1.33	2.57	2.11	1.48	0.45	0.53	0.20	0.24	0.18	2.01	0.57	0.36
5	2.92	4.37	3.61	0.26	0.77	0.54	1.15	2.71	2.12	1.25	0.65	0.68	0.22	0.28	0.21	2.07	0.84	0.53
6	2.65	4.01	3.05	0.23	0.68	0.47	0.98	1.85	1.54	1.57	0.47	0.50	0.22	0.23	0.15	2.74	0.73	0.53
7	2.77	3.80	3.57	0.31	0.67	0.57	1.53	2.57	2.29	1.06	0.73	0.48	0.17	0.23	0.18	1.80	0.58	0.37
8	2.78	3.88	3.26	0.26	0.70	0.58	1.82	2.92	2.62	1.38	0.37	0.39	0.15	0.18	0.18	0.98	0.26	0.22
9	2.65	3.10	2.94	0.21	0.42	0.43	0.89	1.89	1.90	1.39	0.49	0.55	0.16	0.14	0.14	1.70	0.36	0.36
10	2.29	3.92	2.66	0.19	0.66	0.46	1.09	2.34	2.08	1.82	0.66	0.79	0.17	0.19	0.16	1.78	0.66	0.40
11	3.31	3.78	4.11	0.28	0.80	0.61	1.38	2.48	2.01	1.79	0.61	0.57	0.17	0.19	0.16	1.26	0.68	0.56
12	2.66	2.44	1.97	0.27	0.42	0.28	1.81	2.28	1.64	1.64	0.50	0.44	0.22	0.22	0.14	1.44	0.35	0.20
13	2.97	4.33	3.48	0.28	0.79	0.57	1.38	2.93	2.53	2.17	0.77	0.74	0.26	0.22	0.16	1.33	0.35	0.27
14	2.81	2.45	2.15	0.21	0.43	0.31	1.42	1.95	1.68	1.48	0.47	0.37	0.14	0.15	0.12	1.76	0.35	0.26
15	2.61	4.04	3.24	0.23	0.66	0.48	1.44	2.40	2.04	1.61	0.66	0.61	0.16	0.19	0.15	1.33	0.50	0.33
16	2.37	2.96	2.30	0.18	0.55	0.39	0.98	2.35	1.82	1.70	0.69	0.52	0.18	0.22	0.13	1.20	0.42	0.27
17	2.92	3.86	2.95	0.25	0.62	0.47	1.62	2.25	2.03	1.63	0.55	0.71	0.15	0.17	0.15	1.59	0.51	0.34
18	2.00	3.97	3.14	0.15	0.63	0.50	0.78	2.45	2.03	1.85	0.57	0.53	0.18	0.18	0.15	1.76	0.53	0.32
19	2.63	3.60	3.03	0.18	0.54	0.49	1.24	2.40	2.08	1.67	0.47	0.54	0.18	0.22	0.17	2.75	0.77	0.49
20	2.46	3.63	3.11	0.22	0.56	0.43	0.70	2.15	1.86	1.84	0.37	0.50	0.17	0.18	0.14	1.81	0.60	0.38
Min	2.00	2.31	1.97	0.15	0.42	0.28	0.70	1.85	1.54	1.06	0.37	0.36	0.14	0.14	0.12	0.98	0.25	0.22
Mak	3.31	4.37	4.11	0.31	0.80	0.61	1.81	2.93	2.62	2.17	0.77	0.71	0.26	0.28	0.21	2.75	0.84	0.56
Ort.	2.64	3.58	2.97	0.23	0.63	0.47	1.26	2.40	2.04	1.63	0.56	0.56	0.18	0.20	0.16	1.68	0.51	0.35

Yaprakların toplam P içerikleri %0.15-0.31 (ortalama %0.23) arasında değişmektedir. Çiçek tablası örneklerinde; %0.42-0.80 (ortalama %0.63) arasında değiştiği, brakte yaprakların P miktarının ise %0.28-0.61 (ortalama %0.47) arasında bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Yaprakların toplam P içeriği, çiçek

tablası ve brakte yaprakların toplam P içeriğinden daha düşük miktardadır (Çizelge 6). Fosfor, genellikle yapraklarda başlardan daha düşüktür (Ezz El-Din et al., 2010). Güçlü kökler için vazgeçilmez bir unsur olarak kabul edilen P, enginar bitkisinin büyümesine olumlu yansıyan metabolik süreçlerde besin ögesi olarak önemlidir (Elia & Santamaria, 1994; Ierna et al., 2006). Genel olarak, flavonoid içeriği artan P dozu ile kademeli olarak yükselmiştir. Buna karşın polifenol yüzdesi, P seviyeleri arttıkça azalmıştır (Ezz El-Din et al., 2010). N ve P'lu gübrelemeler arasındaki ilişkilere, özellikle besin etkinliği açısından, sistematik araştırma eksikliği bulunduğu bildirilmiştir (Ierna et al., 2012).

Yaprakların toplam K içerikleri %0.70-1.81 (ortalama %1.26) arasında değişmektedir. Çiçek tablası örneklerinin, %1.85-2.93 (ortalama %2.40) arasında değiştiği belirlenirken, brakte yaprakların K içerikleri %1.54-2.62 (ortalama %2.04) arasında belirlenmiştir (Çizelge 6). Yaprakların toplam K içeriği baş ve brakte yapraklarından daha düşük miktarda bulunmuştur. Halbuki Ezz El-Din et al. (2010), genellikle K'un yapraklarda başlardan daha yoğun miktarda bulunduğunu bildirmiştir. Enginar derin bir kök sistemine sahiptir (Schradler & Mayberry, 1997). Enginar, diğer sebze bitkilerine kıyasla daha yüksek su ihtiyacı olan bir bitkidir. Bu nedenle enginar verimliliği, sulama miktarından güçlü bir şekilde etkilenir (Anwar et al., 2017). Bununla birlikte enginar taban suyunu sevmez (Eser vd., 2006). K, enginarda su ve gaz alışverişini düzenler, erkenciliği arttırarak ürün kalitesini iyileştirmektedir (Saleh et al., 2016). K'un enginarda bitki boyu, ana baş ağırlığı, bitkide baş oluşumu, baş sayısını artırdığını bildirilmiştir (Rincón et al., 2007; Saleh et al., 2016; Anwar et al., 2017; Öztürk vd., 2020; Tartoura et al., 2021; Petropoulos et al., 2022). K alımı kış aylarında neredeyse 40 gün durur ve büyümenin sonraki aşamasında hemen ve dikkat çekici bir şekilde yeniden başlar. Büyüme mevsimi boyunca sürekli bir artış gösterir (Elia & Conversa, 2007).

Elia & Conversa (2007) tarafından bildirildiğine göre, her bir element ile N arasındaki konsantrasyon oranı (element/N) (bitkinin yapraklı kısımları bazında) birden küçüktür. Yalnızca K için bu oran birden (1.2) yüksektir. Yapılan başka araştırmalar (Shaheen et al., 2007; Colla et al., 2012; Rocchetti et al., 2020) bu sonucu desteklemektedir. Bazı araştırmalarda (Ierna et al., 2012; Öztürk vd., 2020; Tartoura et al., 2021; Petropoulos et al., 2022) ise K/N oranının birden düşük olduğu belirlenmiştir. Nitekim bu araştırmalar enginarda K takviyesine yönelik araştırmalardır (Çizelge 8). Bu çalışmada da K/N oranı birden düşük çıkmıştır (0.47). Yaprakların toplam Ca miktarları %1.06-2.17 (ortalama %1.63) arasında değişmektedir. Çiçek tablası örneklerinin Ca içerikleri ise, %0.37-0.77 (ortalama %0.56) arasında değiştiği belirlenirken, brakte yapraklarda benzer şekilde %0.36-0.71 (ortalama %0.56) arasında Ca belirlenmiştir (Çizelge 6). Yaprakların Ca içeriği çiçek tablası ve brakte yaprakların Ca içeriğinin üç katı daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 6). Fransa'da 'Violet du Provence' çeşidi için baharda büyüme sırasında çok yüksek bir Ca alımı rapor edilmiştir (Elia & Conversa, 2007). Yaprak örneklerinin toplam Na içerikleri %0.98-2.75 (ortalama %1.68) arasında değişmektedir. Çiçek tablası örneklerinde, %0.25-0.84 (ortalama %0.51) arasında belirlenirken, Na içeriği yönünden brakte yaprakların %0.22-0.56 (ortalama %0.35) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 6). Yaprakların Na içeriği, baş olarak ifade edilen çiçek tablasının Na içeriğinden üç kat ve brakte yaprakların Na içeriğinden yaklaşık beş kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Magnifico & Lattanzio (1981) tarafından 'Locale di Mola' çeşidinde gözlemlenen yüksek Na alımının dikkat çekici olduğu bildirilmiştir. Grainfenberg et al. (1995), enginar bitkisinin tuz stresi etkilerinin üstesinden gelmek için bir iyon dahil etme mekanizması olarak eski yaprak dokusunda Na biriktirme kapasitesine sahip olduğunu bildirmiştir. Enginar ayrıca bitkinin yaşlı yapraklarında büyük miktarda Na biriktirme kapasitesine sahipken, NPK için yaprak konsantrasyonu bitkinin yaşıyla birlikte belirgin şekilde azalır (Elia & Conversa, 2007). Araştırmada Ca ve Na, yapraklarda başa göre sırasıyla 3.5 ve 4 kat daha yüksektir. Bu durumu Elia & Conversa (2007), bu türün, bitkinin vejetatif kısımlarında fazla iyonları bölme kapasitesini doğruladığını bildirmiştir. Yaprakların toplam Mg konsantrasyonları %0.14-0.26 (ortalama %0.18) arasında değişmektedir. Çiçek tablası örneklerinde, %0.14-0.28 (ortalama %0.20) arasında Mg içeriği belirlenirken, brakte yapraklarda ise %0.12-0.21 (ortalama %0.16) arasında belirlenmiştir. Enginarda yaprakların Mg miktarı, çiçek tablasının Mg miktarından düşük fakat brakte yapraklarından yüksek olduğu analiz edilmiştir (Çizelge 6).

Demir (Fe), yapraklarda toplam olarak ortalama 115 mg kg^{-1} belirlenmiştir. Çiçek tablası örneklerinde Fe konsantrasyonu, ortalama 48.90 mg kg^{-1} , brakte yaprakların ise ortalama 34.41 mg kg^{-1} Fe içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 7). Yaprakların, çiçek tablasından 2.35 kat ve brakte yapraklardan 3.34 kat yüksek Fe içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmada enginar yapraklarda toplam Cu içerikleri ortalama 6.22 mg kg^{-1} belirlenmiştir. Çiçek tablası örneklerinin Cu miktarı, ortalama 3.71 mg kg^{-1} , brakte yapraklarda ise ortalama 5.13 mg kg^{-1} Cu belirlenmiştir (Çizelge 7). Yaprakların Cu içerikleri baş kısmın Cu içeriğinin 1.68 katı kadardır. Brakte yaprakların Cu içeriğinden yine yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir. Enginar yapraklarda toplam Zn yönünden ortalama 21.76 mg kg^{-1} bulunduğu analiz edilmiştir. Çiçek tablası örneklerinin, ortalama 44.05 mg kg^{-1} Zn içerdiği belirlenmiştir. Brakte yapraklarda ise ortalama 47.59 mg kg^{-1} Zn belirlenmiştir (Çizelge 7). Enginarın yenilebilir bölümü olan çiçek tablası ve brakte yaprakların toplam Zn içeriklerinin, yaprağın Zn içeriğinden iki katı yüksek olduğu belirlenmiştir. Yaprakların toplam Mn düzeyi ortalama 30.50 mg kg^{-1} belirlenirken, çiçek tablası örneklerinde, ortalama 11.44 mg kg^{-1} Mn konsantrasyonu belirlenmiştir. Brakte yaprakların ise ortalama 17.99 mg kg^{-1} Mn içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 7). Yaprakların Mn içerikleri baş kısmın Mn içeriğinin 2.66 katı kadardır. Brakte yaprakların Mn içeriğinden ise 1.69 kat daha yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 7. Enginarın yaprak (y), çiçek tablası (çt) ve brakte yaprak (b) örneklerinin bazı mikro element içerikleri

Table 7. Some micronutrient contents of leaf (y), flower head (çt) and bract leaf (b) samples of artichoke

No	Konsantrasyon (mg kg^{-1})											
	Fe			Cu			Zn			Mn		
	y	çt	b	y	çt	b	y	çt	b	y	çt	b
1	66.74	43.81	41.79	4.88	4.95	3.42	27.07	38.83	40.14	29.92	11.30	13.85
2	80.80	39.33	27.15	4.22	4.04	8.08	24.38	47.98	52.41	27.87	10.32	16.16
3	114.23	72.92	19.19	4.14	1.14	1.61	17.51	33.49	32.27	20.90	13.49	22.02
4	112.92	40.90	56.91	8.76	5.08	10.75	18.12	49.22	55.31	18.09	9.25	14.39
5	85.22	89.69	71.77	13.90	6.75	10.81	22.47	59.55	66.10	12.93	11.01	17.13
6	206.33	36.70	43.88	6.14	3.02	6.28	17.59	56.17	57.69	27.51	10.59	16.03
7	87.20	36.05	40.14	5.23	3.08	4.38	23.46	38.24	52.29	23.48	11.91	21.48
8	107.33	31.81	44.97	4.95	5.38	7.08	18.31	51.64	60.55	27.32	13.25	23.22
9	83.45	29.12	37.45	5.01	2.23	6.54	17.76	45.54	44.77	26.26	13.66	13.57
10	90.90	77.94	41.65	3.98	1.63	5.99	24.63	44.92	55.26	25.82	11.86	22.98
11	178.50	58.80	56.14	6.07	4.72	4.75	41.88	52.88	51.52	32.97	19.61	24.27
12	124.37	39.32	11.01	10.76	1.53	0.44	35.80	34.32	31.56	89.70	10.06	14.67
13	141.93	40.80	25.93	4.79	7.19	4.74	17.07	40.18	53.20	42.59	11.27	20.87
14	68.15	54.65	13.06	4.58	1.15	0.64	12.81	18.13	20.11	25.38	10.83	13.61
15	108.26	45.64	29.46	3.56	4.57	3.57	18.29	52.21	55.13	35.90	13.02	23.97
16	80.57	40.99	35.24	5.62	3.55	6.42	13.94	35.59	31.64	27.82	10.19	14.46
17	71.41	46.04	19.03	8.30	3.47	3.21	18.87	39.31	40.30	23.19	8.75	14.48
18	149.69	84.98	25.44	4.54	2.61	5.48	19.91	44.40	44.16	32.60	8.80	13.58
19	181.96	37.15	31.81	5.56	5.76	6.63	29.47	54.38	59.60	34.28	12.14	24.84
20	160.03	31.43	16.09	9.40	2.37	1.76	15.90	43.98	47.86	25.43	7.48	14.13
Min	66.74	29.12	11.01	3.56	1.14	0.44	12.81	18.13	20.11	12.93	7.48	13.57
Mak	206.33	89.69	71.77	13.90	7.19	10.81	41.88	59.55	66.10	89.70	19.61	24.84
Ort.	115.00	48.90	34.41	6.22	3.71	5.13	21.76	44.05	47.59	30.50	11.44	17.99

Enginar yaprak, çiçek tablası ve brakte yaprakların bitki besin elementi konsantrasyonları, enginar hakkında yapılan kimi araştırma sonuçları ile uyumludur. Enginar yaprağı ekstraktındaki makro element

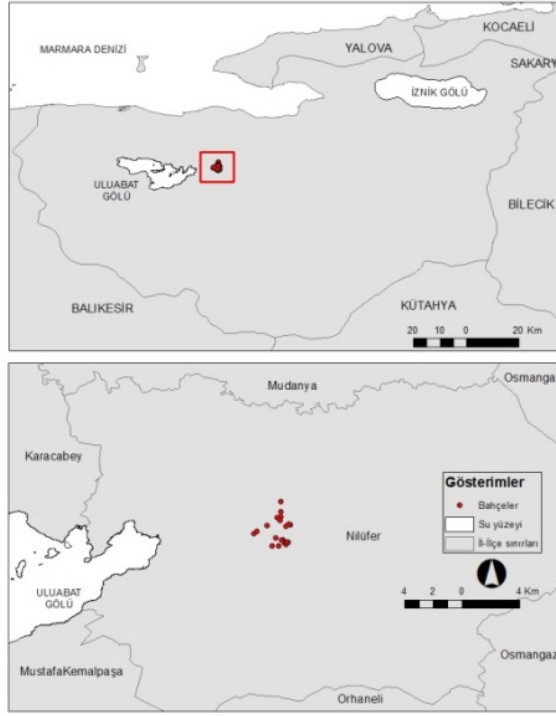
konsantrasyonları azalan sırada şu şekilde sıralanmaktadır; N>Na>Ca>K>P>Mg. Benzer çalışmalarda ortalama olarak K>N>Ca>P>Na>Mg şeklinde bir sıralama ortaya çıkmaktadır (Çizelge 8).

Bu sonuçlara göre enginar yapraklarının K, P ve Mg içeriklerinin diğer elementlerin gerisinde olduğu görülmektedir. Yaprakların mikro element içerikleri değerlendirildiğinde; bu araştırma sonuçlarına göre yaprakların mikro element içerikleri Fe>Mn>Zn>Cu şeklinde sıralanmaktadır. Evvelce yapılan bazı çalışmalarda da genel olarak Fe>Mn>Zn>B>Cu benzer şekilde sıralanmaktadır (Çizelge 8). Araştırmada, çiçek tablası ekstraktındaki makro element konsantrasyonları; N>K>P>Ca>Na>Mg, mikro elementler ise Fe>Zn>Mn>Cu azalan şeklinde sıralanmaktadır. Yapılan bazı araştırmaların (Çizelge 8) makro ve mikro element içerikleri ile araştırma sonuçları kıyaslandığında genellikle benzer hatta nispeten daha yüksek değerlerin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7). Araştırmada brakte yaprak ekstraktının makro element konsantrasyonları, azalan sırada şu şekilde sunulabilir: N>K>Ca>P>Na>Mg. Brakte yaprak ekstraktındaki mikro element içeriği ise Zn>Fe>Mn>Cr olarak sıralanmaktadır (Çizelge 7).

Çizelge 8. Yaprak ve baş örnekleri element içeriklerinin kimi çalışmalarla karşılaştırılması

Table 8. Comparison of element contents of leaf and head samples among some studies

YAPRAK	Konsantrasyon (%)						Konsantrasyon (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Francois et al., 1991	-	-	3.57	1.22	0.27	1.48	-	-	-	-	-
Elia & Conversa, 2007	3.09	0.30	3.74	2.19	0.37	1.21	-	-	-	-	-
Orlovskaya et al., 2007	-	0.20	0.69	0.69	0.21	2.70	207.00	3.45	4.14	20.70	20.70
Shaheen et al., 2007	3.00	0.40	3.80	0.90	-	-	200.00	-	-	-	-
Colla et al., 2012	4.46	0.93	5.73	1.65	0.49	0.13	34.80	3.20	22.06	69.60	27.46
Rouphel et al., 2012	4.50	0.96	2.69	1.40	0.30	-	26.40	2.40	17.50	40.70	20.00
Allahdadi et al., 2016	-	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ben Salem et al., 2017	2.66	-	2.88	1.36	0.43	1.76	161.17	13.00	73.70	130.50	-
Angelova et al., 2019	-	0.08	1.16	1.17	0.31	-	117.90	4.80	28.90	7.50	-
Biel et al., 2020	1.28	0.41	0.51	0.39	0.22	0.19	16.00	-	21.00	8.00	-
Öztürk vd., 2020	-	-	0.44	-	-	-	-	-	9.14	-	-
Rochetti et al., 2020	4.70	0.78	7.50	1.00	0.40	-	-	-	-	-	-
Akkal et al., 2021	2.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tartoura et al., 2021	2.05	0.26	1.70	-	-	-	-	-	-	-	-
Petropoulos et al., 2022	2.20	0.25	1.60	-	-	-	-	-	-	-	-
De Falco et al., 2022	-	-	4.03	1.31	0.28	0.31	44.60	5.60	20.70	14.70	-
Araştırmamızda	2.64	0.23	1.26	1.63	0.18	1.68	115.00	6.22	21.76	30.50	-
ÇİÇEK TABLASI											
Elia & Conversa, 2007	2.64	0.35	2.94	0.63	0.25	0.40	-	-	-	-	-
Pandino et al., 2011	-	-	1.96	0.56	0.15	0.10	28.60	7.00	25.10	6.70	-
Saleh et al., 2016	2.87	0.41	3.39	-	-	-	-	-	-	-	-
Lombardo et al., 2017	3.50	0.25	1.60	0.42	0.25	0.18	30.00	8.90	30.00	8.80	-
Mohamed et al., 2017	3.06	0.30	2.91	-	-	-	-	-	-	-	-
Spanu et al., 2017	-	-	2.33	0.21	0.18	0.24	32.15	6.66	36.64	8.55	-
Elsharkawy et al., 2021	2.85	0.38	1.55	-	-	-	-	-	-	-	-
Araştırmamızda	3.58	0.63	2.40	0.56	0.20	0.51	48.90	3.71	44.05	11.44	-
BRAKTE YAPRAK											
Francois et al., 1991	-	-	2.59	0.10	0.18	0.13	-	-	-	-	-
De Falco et al., 2022	-	-	4.53	0.15	0.06	0.11	26.80	1.61	17.35	6.49	-
Araştırmamızda	2.97	0.47	2.04	0.56	0.16	0.35	34.41	5.13	47.59	17.99	-



Şekil 1. Enginar bahçelerin bulunduğu konumlar.

Figure 1. The locations of artichoke gardens.

SONUÇ

Enginar yetiştiriciliği yapılan Hasanağa yöresi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirildiğinde; toprağın 0-30 cm'de çoğunlukla nötr, 30-60 cm'de ise çoğunlukla hafif alkali reaksiyonda olduğu, tuzluluk sorunu bulunmadığı ve orta bünyeli oldukları belirlenmiştir. Toprakların yarısından fazlasının orta seviyede kireçli olduğu belirlenirken, OM içeriğinin 0-30 cm orta, 30-60 cm derinlikte ise düşük olduğu analiz edilmiştir. İncelenen toprakların bazı bitki besin elementi içerikleri değerlendirildiğinde; özellikle 30-60 cm derinlikte toprakların %50'sinde N ile P yeter seviyenin altında kalırken, %90'ında K konsantrasyonları düşük seviyede belirlenmiştir. Toprak ekstraktlarının tamamında B konsantrasyonları düşük seviyede, %85'inde Ca konsantrasyonları yüksektir. Sodik olmadığı analiz edilen toprakların, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri iyi ya da yeterli konsantrasyonda oldukları belirlenmiştir. Enginar yaprak, çiçek tablası ve brakte yaprakların bitki besin elementi konsantrasyonları, enginar hakkında yapılan kimi araştırma sonuçları ile uyumludur. Araştırma sonuçlarına göre enginar yapraklarının K, P ve Mg içeriklerinin diğer araştırma sonuçlarına kıyasla daha az olduğu görülmüştür. Mikro element içerikleri değerlendirildiğinde; araştırma sonuçlarına göre yaprakların mikro element içerikleri Fe>Mn>Zn>Cu şeklinde sıralanmaktadır. Yenilebilir kısımdaki bitki besin elementi içerikleri enginar için bildirilen değerlerle uyumludur. Enginar plantasyonları tesis edilirken toprak analizlerinin yapılması, çok yıllık üretimlerde de toprak ve bitki analizlerine göre gübreleme programlarının yapılması sürdürülebilir tarımsal üretim için önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen FHIZ-2023-1416 No'lu Proje'nin bir parçasıdır. Yardım, katkı ve desteklerinden dolayı sayın Halil BAŞARAN'ın şahsında değerli üreticilere çok teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Akkal-Corfini, N., P. Robin, S. Menasseri-Aubry, M.S. Corson, J.P. Severe, J.M. Collet & T. Morvan, 2021. Fate of nitrogen from artichoke: (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L.) crop residues: A Review and lysimeter study. *Nitrogen*, 2 (1): 41-61. <https://doi.org/10.3390/nitrogen2010004>
- Allahdadi, M., Y. Raei, B. Bahreininejad, A. Taghizadeh & S. Narimani, 2016. Effect of chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Biological Forum-An International Journal*, 8 (1): 500-508. ISSN No. (Online): 2249-3239.
- Angelova, V., M.P. Nemska, G. Uzunova & L. Krustev, 2019. Chemical composition of cardoon (*Cynara cardunculus* L.) grown in South Bulgaria. *AGROFOR International Journal*, 4 (3): 100-110. Doi: [10.7251/Agreng1903100A](https://doi.org/10.7251/Agreng1903100A)
- Anonymous, 1951. Soil Survey Manual (U.S. Department of Agriculture Handbook). U.S. Gout Print Office, Washington D.C., No: 18, 209 p.
- Anonymous, 1988. Türkiye Gübreler ve Gübreleme Rehberi (T.C.T.O.K.B. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü). Genel yayın no: 151, Teknik yayın no: T-50, Ankara, 182 s.
- Anonymous, 2020. Hasanağa enginarı. Türk Patent ve Marka Kurumu. (Web page: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografiasaretler/detay/38469>) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- Anwar, R.S.M., M.A. Mahmoud & N.H. Hussien, 2017. Effect of irrigation and potassium fertilizer on vegetative growth, yield and quality of globe artichoke plants under sandy soil conditions. *Journal of Plant Production*, 8 (11): 1267-1276. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2017.41308>
- Archontoulis, S.V., P.C. Struik, J. Vos & N.G. Danalatos, 2010. Phenological growth stages of *Cynara cardunculus*: codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 156 (2): 253–270. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00384.x>
- Archontoulis, S.V., J. Vos, X. Yin, L. Bastiaans, N.G. Danalatos & P.C. Struik, 2011. Temporal dynamics of light and nitrogen vertical distributions in canopies of sunflower, kenaf and cynara. *Field Crops Research*, 122 (3): 186–198. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.03.008>
- Ben Salem, M., H. Affes, K. Athmouni, K. Ksouda, R. Dhouibi, Z. Sahnoun, S. Hammami & K.M. Zeghal, 2017. Chemicals compositions, antioxidant and anti-inflammatory activity of *Cynara scolymus* leaves extracts, and analysis of major bioactive polyphenols by HPLC. *Hindawi*, Article ID : 4951937, 14p, <https://doi.org/10.1155/2017/4951937>
- Bianco. V.V., 1990. "Carciofo (*Cynara scolymus* L.), 209-251". In: *Orticultura* (Eds. V.V. Bianco & F. Pimpini), Patron Editore, Bologna (in Italian).
- Biel, W., R. Witkiewicz, E. Piątkowska & C. Podsiadło, 2020. Proximate composition, minerals and antioxidant activity of artichoke leaf extracts. *Biological Trace Element Res.*, 194: 589–595. Doi: 10.1007/s12011-019-01806-3
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of Soil, *Agronomy Journal*, 43: 435-438.
- Bremner, J.M., 1965. "Total nitrogen,1149-1178". In: *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, no 9 in the series *Agronomy* (Eds. C.A. Black). American Society of Agronomy Inc. Pub., Madison, Wisconsin, USA.
- Ciancolini, A., 2012. Characterization and selection of globe artichoke and cardoon germplasm for biomass, food and biocompound production. PhD Thesis, Università Degli Studi Della Tuscia, Italy. 251p.
- Colla, G., Y. Roupheal, M. Cardarelli, E. Svecova, E. Rea & L. Lucini, 2012. Effects of saline stress on mineral composition, phenolic acids and flavonoids in leaves of artichoke and cardoon genotypes grown in floating system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (5): 1119–1127, Doi: 10.1002/jsfa.5861
- De Falco, E., A. Senatore, G. Roscigno & M. Pergola, 2022. The Artichoke "Bianco di Pertosa": The Enhancement of crop residues through environmentally friendly uses. *Horticulturae*, 8 (10): 900. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100900>
- Duarte, D., R. Figueiredo, S. Pereira & J. Pissarra, 2006. Structural characterization of the stigma style complex of *Cynara cardunculus* (Asteraceae) and immunolocalization of cardosins A and B during floral development. *Canadian Journal of Botany*, 84 (5): 737–749. <http://dx.doi.org/10.1139/B06-029>

- Duman, İ. & Y. Nas, 2020. Tohumdan konservelik enginar (*Cynara scolymus* L.) üretiminde verim ve kalite özelliklerindeki değişimin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Özel Sayı: 1-7, Doi: 10.20289/zfdergi.703747
- Elia, A. & P. Santamaria, 1994. Influence of nitrogen, phosphorus and potassium on artichoke transplanting growth. Agronomy Media, 124: 106-111.
- Elia, A. & G. Conversa, 2007. "Mineral nutrition aspects in artichoke growing, 239-249". In: Proc. VIth IS on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives, (Eds. J.A. Fernandez et al.). Acta Horticulturae, 730. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.730.30>
- Elsharkawy, G.A., H.A.H. Ibrahim, A.H. Salah, M. Akrami, H.M. Ali & D.Y. Abd-Elkader, 2021. Early and total yield enhancement of the globe artichoke using an ecofriendly seaweed extract-based biostimulant and PK fertilizer. Agronomy, 11 (9): 1819. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091819>
- Eser, B., H. İlbi & A. Uğur, 2006. Enginar Yetiştiriciliği, Hasad Yayıncılık, ISBN: 975-8377-45-5, İstanbul, 64 s.
- Ezz El-Din, A.A., E.E. Aziz, S.F. Hendawy & E.A. Omer, 2010. Impact of phosphorus nutrition and number of cuttings on growth, yield and active constituents of artichoke. International Journal of Academic Research, 2 (4): 240-244. <https://www.researchgate.net/publication/269874326>
- FAO, 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistics. (Web sayfası: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>) (Erişim tarihi: Şubat 2023).
- Francois, L.E., T.J. Donovan & E.V. Maas, 1991. Calcium deficiency of artichoke buds in relation to salinity. Hortscience, 26 (5): 549-553. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.5.549>
- Grainfenberg, A, L. Giustiniani, O. Temperini & M. Lipucci di Paola, 1995. Allocation of Na, Cl, K and Ca within plant tissues in globe artichoke *Cynara scolymus* L. under salinesodic conditions. Scientia Horticulturae, 63 (1/2): 1-10. Doi: 10.1016/0304-4238 (95)00797
- Guida, V., G. Ferrari, G. Pataro, A. Chambery, A. Di Maro & A. Parente, 2013. The effects of ohmic and conventional blanching on the nutritional, bioactive compounds and quality parameters of artichoke heads. LWT-Food Science and Technology, 53 (2): 569–579. Doi: 10.1016%2Fj.lwt.2013.04.006
- Ierna A., G. Mauromicale & P. Licandro, 2006. Yield and harvest time of globe Artichoke in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. Acta Horticulturae, 700 (16): 115-119.
- Ierna, A., R.P. Mauro & G. Mauromicale, 2012. Improved yield and nutrient efficiency in two globe artichoke genotypes by balancing nitrogen and phosphorus supply. Agronomy Sustainable Development, 32: 773–780. Doi: 10.1007/s13593-011-0048-7
- Kacar, B. & A. İnal, 2008. Bitki analizleri (2. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No. 892, Ankara, 912 s.
- Kacar, B. 2009. Toprak analizleri (3. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, No. 1387. Ankara, 466 s.
- Khalfallah, K.K., N. Turki, M. Rébaï & I. Ghazel, 2015. Compost and Compost Tea Fertilization Effects on Soil and Artichoke Mineral Nutrition in Organic Farming. International Journal of Current Engineering and Technology, 5 (6): 3835-3842. <https://www.researchgate.net/291330470>
- Kılıçtaş, Ş., T. Özlü & G. Garipoğlu, 2020. Enginar (*Cynara scolymus* L.): Besin değeri ve olası sağlık etkileri. USBAD Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi, 3 (5): 6-22. Doi: 10.47994/usbad.788581
- Lattanzio, V., P.A. Kroon, V. Linsalata & A. Cardinali, 2009. Globe artichoke: a functional food and source of nutraceutical ingredients. Journal of Functional Foods, 1 (2): 131–144. Doi: 10.1016/j.jff.2009.01.002
- Lindsay, W.L. & W.A. Norvell, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421–28. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Lombardo, S., C. Restuccia, G. Muratore, R.N. Barbagallo, F. Licciardello, G. Pandino, G.O. Scifò, A. Mazzaglia, F. Ragonese & G. Mauromicale, 2017. Effect of nitrogen fertilisation on the overall quality of minimally processed globe artichoke heads. Journal of the Science of Food and Agriculture; 97 (2): 650–658. Doi: 10.1002/jsfa.7784.
- Loué, A., 1968. Diagnostic pétiolarie de prospection etudes sur la nutrition et la fertilisation potassiques de la vigne, Société Commerciale des Potassiques d'Alsae Services Agronomiques, 31-41 p.
- Magnifico, V. & V. Lattanzio, 1981. Ritmo di asportazione di elementi nutritivi nel carciofo. Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu. Atti 3^o Congr. Int. Carciofo, Laterza Bari. 283-294 pp.

- Mauromicale, G. & A. Ierna, 2000. Panorama varietale e miglioramento genetico del carciofo. L'Informatore Agrario, 56: 39-45. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1830.8241>
- Mohamed, N.A., U.M. Saif El-deen, & A.E.M. Abd El-Hameid, 2017. Yield and quality of globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) as affected by bio and mineral NK fertilizer levels. Journal of Productivity and Development, 22 (3): 697-713. <https://dx.doi.org/10.21608/jpd.2019.42117>
- Negro, D., V. Montesano, G. Sonnante, P. Rubino, A. De Lisi & G. Sarli, 2016. Fertilization strategies on cultivars of globe artichoke: Effects on yield and quality performance. Journal of Plant Nutrition, 39 (2): 279-287. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1022185>
- Nelson, D.W. & L. Sommers, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph No.9, 2nd Ed., ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 539-579 pp.
- Nelson, R.E., 1982. "Carbonate and gypsum,181-196". In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. (Eds. A.L. Page), American Society of Agronomy Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA.
- Olsen, S.R., & L.A. Dean, 1965. "Phosphorus,1035-49". In: Methods of Soil Analysis, Part 2 (Eds. C. A. Black), American Society of Agronomy Inc. Pub., Madison, Wisconsin, USA.
- Orlovskaya, T.V., I.L. Luneva & V.A. Chelombit'ko, 2007. Chemical composition of *Cynara scolymus* leaves. Chemistry of Natural Compounds, 43 (2): 239-240. Doi: 0009-3130/07/4302-0239
- Öztürk, B., M. Zengin & F. Gökmen Yılmaz, 2020. Effects of potassium and zinc fertilization on the yield and yield components of artichoke. Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, 17 (2): 180-190, Doi: 10.33462/Jotaf.605673
- Pace, B., F. Boari, N. Calabrese, E. De Palma & V. Cantore, 2012. "Effects of salinity and watering regime on artichoke, *Cynara cardunculus* L. subsp. *scolymus* (L.) Hayek". In: Proc. VIIth IS on Artichoke, Cardoon and Their Wild Relatives (Eds. C. Bazinet), Acta Horticulturae. 942. Doi: 10.17660/ActaHortic.2012.942.51
- Pandino, G., S. Lombardo, R.P. Mauro & G. Mauromicale, 2012. Variation in polyphenol profile and head morphology among clones of globe artichoke selected from a landrace. Scientia Horticulturae, 138: 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.032>
- Petropoulos, S.A., R. Sami, N. Benajiba, R.M.Y. Zewail & M.H.M. Mohamed, 2022. The response of globe artichoke plants to potassium fertilization combined with the foliar spraying of seaweed extract. Agronomy, 12 (2): 490. Doi: 10.3390/agronomy12020490
- Pratt, P.F., 1965. "Potassium". In: Agronomy Monographs, (Eds. A.G. Norman), Doi: 10.2134/agronmonogr9.2.c20
- Rhoades, J.D., 1982. "Soluble salts, 167-178". In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties (Eds. A.L. Page), American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA.
- Riahi, J., C. Nicoletto, G. Bouzaein, P. Sambo & K.K. Khalfallah, 2017. Effect of vegetative propagation materials on globe artichoke production in semi-arid developing countries: agronomic, marketable and qualitative traits. Agronomy, 7 (4): 65. Doi: 10.3390/agronomy7040065
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No. 60. United States Department of Agriculture, Washington, DC, 160 p.
- Rincón, L., A. Pérez, C. Pellicer, A. Abadía & J. Sáez, 2007. Nutrient uptake by artichoke. Acta Horticulturae, 730 (37): 287-292. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.730.37>
- Rocchetti, G., L. Lucini, G. Corrado, G. Colla, M. Cardarelli, S. De Pascale & Y. Roupheal, 2020. Phytochemical profile, mineral content, and bioactive compounds in leaves of seed-propagated artichoke hybrid cultivars. Molecules, 25 (3795): 1-16. Doi: 10.3390/molecules25173795
- Salah, S.A., S.M. Shehata, M. EL-Desuki & A.M. Shaheen, 2006. Response of artichoke plants to agriculture sulphur and chicken manure application. Journal Plant Production, 31 (11): 7287-7304. Doi: 10.21608/jpp.2006.236393
- Saleh S.A., M.F. Zaki, A.S. Tantawy & Y.A.M. Salama, 2016. Response of artichoke productivity to different proportions of nitrogen and potassium fertilizers. International Journal of ChemTech Research, 9 (3): 25-33. www.researchgate.net/publication/301678673
- Schrader, W.L. & K.S. Mayberry, 1997. Artichoke production in California. Univ. of California. Vegetable Research and Information Center. Division of Agriculture and Resources. Vegetables Production Series. Publication 7221

- Shaheen, A.M., A. Fatma, A.M. Rizk, A.M. Elbassiony & Z.S.A. El-Shal, 2007. Effect of ammonium sulphate and agricultural sulphur on the artichoke plant growth, heads yield and its some physical and chemical properties. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3 (2): 82-90.
- Soil Survey Staff, 1951. *Soil Survey Manual*, Agricultural Research Administration United States Department of Agriculture Handbook, No. 18, Ground Print Office, Washington D.C., 340-377 p.
- Spanu, E., P. A. Deligios, E. Azara, G. Delogu & L. Ledda, 2017. Effects of alternative cropping systems on globe artichoke qualitative traits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (3): 1079–1087. Doi: 10.1002/jsfa.8558.
- Tartoura, E. A., U. M. Seif El-Deen & A.Y. El-Adawy, 2021. Effect of irrigation intervals and foliar applications with some nanofertilizers on growth and productivity of globe artichoke plant: A-Vegetative growth and chemical content in leaves. *Journal of Plant Production*, 12 (3): 209-216. Doi: [10.21608/jpp.2021.154344](https://doi.org/10.21608/jpp.2021.154344)
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. (Web sayfası: <https://www.tuik.gov.tr/>) (Erişim tarihi: Şubat 2023).
- Ugur, A. & B. Eser, 2013. The effects of plant ages and cultivar on the offshoots yield and rooting of globe artichoke. *Acta Horticulturae*, 983 (56): 387-392. Doi: 10.17660/ActaHortic.2013.983.56
- Wolf, B., 1971. The Determination of boron in soil extracts, plant materials, manures, waters and nutrient solution. *Soil Science and Plant Analysis*, 2 (5): 363-374. <https://doi.org/10.1080/00103627109366326>
- Zeybekoglu, E. & A. Ugur, 2013. Potted artichoke seedling propagation by using different vegetative materials and techniques. *Acta Horticulturae*, 983 (983): 317-324. Doi: [10.17660/ActaHortic.2013.983.44](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.983.44)

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):665-678
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1284786>

Alim AYDIN^{1*} 

Hakan BAŞAK² 

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Pilot Tarım ve Jeotermal Koordinatörlüğü, 40100, Merkez, Kırşehir, Türkiye

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 40100, Merkez, Kırşehir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

alim.aydin@ahievran.edu.tr

Farklı melez kombinasyonları ile elde edilmiş su kabağı (*Lagenaria siceraria*) melezlerinin su kültürü koşullarında tuz stresine morfolojik ve fizyolojik olarak tolerans düzeylerinin belirlenmesi*

Determination of morphological and physiological tolerance levels of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) hybrids obtained by hybrid combinations salt stress in hydroponic conditions

Received (Alınış): 18.04.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 23.11.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışma, tuza toleranslı oldukları önceki çalışmalarda belirlenen, ileri kademelerdeki hatların kullanılması ile elde edilen su kabağı melezlerinin su kültürü koşullarında tuz stresine tolerans seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada 4 adet ana ebeveyn hat (S7 kademesinde), 6 adet baba ebeveyn hat (S3 kademesinde), 9 adet melez kombinasyonu ve 1 adet ticari su kabağı anacı materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma materyallerinin tuza tolerans seviyelerini belirlemek üzere, temel bileşen analizi ve kümeleme analizleri uygulanmıştır.

Araştırma Bulguları: Tuza tolerant olan kümenin üyeleri; 8xA13, 9xA11, 6xA12 ve 6xA10 nolu melez kombinasyonları olurken, orta düzeyde tuz toleransına sahip olanlar ise 9xA1, 1xA13, 8xA16 ve A1 nolu bitkiler olmuştur.

Sonuç: 6xA11 ve 9xA16 melezleri hariç diğer tüm melez kombinasyonları, ana ve baba hatlar ile ticari su kabağı çeşidinden tuz stresine daha fazla tolerans göstermiştir.

ABSTRACT

Objective: This study was carried out to determine the salt stress tolerance levels of gourd hybrids obtained using advanced lines, which were determined in previous studies to be salt tolerant under hydroponic conditions.

Material and Methods: In the study, 4 female parent lines (S7 level), 6 male parent lines (S3 level), 9 hybrid combinations, and 1 commercial bottle gourd rootstock were used as material. Principal component analysis and clustering analyses were applied to determine the salt tolerance levels of the study materials.

Results: Members of the cluster that are salt tolerant; While hybrid combinations numbered 8xA13, 9xA11, 6xA12, and 6xA10, those with moderate salt tolerance were plants numbered 9xA1, 1xA13, 8xA16 and A1.

Conclusion: Except for hybrids 6xA11 and 9xA16, all other hybrid combinations showed greater tolerance to salt stress than the parental lines and the commercial bottle gourd variety.

Anahtar sözcükler: Anaç, karpuz, melez kombinasyonları, su kültürü, tuz stresi

Keywords: Rootstock, watermelon, hybrid combinations, hydroponic culture, salt stress

GİRİŞ

Cucurbitaceae familyasına ait olan su kabağı (*Lagenaria siceraria*), beyaz taç yapraklarına sahip olması nedeniyle genel olarak "beyaz çiçekli kabak" olarak kabul edilir. Tek yıllık, tek evcikli ve güçlü tırmanma yeteneğine sahip olan *L. siceraria*, en eski kültüre alınmış bitki türlerinden biridir (Decker-Walters et al., 2004). Su kabağı dünya üzerinde geniş bir dağılıma sahiptir ve okyanus akıntılarının *L. siceraria*'nın Afrika'dan Amerika'ya göçüne aracılık ettiğine inanılmaktadır (Kistler et al., 2014). Su kabağının kökeninin Afrika mı yoksa Asya mı olduğu, Türkiye dahil tüm dünyada araştırmalara konu olmaktadır. Gürcan et al. (2015) Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan su kabaklarının Afrika ve Asya su kabaklarının karışımı olduğunu ileri sürmektedir. Su kabaklarının olgun kurutulmuş meyveleri dünya çapında insanlar tarafından kap, mutfak eşyaları, müzik aletleri, sanatsal amaçlarla veya bazı kıyı bölgelerinde balık ağı tutucuları olarak kullanılmaktadır (Decker-Walters et al., 2004). Su kabağının genç yaprakları, sürgünleri, tohumları ve taze filizleri insan beslenmesinde veya bazı tedavi edici amaçlar için kullanılmaktadır (Loukou et al., 2007). Ayrıca *L. siceraria*, *Fusarium solgunluğu* (Yetisir et al., 2003), tuz stresi ve su basması (Yetisir & Uygur 2009) gibi farklı biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleranslı olması nedeniyle karpuz anaç olarak kullanılmaya potansiyeline sahiptir.

Karpuz (*Citrullus lanatus*), kabakgiller familyasının (Cucurbitaceae) bir üyesi olup, Türkiye ve Dünya'nın birçok ülkesinde ticari değeri yüksek bir sebzedir. Dünya toplam karpuz üretimi 2022 yılında yaklaşık 101 milyon ton düzeyindedir. Çin, dünya toplam karpuz üretiminin %60.03'ünü gerçekleştirerek açık ara birinci sırada yer alırken, onu sırasıyla Türkiye (%3.41), Hindistan (%3.20) ve Brezilya (%2.10) takip etmektedir (FAO, 2022). Son yıllarda tüm dünyada artan tüketici talebiyle üretim miktarı da yükselen karpuz yetiştiriciliğinde, üretimi kısıtlayan çeşitli sorunlar da ortaya çıkmaktadır. Karpuz, biyotik (virüs, bakteri, fungus, böcek vb.) ve abiyotik (tuzluluk, kuraklık vb.) stres faktörlerine karşı hassastır (Rivero et al., 2003; Yetişir et al., 2007; Rouphael et al., 2008; Uygur & Yetisir, 2009; Colla et al., 2010; Huang et al., 2013; Nawaz et al., 2018). Karpuz yetiştiriciliğini sınırlandıran en önemli abiyotik stres faktörü toprak tuzluluğudur. Dünyadaki tarım alanlarının yaklaşık %7'si ve sulanan tarım alanlarının %20'si toprak tuzluluğundan etkilenmektedir (Yamaguchi & Blumwald, 2005).

Tuzluluğun tarımsal üretim üzerindeki etkisini azaltmak ve toprak tuzluluğunun giderilmesi ile ilgili son yıllarda çeşitli stratejiler geliştirilmiş ve bunlar uygulanmaktadır. Tuzlu toprağın ıslahı ve toprak tuzluluğunun giderilmesi tarımda temel stratejidir; ancak kullanılan bu yöntemler kısa süreli etkili olmakta ve uygulama maliyetleri de çok yüksektir (Dasgan et al., 2002). Bitkilerin tuza toleransını artırmak amacıyla hümitik asit (Ouni & Lakhdar, 2014), brassinolide (Yuan et al., 2015), poliamin (Gong et al., 2014) ve melatonin (Liu et al., 2015) gibi bazı bitki büyüme düzenleyiciler ve organik bileşikler kullanılmaktadır. Ancak, bu maddeler tuza toleransda uzun süreli etkili olamamaktadır. Tuza tolerans genotiplerinin geliştirilmesi stratejisi, bahçe bitkilerinde toprak tuzluluğu ile mücadelede etkinliği en yüksek yöntemlerinden birisidir (Yamaguchi & Blumwald, 2005; Ashraf & Foolad, 2007; Zhu et al., 2008; Rasel et al., 2021). Özellikle de tuza toleransı yüksek genotiplerin anaç olarak kullanılması, tuz stresi karşısında mücadelede diğer yöntemlere kıyasla uygulanabilirliği yüksek ve etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Albacete et al., 2009; Thies et al., 2016; Ulas et al., 2019). Sebzelede aşılama tekniğinin kullanılması, ürün rotasyonunun artık bir seçenek olmadığı ve mevcut arazinin yoğun kullanım altında olduğu Avrupa ve Asya ülkelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşılama, toprak kaynaklı patojenlerden kaynaklanan hasarı azaltmak ve bitki büyüme ve gelişmesini sınırlandıran biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransını artırmak için kullanılan alternatif bir yöntemdir (Uygur & Yetisir, 2009; Soteriou & Kyriacou, 2015; Ulas et al., 2020; Aydın & Yetişir, 2022, 2023a). Son çalışmalar açık alan ve örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde aşılı bitkilerin kullanımının; hıyar (Aydın & Yetişir, 2023a), domates (Schwarz et al., 2013), biber (Rubaye et al., 2020) ve kavun (Ulas et al., 2020) dahil olmak üzere birçok sebze türünde tuz toleransını iyileştirmek için geçerli bir strateji olduğunu göstermiştir. Tuz stresinden kaynaklanan verim kayıplarını azaltmak için, karpuz kalemleri tuz stresi toleransı yüksek olan anaçlara aşılanmaktadır. Günümüzde karpuz anaç olarak, *C. maxima* × *C. moschata* ve *Lagenaria siceraria* türleri başta olmak üzere, *C. moschata*, *Citrullus lanatus* var. *citroides*, *C. ficifolia* ve *C. maxima* türlerine

ait olan anaçlar kullanılmaktadır (King et al., 2010). Karpuzda aşılama ilk olarak, Kore ve Japonya'da 1920 yılında, karpuzda (*C. lanatus*) *Fusarium* solgunluğu hastalığına karşı direncini artırmak amacıyla su kabağı (*L. siceraria*) anacı üzerine aşılama başlanmıştır ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Nisini et al., 2002). Karpuz bitkisinde anaç olarak tuza tolerans *Lagenaria* spp. ve *Cucurbita* spp. kabak anaçlarının kullanılması, karpuzun tuzluluğa toleransını arttırabilir (Uygur & Yetişir, 2009). Karpuz anaç olarak *Lagenaria siceraria* kullanıldığında tuza toleransının ve meyve kalitesinin, *C. moschata* anacı üzerine aşıllı veya aşızsız bitkilere göre daha iyi olduğunu bilinmektedir (Yan et al., 2018). Bu çalışmanın amacı farklı melez kombinasyonları ile elde edilen su kabağı melezlerinin, su kültürü koşullarında tuz stresine karşı tolerans düzeylerinin morfolojik ve fizyolojik olarak belirlenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmanın bitkisel materyali

Melez bireylerin elde edilmesinde kullanılan S7 kademesindeki ana hatların (4 adet) tuz stresine tolerant olduğu daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir (Yetişir et al., 2016). S3 kademesindeki 6 adet baba hat ise ticari su kabağının açılmasıyla elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan melez genotipler ana ve baba ebeveyn hatların farklı kombinasyonlarda melezlenmesiyle elde edilmiştir (Çizelge 1). Su kültürü çalışmasında kullanılmak üzere her genotipten 20'şer adet tohum ekilmiş ve fideler serada kontrollü koşullarda büyütülmüştür.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bitkisel materyal listesi

Table 1. The list of plant materials used in the study

Melez Kombinasyonları (<i>Lagenaria siceraria</i> × <i>Lagenaria siceraria</i>)			Ana Hat Kodu (<i>Lagenaria siceraria</i>)	Baba Hat Kodu (<i>Lagenaria siceraria</i>)
Ana Hat Kodu	Baba Hat Kodu	Melez Kodu		
1	A13	1×A13	1	A1
6	A11	6×A11	6	A10
8	A16	8×A16	8	A11
8	A13	8×A13	9	A12
6	A12	6×A12		A13
9	A1	9×A1		A16
9	A11	9×A11		
6	A10	6×A10		
9	A16	9×A16	Kontrol	Ticari Anaç (<i>Lagenaria siceraria</i>)

Su kültürü sisteminin kurulması ve tuz testlemesi

Fide dönemi tuz testlemeleri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nde tam otomasyonlu venlo tip cam AR-GE serasında yürütülmüştür. Denemede 9 adet melez genotip, bunların ana ve baba hatları olan genotipler ve kontrol amaçlı kullanılacak olan ticari anaçın 2-3 gerçek yapraklı aşamadaki fideleri su kültürü ortamına (üst yüzeyleri delikli kompozit levha ile kapatılmış 130 L'lik ve zaman ayarlı havalandırma yapılan saksılara) tesadüf parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 3'er bitki olacak şekilde dikilmiştir (Her bir konu için 9=kontrol, 9=tuz uygulaması). Su kültürü çözeltisinin bileşimi; 1500 µM Ca (NO₃)₂, 750 µM K₂SO₄, 650 µM MgSO₄, 500 µM KH₂PO₄, 10 µM H₃BO₃, 0,5 µM MnSO₄, 0,5 µM ZnSO₄, 0,4 µM CuSO₄, 0,4 µM MoNa₂O₄ ve 80 µM Fe EDDHA içerecek şekilde hazırlanmış ve pH 6.5'a ayarlanmıştır. Dikimden 2 gün sonra tuz uygulamasına kademeli olarak başlanmış ve 6. günde 10.00 dS/m'e ulaşılmıştır. Tuz uygulaması çözelti içerisine NaCl eklemesi şeklinde yapılmıştır. Tuzlu koşulların yanı sıra, aynı genotipler tuzsuz (1.8 dS/m) koşullarda da yetiştirilmiştir. Tam NaCl dozu olan 10 dS/m'e ulaşıldıktan sonra bitkiler 21 gün su kültüründe yetiştirilmiştir ve deneme sonlandırılmıştır.

Tuz testlemesinde bitkilerde ölçülen parametreler

Bitkisel gelişimin görsel değerlendirilmesi için 0-5 skalası kullanılmıştır. Tuz stresi uygulaması yapılmayan bitkiler (Kontrol), 0 kabul edilmiş ve bitkilerin tuzdan etkilenme derecesine göre; 1: Yapraklarda

kıvrılma ve lokal sararma, 2: Yapraklarda 1/4 nekrotik leke ve sararma, 3: Yapraklarda dökülme başlaması ve 2/4 nekrotik leke, 4: Ölümlerin başlaması ve yapraklarda 3/4 oranında nekrotik leke, 5: Bitkilerin tamamen ölmesi ve/veya yapraklarda %4/5 oranında şiddetli nekrotik leke görülmesi şeklinde değerlendirilmiştir. SPAD indeksi, (SPAD-502, Minolta corporation, Ltd., Osaka, Japan). cihazı ile belirlenmiştir. Bitki ana gövde çapı, kotiledon yaprakların altından dijital kumpas yardımı ile mm olarak ölçülmüştür. Bitki ana gövde uzunluğu, metre yardımı ile cm olarak ölçülmüştür. Yaprak sayısı (adet/bitki), deneme sonunda bitkiye ait tüm yapraklar sayılmıştır. İyon sızıntısı Premchandra et al. (1990) ile Sairam & Saxena (2000)'in yöntemlerine göre belirlenmiştir. Yaprak-gövde ve kök taze ağırlığı, deneme sonunda bitkiler kök ve diğer organlarına ayrıldıktan sonra tartılarak belirlenmiştir (g). Yaprak-gövde ve kök kuru ağırlığı ise, taze ağırlığı belirlenen örneklerin 65°C'de 48 saat etüvde kurutulması ile tespit edilmiştir (g). Kök uzunluğu (cm), çapı (mm) ve hacmini (cm³) belirlemek için, her çalışma konusundan 5 g kök taze alt örneği alınmış ve alt örneklerin kök uzunluğu, hacmi ve çapı kök görüntüleme programı kullanılmıştır (WinRhizoRegular LA2400, Regent Instruments). Beş gram kök için belirlenen değerler, toplam taze ağırlıkları ile orantılanarak bitkilerin kök uzunluğu ve kök hacimleri hesaplanmıştır. Su kültürü çalışmasından elde edilen veriler, %5 önem düzeyinde (IBM, Chicago, IL, ABD) SPSS 18.0 istatistik programı kullanılarak veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. XLSTAT Software (XLSTAT, ABD) istatistik programı kullanılarak temel bileşen analizi (TBA) yapılmıştır. Kümeleme analizi PAST istatistik programı (versiyon 4.03, ABD) kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Çalışmamızda tuz stresine tolerant ve duyarlı bitkilerin belirlenmesinde önemli bir kriter olan 0-5 skala değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tuz stresinden 0-5 skala değerlendirmesine göre en az etkilenenler 2 skala değeriyle; 1xA13, 8xA16, 8xA13, 6xA12, 9xA1, 9xA11 ve 6xA10 nolu melez kombinasyonları ve A1 ve A12 nolu baba hatları olmuştur. Skala değeri 3 olanlar ise; ana hatların hepsi, baba hatlardan A10, A11, A13 ve A14 nolu olanlar ve 6xA11, 9xA16 nolu melez kombinasyonları olmuştur. Görsel skala derecelendirmesi her ne kadar gözlemsel bir değerlendirme yöntemi olsa da birçok araştırmacı tarafından genotiplerin tuz stresine dayanımlarını sınıflandırmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Emirzeoğlu & Başak, 2020). Görsel skala değerlendirmesinde 6xA11 ve 9xA16 melez kombinasyonları hariç diğer tüm melezlerin, ana ve baba hatlar ile ticari su kabağı çeşidinden tuz stresinden daha az etkilenerek daha düşük skala değeri (2) almış olması, bu melez kombinasyonlarında değişen düzeylerde de olsa ana ve baba hatlardan tuza daha yüksek tolerans gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerde 0-5 görsel skala değerleri

Table 2. Visual scale values of 0-5 in plants grown in saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Skala Değeri	Genotipler	Skala Değeri
1xA13	2	6	3
6xA11	3	8	3
8xA16	2	9	3
8xA13	2	A1	2
6xA12	2	A10	3
9xA1	2	A11	3
9xA11	2	A12	2
6xA10	2	A13	3
9xA16	3	A16	3
1	3	Ticari Anaç (<i>Lagenaria siceraria</i>)	3

0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri) 1: Büyümede yavaşlama (kontrol bitkilerine göre) 2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı 3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk 4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı. 5: Bitkilerde solma ve alt yapraklarda kuruma.

Kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen melez kombinasyonları, ana ve baba hatlar ile kontrol olarak kullanılan ticari anacın gövde taze ve kuru ağırlıkları ile kontrole göre % değişimleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin gövde (gövde+yaprak) taze ve kuru ağırlıkları
Table 3. Stem (stem+leaf) fresh and dry weights of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Gövde Taze Ağırlık (g/bitki)			Gövde Kuru Ağırlık (g/bitki)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	86.33e-g	24.52cd	72	8.71ef	2.59cd	70
	6xA11	117.92c-f	16.13ef	86	11.94c-e	1.73e-g	86
	8xA16	152.53bc	28.07bc	82	15.46bc	2.91bc	81
	8xA13	166.16ab	31.37ab	81	17.05ab	3.27ab	81
	6xA12	208.11a	33.56ab	84	20.89a	3.49ab	83
	9xA1	142.39b-d	30.53a-c	79	14.38b-d	3.16a-c	78
	9xA11	154.33bc	35.55a	77	15.64bc	3.69a	76
	6xA10	128.22b-e	34.77a	73	13.26b-d	3.58ab	73
	9xA16	150.23bc	10.92fg	93	15.17bc	1.23f-h	92
	Ortalama	145.14	27.27	80	14.72	2.85	80
Ana Hatlar	1	102.43d-g	11.78fg	89	10.36d-f	1.32f-h	87
	6	85.85e-g	9.14g	89	8.92ef	1.02h	89
	8	83.74fg	9.47g	89	8.48ef	1.08gh	87
	9	138.25b-d	8.52g	94	13.95b-d	0.99h	93
	Ortalama	102.57	9.73	90	10.43	1.10	89
Baba Hatlar	A1	79.37f-h	16.71ef	79	8.15e-g	1.80ef	78
	A10	30.21i	11.76fg	61	3.45h	1.31f-h	62
	A11	38.90hi	10.64fg	73	3.97gh	1.17f-h	70
	A12	67.98g-i	20.48de	70	6.94f-h	2.18de	69
	A13	39.92hi	7.96g	80	4.20gh	0.96h	77
	A16	31.21i	6.95g	78	3.49h	0.80h	77
	Ortalama	47.93	12.42	73	5.03	1.37	72
Kontrol	Ticari Anaç	104.65d-g	11.56fg	89	10.77d-f	1.29f-h	88
Genotip			***			***	
Tuz			***			***	

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Tuzlu koşullarda yetiştirilen melez kombinasyonlarının gövde taze ağırlık ortalaması 27.27 g, ana hatların 9.73 g, baba hatların 12.42 g olarak tespit edilirken, kontrol olarak kullanılan ticari anacın gövde taze ağırlığı ise 11.56 g olarak belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda en yüksek gövde taze ağırlığına sahip olan melez kombinasyonları sırasıyla 9xA11 (35.55 g) ve 6xA10 (34.77 g) nolu kombinasyonlar olurken, en düşük gövde taze ağırlığı baba hat olan A16 (6.95 g) ve A13 (7.96 g) nolu bitkilerde ölçülmüştür. Gövde kuru ağırlıkları, gövde taze ağırlık verileri ile paralellik gösterirken, benzer şekilde tuzlu koşullarda da en yüksek gövde kuru ağırlığı ortalaması 2.85 g ile melez kombinasyonlarında belirlenirken, ana hatlar 1.10 g, baba hatlar 1.37 g ve kontrol olarak kullanılan ticari anacın gövde kuru ağırlığı ise 1.29 g olarak belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda en yüksek gövde kuru ağırlığına sahip olan melez kombinasyonları, gövde yaş ağırlığında olduğu gibi, sırasıyla 9xA11 (3.69 g) ve 6xA10 (3.58 g) nolu melez kombinasyonları olarak tespit edilmiştir. Tuz stresi uygulaması ile kontrol koşullarına göre gövde kuru ağırlığı en fazla azalan bitkiler ana hatlar (%89) ve ticari anaç (%88) olmuştur. Baba hatlarda (%72) ve melez kombinasyonlarında (%80) daha düşük oranda azalma saptanmıştır. Kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen 160 adet su kabağının tümü, tuz uygulamasından olumsuz etkilenmiş ve bitki büyüme parametreleri farklı düzeylerde azalmıştır. Sürgün taze ağırlığındaki azalmalar kontrole kıyasla %6 ile %93 arasında değişmiştir (Yetişir et al., 2016). Aydın & Yetişir (2023a) hıyar bitkisinde anaç kullanımının tuz stresi etkisini azalttığı ve tüm aşu kombinasyonlarında, aşılı bitkilerin kontrol bitkilerinden daha yüksek kök taze ağırlığa sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bulgularımızla uyumlu olarak Munns & Tester (2008) tuzlu koşullarda yeşil aksamdaki gelişme engellenmesinin köklere oranla daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilerde en yüksek kök taze ve kuru ağırlığı ortalamaları, gövde taze ve kuru ağırlıkların da olduğu gibi melez kombinasyonlarında elde edilmiştir (Çizelge 4). Tuzlu

koşullarda en yüksek kök taze ağırlığı melez kombinasyonları arasında yer alan 6xA10 (24.85 g), 6xA12 (22.49 g) ve 9xA1 (22.19 g) nolu bitkilerinde ölçülürken, en düşük kök taze ağırlıkları ise sırasıyla baba hatlar arasında bulunan A13 (4.21 g), A16 (4.61 g) ve ana hatlar arasında bulunan 6 (4.84 g) ve 9 (4.88 g) nolu bitkilerde ölçülmüştür (Şekil 1). Tuz stresi uygulanmış bitkilerde, 9xA16 melezi hariç, tüm melez kombinasyonlarının kök taze ve kuru ağırlıkları ticari anaçtan önemli düzeyde yüksek belirlenmiştir.



Şekil 1. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen 6xA12 ve 9xA1 melez kombinasyonları ve ana, baba hatları.

Figure 1. 6xA12 and 9xA1 hybrid combinations and parents grown under salt stress conditions.

Çizelge 4. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin kök taze ve kuru ağırlıkları

Table 4. Root fresh and dry weights of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Kök Taze Ağırlık (g/bitki)			Kök Kuru Ağırlık (g/bitki)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	23.29e-h	17.83b	23	2.41d-h	1.89bc	21
	6xA11	34.41c-e	9.59cd	72	3.58cd	1.09de	70
	8xA16	45.36b-d	17.09b	62	4.75bc	1.84c	61
	8xA13	65.03a	16.99b	74	6.94a	1.80c	74
	6xA12	49.93b	22.49a	55	5.07b	2.39a	53
	9xA1	28.87e-g	22.19a	23	3.03d-f	2.32ab	23
	9xA11	64.96a	17.42b	73	6.71a	1.88c	72
	6xA10	46.01bc	24.85a	46	5.03b	2.59a	49
	9xA16	48.54b	5.59de	88	5.00b	0.70e-g	86
	Ortalama	45.16	17.12	57	4.72	1.83	56
Ana Hatlar	1	20.42f-i	9.18cd	55	2.16e-h	1.06d-f	51
	6	24.94e-h	4.84e	81	2.83d-g	0.59g	79
	8	16.95g-i	6.67de	61	1.81f-h	0.80e-g	56
	9	45.13b-d	4.88e	89	4.63bc	0.62fg	87
	Ortalama	26.86	6.39	71	2.86	0.77	68
Baba Hatlar	A1	23.80e-h	12.02c	50	2.59d-h	1.34d	48
	A10	16.91g-i	9.18cd	46	2.12e-h	1.05d-f	50
	A11	14.23hi	6.24de	56	1.50gh	0.73e-g	51
	A12	32.72d-f	5.97de	82	3.42c-e	0.73e-g	79
	A13	14.18hi	4.21e	70	1.63gh	0.59g	64
	A16	9.69i	4.62e	52	1.34h	0.56g	58
	Ortalama	18.59	7.04	59	2.10	0.83	58
Kontrol	Ticari Anaç	13.61hi	7.32de	46	1.66gh	0.87e-g	48
Genotip			***			***	
	Tuz		***			***	

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin taze ve kuru ağırlıkları arasında paralellik tespit edilirken, tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde kontrol koşullarına göre kök kuru ağırlıklarında en fazla azalış ana hatlarda (%68) belirlenirken, en düşük azalış ise kontrol bitkisinde (%48) ve sonrasında melez kombinasyonlarında (%56) belirlenmiştir. Tuz stresi altında kök taze ağırlığında olduğu gibi kök kuru ağırlığında da en yüksek değerler 6xA10 (2.59 g), 6xA12 (2.39 g) ve 9xA1 (2.32 g) nolu melez kombinasyonlarında ölçülmüştür. Gövde ve kök yaş-kuru ağırlıklarının tuz stresinden etkilenme düzeyleri karşılaştırıldığında, kontrol bitkilerine kıyasla, gövde yaş ve kuru ağırlıklarında daha yüksek oranlarda azalma tespit edilmiştir. Tuzlu stresi koşullarında, farklı anaçlar üzerine aşılardan karpuzların, biomaslarında aşısızlara göre daha az azalmanın olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Colla et al., 2006; Uygur & Yetisir, 2009). Alzahrani et al. (2018) tuzluluk gibi abiotik stres faktörlerinin kök anatomisi üzerinde belirgin etkiler yaratabildiğini, kök gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Tuzlu koşullarda yetiştirilen tüm bitkilerin gövde çapında değişen oranlarda azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 5). En yüksek oranda azalma baba hatlarda (%34) belirlenirken, en düşük oranda azalma ise kontrol bitkisinde (%6) tespit edilmiştir. Tuz stresi altındaki tüm melez kombinasyonlarının gövde çapları, ticari anaçtan önemli düzeyde daha yüksek belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde en yüksek gövde uzunluğu ortalaması melez kombinasyonlarında 40.74 cm, olarak ölçülürken, en düşük gövde uzunluğu ortalaması ise baba hatlarda 11.89 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 5. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak sayısı

Table 5. Stem diameter, stem length, number of leaves of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Gövde Çapı (mm/bitki)			Gövde Uzunluğu (cm/bitki)			Yaprak sayısı (adet/bitki)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	6.95a-c	4.72ab	32	89.33hi	32.33fg	64	8.00c-e	4.67d-g	42
	6xA11	6.35bc	5.19ab	18	119.00fg	23.00gh	81	7.67d-f	5.00c-g	35
	8xA16	8.43ab	5.41ab	36	130.67c-g	30.67fg	77	7.33d-f	5.67b-f	23
	8xA13	7.04a-c	5.55ab	21	157.00a-c	47.33cd	70	9.33a-d	6.67a-d	29
	6xA12	7.82ab	5.46ab	30	149.67a-e	65.67a	56	11.67a	7.67ab	34
	9xA1	6.37bc	5.47ab	14	124.00e-g	44.00c-e	65	7.67d-f	6.00a-e	22
	9xA11	5.94b-d	5.42ab	9	166.00ab	57.67ab	65	9.67a-d	8.00a	17
	6xA10	6.14b-d	5.76a	6	129.00d-g	50.33bc	61	8.33b-e	7.00a-c	16
	9xA16	6.98a-c	4.87a	30	154.00a-d	15.67hi	90	9.67a-d	3.33g	66
	Ortalama	6.89	5.32	21	135.41	40.74	69	8.81	6.00	31
Ana Hatlar	1	5.39cd	4.51ab	16	145.00b-f	32.00fg	78	11.33ab	4.00e-g	65
	6	4.50cd	4.20ab	7	114.50gh	31.00fg	73	8.33b-e	3.67fg	56
	8	4.45cd	3.99b	10	117.00g	35.33ef	70	7.67d-f	4.33e-g	43
	9	6.23b-d	4.67ab	25	172.33a	37.33d-f	78	11.00a-c	4.00e-g	64
	Ortalama	5.14	4.34	14	137.21	33.92	74	9.58	4.00	56
Baba Hatlar	A1	6.82a-c	5.40ab	21	70.33i	14.67hi	79	6.67d-f	4.67d-g	30
	A10	8.13ab	5.01ab	38	12.33j	11.67i	5	4.67fg	4.00e-g	14
	A11	8.17ab	4.41ab	46	15.00j	13.67hi	9	5.33e-g	3.00g	44
	A12	9.48a	5.15ab	46	33.33j	10.67i	68	5.33e-g	3.67fg	31
	A13	6.90a-c	4.60ab	33	12.67j	10.33i	18	3.33g	3.00g	10
	A16	6.00b-d	4.57ab	24	12.00j	10.33i	14	3.33g	3.00g	10
	Ortalama	7.58	4.86	34	25.94	11.89	32.29	4.78	3.56	23
Kontrol	Ticari Anaç	3.50d	3.30b	6	114.50gh	39.00d-f	66	8.33b-e	4.00e-g	52
Genotip		***			***		***			
Tuz		***			***		***			

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Tuz stresi altındaki bitkilerde en uzun gövde boyu 6xA12 (65.67 cm) nolu melez kombinasyonunda belirlenirken, en kısa gövde boyu baba hatlar arasında bulunan A13 ve A16 nolu hatlarda saptanmıştır. Tuz stresi uygulanan bitkilerin yaprak sayısında kontrol koşullarında yetiştirilen bitkilere kıyasla azalma tespit edilse de yaprak sayısında en yüksek azalma oranı %56 ile ana hatlarda ve %52 ile ticari anaçta tespit edilmiştir. Yaprak sayısında en düşük oranda azalma ise %23 ile baba hatlarda ve %31 ile melez kombinasyonlarında belirlenmiştir (Çizelge 4). Gövde ve kök taze-kuru ağırlıklarında olduğu gibi, tuz stresi altında, 9XA16 melezi hariç, tüm melez kombinasyonlarının yaprak sayısı ticari anaçtan daha yüksek belirlenmiştir. Naseer et al. (2022) "Nuefield" ve "Crystal long" su kabağı çeşitlerinde tuz stresi altında en yüksek yaprak sayısı, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu, bitki taze ağırlığı ve bitki kuru ağırlığı elde etmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerin köklerinin su alma potansiyelinin önemli düzeyde azaldığını, kök gelişimi ve gövde uzamasında gerilemenin olduğunu, gövde çapları ve bitki boylarının ve yaprak alanının kontrole kıyasla azaldığını bildirilmiştir (Aydın & Yetişir, 2023a). Bulgularımızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tuz stresinin, bitki bünyesinde morfolojik ve fizyolojik olarak pek çok değişime neden olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Morton et al., 2019; Pailles et al., 2020).

Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerin kök görüntüleme ve analiz sistemi ile belirlenen kök uzunluklarında, kontrol koşullarında yetiştirilen bitkilerin kök uzunluklarına göre %17 ile %93 oranları arasında azalmalar meydana gelmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin kök uzunluğu, kök hacmi, kök çapı

Table 6. Root length, root volume, root diameter of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Kök uzunluğu (cm)			Kök hacmi (cm ³)			Kök çapı (mm)			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	4940.52fg	4095.67d-f	17	12170.00e-h	9600.00cd	21	0.48a	0.57a	-20
	6xA11	10161.11d-f	2728.67f-i	73	17562.27c-e	4993.19ef	72	0.48a	0.46e	4
	8xA16	21299.60c	3808.62e-g	82	23377.24b-d	9374.88cd	60	0.37b-d	0.56a	-54
	8xA13	43908.17a	5262.37b-d	88	40771.72a	12181.83b	70	0.36b-d	0.56a	-57
	6xA12	24269.35c	6291.20b	74	25179.68b	15428.14a	39	0.35cd	0.56a	-61
	9xA1	5981.12fg	4898.81c-e	18	12964.13e-g	8492.65d	34	0.34de	0.48c-e	-43
	9xA11	33031.69b	5106.78b-e	85	37743.70a	12887.46b	66	0.39bc	0.55ab	-43
	6xA10	22934.45c	13270.73a	42	24431.31bc	11033.40bc	55	0.38b-d	0.34g	9
	9xA16	23373.62c	1611.41i	93	21261.98b-d	2440.97g	89	0.34de	0.42f	-26
	Ortalama	20608.95	5230.47	63	23940.22	9603.61	56	0.39	0.50	-32
Ana Hatlar	1	10679.96d-f	2884.84f-i	73	10194.72f-i	6160.60e	40	0.36b-d	0.51cd	-42
	6	13149.20de	1799.24hi	86	13492.54e-g	2829.45fg	79	0.36b-d	0.47e	-29
	8	8788.04d-f	3159.11f-h	64	11036.62e-i	3973.33e-g	64	0.46a	0.41f	11
	9	20949.30c	2046.61hi	90	16561.49d-f	2791.64fg	83	0.31e	0.41f	-32
	Ortalama	13391.63	2472.45	78	12821.34	3938.76	66	0.37	0.45	-23
Baba Hatlar	A1	10253.83d-f	5912.20bc	42	7274.67g-j	5731.95e	21	0.30e	0.36g	-20
	A10	7408.27e-g	3917.61d-g	47	5264.33h-j	3939.65e-g	25	0.30e	0.36g	-19
	A11	4343.00fg	2657.16ghi	39	4221.33ij	2786.61fg	34	0.36b-d	0.36g	0
	A12	14039.06d	2401.13hi	83	5887.00h-j	2495.46g	58	0.30e	0.36g	-20
	A13	5981.12fg	1556.89i	74	5270.23h-j	2500.16g	53	0.34de	0.47de	-40
	A16	4572.43fg	1758.25i	62	3228.89j	2402.59g	26	0.30e	0.42f	-39
	Ortalama	7766.29	3033.87	57	5191.08	3309.40	36	0.32	0.39	-22
Kontrol	Ticari Anaç	5915.27fg	2225.00hi	62	7370.28g-j	4399.76e-g	40	0.40b	0.51bc	-29
Genotip		***			***		***		***	
Tuz		***		***		***		***		

*%5; ** 0.01. ***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değişim. %D: yüzde değişim.

En yüksek oranda azalma incelenen diğer parametrelerde de melez kombinasyonları içerisinde en kötü performansı gösteren 9xA16 (%93) melezinde elde edilirken, en düşük oranda azalma ise 1xA13 (%17) kodlu melez kombinasyonunda belirlenmiştir. Tuzlu koşullarda en fazla kök uzunluğu 6xA10 (13270.73 cm) melezinde ölçülürken, en düşük kök uzunluğu ise baba hatlardan A13 (1556.89 cm) kodlu bitkide ölçülmüştür. Tuz stresi kök uzunluğunda olduğu gibi tüm genotiplerin kök hacmini de önemli düzeyde azaltmıştır. Kök hacminde en yüksek oranda azalma ana hatlar arasında yer alan 9 (%83) kodlu bitkide tespit edilirken, en düşük azalma oranı ise %21 ile 1xA13 melez ve A1 nolu baba hatta tespit edilmiştir. Tuz stresi altında bir genotipin kök çapı değişmezken, on altı genotipin kök çapı artmış ve üç genotipin ise azalmıştır. Tuz stresi koşullarında en yüksek kök çapı 0.56 mm ile 8xA16, 8xA13 ve 6xA12 nolu melez kombinasyonlarında ölçülürken, en düşük ise 0.34 mm ile 6xA10 nolu melez kombinasyonunda ölçülmüştür. Aydın & Yetişir (2023a) genel olarak aşılı hıyar bitkilerinin hem kontrol hem de tuz stresi altında daha uzun köklere sahip olduğunu ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin kök anatomisi üzerinde belirgin etkiler yaratabildiğini, kök gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir.

Tuz stresi bitkilerin yaprak iyon sızıntısını %12 ile %73 oranları arasında artırırken, kök iyon sızıntısını ise %43 ile %91 oranları arasında artırmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Kontrol (1.8 dS/m) ve tuzlu (10 dS/m) koşullarında yetiştirilen bitkilerin yaprak, kök iyon sızıntısı, SPAD indeksi

Table 7. Leaf, root ion leaching, SPAD index of plants grown in control (1.8 dS/m) and saline (10 dS/m) conditions

Genotipler	Yaprak iyon sızıntısı (%)			Kök iyon sızıntısı (%)			SPAD İndeksi			
	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	Kontrol	Tuz	%D	
Melez Kombinasyonları	1xA13	56.31bc	74.57c-f	-32	51.60b-e	73.94e	-43	39.87c-g	53.20cd	-33
	6xA11	54.64bc	72.81c-g	-33	52.89a-e	80.15c-e	-52	36.60g	50.03c-f	-37
	8xA16	54.69bc	69.36e-g	-27	57.64ab	89.59a-d	-55	39.47c-g	55.87a-d	-42
	8xA13	54.56bc	70.23e-g	-29	53.66a-d	88.34a-d	-65	41.97a-f	54.67cd	-30
	6xA12	59.20ab	70.93d-g	-20	52.52b-e	88.12a-d	-68	42.97a-f	53.97cd	-26
	9xA1	55.75bc	62.66g	-12	51.11b-e	91.52a-d	-79	43.10a-f	55.43a-d	-29
	9xA11	54.39bc	66.11fg	-22	52.15b-e	88.16a-d	-69	38.40e-g	55.13b-d	-44
	6xA10	57.08a-c	68.64e-g	-20	47.21de	90.18a-d	-91	41.80a-f	50.30c-e	-20
	9xA16	56.11bc	69.03e-g	-23	56.47a-c	90.26a-d	-60	44.03a-c	48.77d-g	-11
	Ortalama	55.86	69.37	-24	52.81	86.70	-64	40.91	53.04	-30
Ana Hatlar	1	54.02bc	89.47a	-66	54.67a-c	89.50a-d	-64	42.47a-f	41.23fg	3
	6	52.89bc	91.34a	-73	56.63a-c	92.31a-c	-63	38.33fg	40.63g	-6
	8	55.95bc	82.61a-d	-48	59.69a	94.33ab	-58	39.03d-g	44.07e-g	-13
	9	64.73a	84.59a-c	-31	53.12a-e	96.47a	-82	43.37a-d	48.60d-g	-12
	Ortalama	56.90	87.00	-54	56.03	93.15	-66	40.80	43.63	-7
Baba Hatlar	A1	58.16a-c	80.20a-e	-38	51.28b-e	87.94a-d	-72	45.63a	63.77ab	-40
	A10	51.05c	82.40a-d	-61	46.31e	84.07b-e	-82	46.37a	58.33a-c	-26
	A11	54.18bc	75.37b-f	-39	50.90b-e	80.49c-e	-58	43.27a-e	52.20c-e	-21
	A12	51.85bc	87.09ab	-68	51.04b-e	79.20de	-55	44.83ab	52.30c-e	-17
	A13	56.53bc	76.24b-f	-35	52.63a-e	86.10a-e	-64	45.77a	64.20a	-40
	A16	55.20bc	86.89ab	-57	49.57c-e	83.87b-e	-69	46.13a	48.67d-g	-5
	Ortalama	54.49	81.37	-49	50.29	83.61	-66	45.33	56.58	-24
Kontrol	Ticari Anaç	55.48bc	80.18a-e	-45	53.75a-d	93.06ab	-73	40.10b-g	48.83d-g	-22
Genotip		***			***			***		
Tuz		***			***			***		

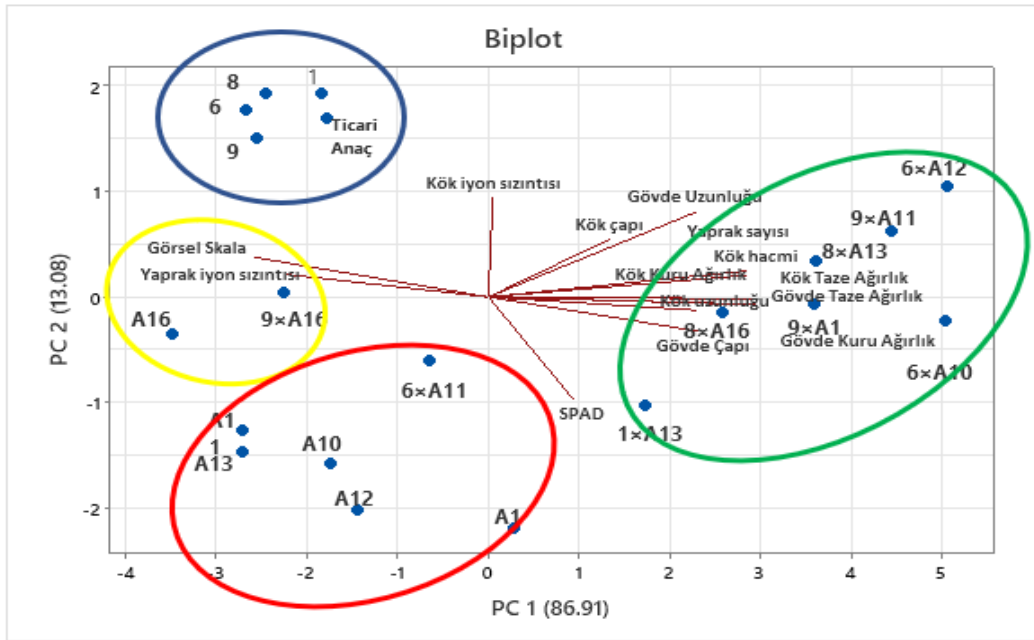
***0.001 seviyesinde önemli. Ö.D: Önemli Değil. %D: yüzde değişim.

Tuzlu koşullarda melez kombinasyonların yaprak iyon sızıntısı ortalaması %69.37, ana hatların %87.17, baba hataların %81.37 ve kontrol bitkisi olan ticari anacın ise %80.18 olmuştur. Melez bitkilerin

diğer bitkilerden daha düşük yaprak iyon sızıntısı düzeyine sahip olması, incelenen diğer parametrelerde elde edilen verilerle de desteklenerek tuz stresine daha fazla tolerans gösterdiklerini kanıtlanması bakımından önemli bulunmuştur. Tuzlu koşullarda en yüksek kök iyon sızıntısı ana hatlardan birisi olan 9 nolu hatta %96.47 olarak ölçülürken, en düşük ise %73.94 ile 1×A13 melez bitkisinde elde edilmiştir. Tuzlu koşullarda melez bitkilerin kök iyon sızıntısı ortalaması %86.70 iken, ticari hibrit su kabağı anacının ise %93.06 olmuştur. Tuz stresi altında ana hat olan 1 nolu bitki hariç diğer genotiplerin SPAD indeksi farklı oranlarda artış göstermiştir. Tuz uygulaması ile SPAD indeksinde en yüksek artış %44 ile 9×A11 melez bitkisinde elde edilmiştir. Tuzlu koşullarda melez kombinasyonların SPAD indeksi ortalaması 53.04, ana hatların 43.63, baba hataların 56.58 ve kontrol bitkilerinin ise 48.83 olmuştur. Bitkilerde hücre zarının bütünlüğünün ve stabilitesinin bir göstergesi olan yaprak ve kök iyon sızıntısı, bitkilerin strese tolerans düzeyini belirlemede önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Kocheva et al., 2004). Stres sonucu oluşan iyon sızıntısının miktarının belirlenmesi, dokularda oluşabilecek zararlanmalarının düzeyinin belirlenmesine imkân sağlamaktadır. Bu değişim süreci içerisinde tuz stresine en hassas olan bitki organları ise yapraklardır. Bulgularımızda belirlenen tuzlu koşullarda yaprak SPAD indeks değerlerinde ortaya çıkan artışın tuzun kök bölgesinin osmotik basıncını yükseltmesi sonucu oluşan su alımındaki azalmadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Aydın & Yetişir, 2023a).

Tuz stresi altındaki bitkilerin morfolojik ve fizyolojik parametrelerine dayalı temel bileşen analizi

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen su kabağı görsel skala, gövde taze ağırlık, gövde kuru ağırlık, kök taze ağırlık, kök kuru ağırlık, gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak sayısı, kök uzunluğu, kök hacmi, kök çapı, yaprak ve kök iyon sızıntısı ve SPAD indeksine dayalı olarak yapılan temel bileşen analizi (TBA) Şekil 2 'de verilmiştir.



Şekil 2. Su kabağı genotiplerinin tuzlu koşullarda morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin TBA'sı.

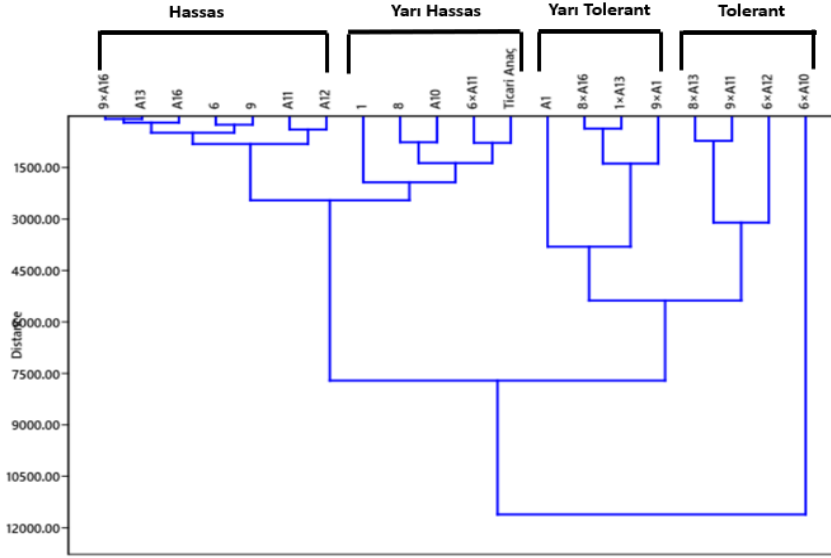
Figure 2. PCA of morphological and physiological characteristics of gourd genotypes in saline conditions.

TBA çizelgesine göre, toplam varyasyonun % 99.99'unu iki temel bileşen (PC1'e göre %86.91 ve PC2'ye göre %13.08) açıklamıştır. TBA çizelgesi incelendiğinde, ölçülen özelliklere göre melez kombinasyonlarının içinde bulunduğu yeşil daire, grafiğin sağ tarafında bulunan parametreler bakımından en iyi sonuç veren bitkilerdir. Sarı daire içinde bulunan A16 ve 9×A16 nolu bitkiler görsel skalası ve yaprak

iyon sızıntısı en yüksek olan bitkilerdir. En yüksek kök iyon sızıntısı ticari anaç ve ana hatların içinde bulunduğu mavi daire içerisinde yer alan bitkilerde belirlenmiştir. Kırmızı daire içinde yer alan genotipler ise, grafiğin ikinci ve dördüncü bölgesinde yer alan parametreler bakımından en kötü sonuç veren bitkilerden oluşmaktadır. Tuza dayanıklı hatları belirlemek için *Brassica napus* L. (Shuvo, 2021), *Zea mays* L. (Andrade et al., 2020), *Glycine max* (Azam et al., 2020), *Triticum aestivum* (Uzair et al., 2022) ve *Oryza sativa* (Das et al., 2019) gibi farklı tarımsal ürünlerde, temel bileşen analizi (TBA) kullanılmışlardır.

Tuz stresi altındaki bitkilerin morfolojik ve fizyolojik parametrelere göre kümeleme analizi

Tuz stresi uygulanan bitkilerde görsel skala, gövde taze ağırlık, gövde kuru ağırlık, kök taze ağırlık, kök kuru ağırlık, gövde çapı, gövde uzunluğu, yaprak sayısı, kök uzunluğu, kök hacmi, kök çapı, yaprak ve kök iyon sızıntısı ve SPAD indeksi parametrelerine göre hiyerarşik kümeleme analizi yapılmıştır (Şekil 3). 20 genotip tuz stresinden etkilenme derecesine göre hassas, yarı hassas, yarı tolerant ve tolerant olmak üzere dört ana gruba ayrılmışlardır. Noorka & Khaliq (2007) çeşitli özelliklere dayalı olarak farklı buğday genotiplerini gruplandırmak için kümeleme analizini kullanmış ve bir grup içindeki buğday genotiplerinin benzer özelliklere sahip olduğunu bildirmiştir. 6xA10, 6xA12, 9xA11 ve 8xA13 nolu melez kombinasyonları tolerant grubunda yer alırken, 9xA1, 1xA13, 8xA16 ve A1 nolu genotipler yarı tolerant grubunda yer almıştır. Hassas grubunda yer alan genotipler ise 9xA16, A13, A16, 6, 9, A11 ve 12 nolu bitkilerdir. Ticari anaç ise 1, 8, A10 ve 6xA11 nolu genotipler ile yarı hassas grubunda yer almıştır. Literatürler, bitki germplazmını stres toleransı açısından küme analizinin kullanımına vurgu yapmaktadır (Vahdati et al., 2009; Farshadfar & Elyasi, 2012; Noorifarjam et al., 2013; Aydın & Yetişir, 2023b). Seçilen bitkiler, ileride yapılacak tuza tolerans çeşit ve anaçların ıslah çalışmalarında kullanılabilirlerdir.



Şekil 3. Tuz stresi koşullarındaki performanslarına göre bitkilerin gruplandırılması. Dört ana grup (hassas, orta yarı hassas, yarı tolerant ve tolerant) oluşturuldu.

Figure 3. Grouping of plants according to their performance under salt stress conditions. Four main groups (sensitive, moderate, semi-sensitive, semi-tolerant and tolerant) were formed.

SONUÇ

Bu çalışma, tuz toleransı açısından su kabağı genotiplerinin taramasında incelenen morfolojik ve fizyolojik parametrelerin başarılı bir şekilde kullanılabilirliğini açıkça göstermiştir. Farklı büyüme ve gelişme parametreleri kullanılarak oluşturulan temel bileşen ve kümeleme analizi sonuçları taranan su kabağı melezleri içerisinde tuza toleranslı olanları belirlemede yeterli olmuştur. Tuza tolerant olan

kümenin üyeleri; 8xA13, 9xA11, 6xA12 ve 6xA10 nolu melez kombinasyonları olurken, orta düzeyde tuz toleransına sahip olanlar ise 9xA1, 1xA13, 8xA16 ve A1 nolu bitkiler olmuştur. 6xA11 ve 9xA16 melezleri hariç diğer tüm melez kombinasyonları, ana ve baba hatlar ile ticari su kabağı çeşidinden tuz stresine daha fazla tolerans göstermiştir. Tuza toleranslı bitkiler, tuzdan etkilenmiş topraklarda karpuz anaç olarak doğrudan tavsiye edilebileceği gibi, yüksek verimli ve tuza toleranslı anaç geliştirmek amacıyla yürütülecek çalışmalarda da kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Albacete, A., C. Martinez-Andujar, M.E. Ghanem, M. Acosta, J. Sanchez-Bravo, M.J. Asins, J. Cuartero, S. Lutts, I.C. Dodd & F. Perez-Alfocea, 2009. Rootstock-mediated changes in xylem ionic and hormonal status are correlated with delayed leaf senescence, and increased leaf area and crop productivity in salinized tomato. *Plant, Cell & Environment*, 32 (7): 928-938. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.01973.x>
- Alzahrani, Y., A. Kuşvuran, H.F. Alharby, S. Kuşvuran & M. Rady, 2018. The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 154: 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.057>
- Andrade, G.C., C.M. Medeiros Coelho & V.G. Uarrota, 2020. Modelling the vigour of maize seeds submitted to artificial accelerated ageing based on ATR-FTIR data and chemometric tools (PCA, HCA and PLS-DA). *Heliyon*, 6 (2): e03477. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03477>
- Ashraf, M. & M.R. Foolad, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2): 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
- Aydın, A. & H. Yetişir, 2022. The Effect of Rootstock (*C. maxima* × *C. moschata*) Use on Leaf Hairiness in Melon. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (2): 214-223.
- Aydın, A. & H. Yetişir, 2023a. Rootstock effect of auto- and allotetraploid citron (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) on hydroponically grown cucumber under salt stress. *Gesunde Pflanzen*, 75: 1193-1206. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00782-4>
- Aydın, A. & H. Yetişir, 2023b. A comparative study of morphological characteristics in diploid and tetraploid (auto and allotetraploids) *Citrullus* genotypes. *Folia Horticulturae*, 35 (1): 33-48. <https://doi.org/10.2478/fhort-2023-0003>
- Azam, M., S. Zhang, A.M. Abdelghany, A.S. Shaibu, Y. Feng, Y. Li, Y. Tian, H. Hong, B. Li & J. Sun, 2020. Seed isoflavone profiling of 1168 soybean accessions from major growing ecoregions in China. *Food Research International*, 130: 108957. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108957>
- Colla, G., Y. Roupahel, C. Leonardi & Z. Bie, 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 127 (2): 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.004>
- Colla, G., Y. Roupahel, M. Cardarelli & E. Rea, 2006. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. *HortScience*, 41 (3): 622-627. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.3.622>
- Das, B., Manohara, G.R. Mahajan & R.N. Sahoo, 2019. Spectroscopy based novel spectral indices, PCA- and PLSR-coupled machine learning models for salinity stress phenotyping of rice. *Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 229: 117983-117983. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117983>
- Dasgan, H.Y., H. Aktas, K. Abak & I. Cakmak, 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science*, 163 (4): 695-703. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00091-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00091-2)
- Decker-Walters, D.S., M. Wilkins-Ellert, S. M. Chung & J. E. Staub, 2004. Discovery and genetic assessment of wild bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standley; *Cucurbitaceae*] from Zimbabwe. *Economic Botany*, 58 (4): 501-508. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0501:DAGAOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0501:DAGAOW]2.0.CO;2)
- Emirzeoğlu, C. & H. Başak, 2020. Orta anadolu biber genotiplerinin farklı tuz konsantrasyonlarına tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6 (2): 129-140. <https://doi.org/10.24180/ijaws.689347>
- FAO, 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Erişim Tarihi: 20:05:2023).
- Farshadfar, E. & P. Elyasi, 2012. Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. *European Journal of Experimental Biology*, 2 (3): 577-584

- Gong, B., X. Li, S. Bloszies, D. Wen, S. Sun, M. Wei, Y. Li, F. Yang, Q. Shi & X. Wang, 2014. Sodic alkaline stress mitigation by interaction of nitric oxide and polyamines involves antioxidants and physiological strategies in *Solanum lycopersicum*. *Free Radical Biology and Medicine*, 71: 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2014.02.018>
- Gürcan, K., A. Say, H. Yetişir & N. Denli, 2015. A study of genetic diversity in bottle gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl.] population, and implication for the historical origins on bottle gourds in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 62: 321-333. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0224-8>
- Huang, Y., J. Li, B. Hua, Z. Liu, M. Fan & Z. Bie, 2013. Grafting onto different rootstocks as a means to improve watermelon tolerance to low potassium stress. *Scientia Horticulturae*, 149: 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.02.009>
- King, S.R., A.R. Davis, X. Zhang & K. Crosby, 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae*, 127: 106-111. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.001>
- Kistler, L., Á. Montenegro, B.D. Smith, J. A. Gifford, R. E. Green, L. A. Newsom & B. Shapiro, 2014. Transoceanic drift and the domestication of African bottle gourds in the Americas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (8): 2937-2941. <https://doi.org/10.1073/pnas.1318678111>
- Kocheva, K., P. Lambrev, G. Georgiev, V. Goltsev & M. Karabaliev, 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. *Bioelectrochemistry*, 63 (1-2): 121-124. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2003.09.020>
- Liu, N., Z. Jin, S. Wang, B. Gong, D. Wen, X. Wang, M. Wei & Q. Shi, 2015. Sodic alkaline stress mitigation with exogenous melatonin involves reactive oxygen metabolism and ion homeostasis in tomato. *Scientia Horticulturae*, 181: 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.07.012>
- Loukou, A.L., D. Gnagri, Y. Djé, A.V. Kippré, M.J.P.B. Malice, J.P. Baudoin & I.A. Bi, 2007. Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *African Journal of Biotechnology*, 6 (5): 529-533.
- Morton, M.J.L., M. Awlia, N. Al-Tamimi, S. Saade, Y. Pailles, S. Negrão & M. Tester, 2019. Salt stress under the scalpel - dissecting the genetics of salt tolerance. *The Plant Journal*, 97 (1): 148-163. <https://doi.org/10.1111/tpj.14189>
- Munns, R. & M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Naseer, M.N., F.U. Rahman, Z. Hussain, I.A. Khan, M.M. Aslam, A. Aslam & S. Iqbal, 2022. Effect of salinity stress on germination, seedling growth, mineral uptake and chlorophyll contents of three cucurbitaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65: 1-10. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210213>
- Nawaz, M.A., X. Han, C. Chen, Z. Zheng, F. Shireen, Z. Bie & Y. Huang, 2018. Nitrogen use efficiency of watermelon grafted onto 10 wild watermelon rootstocks under low nitrogen conditions. *Agronomy*, 8 (11): 259. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110259>
- Nisini, P.T., G. Colla, E. Granati, O. Temperini, P. Crino & F. Saccardo, 2002. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 93 (3-4): 281-288. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00335-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00335-1)
- Noorifarjam, S., E. Farshadfar & M. Saeidi, 2013. Evaluation of drought tolerant genotypes in bread wheat using yield based screening techniques. *Pelagia Research Library European Journal of Experimental Biology*, 3 (1): 138-143.
- Noorka, I.R. & I. Khaliq, 2007. An efficient technique for screening wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm for drought tolerance. *Pakistan Journal of Botany*, 39 (5): 1539-1546.
- Ouni, Y., T. Ghnaya, F. Montemurro, C. Abdelly & A. Lakhdar, 2014. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. *International Journal of Plant Production*, 8 (3): 353-374. <https://doi.org/10.22069/IJPP.2014.1614>
- Pailles, Y., M. Awlia, M. Julkowska, L. Passone, K. Zemmouri, S. Negrão, S.M. Schmöckel & M. Tester, 2020. Diverse Traits Contribute to Salinity Tolerance of Wild Tomato Seedlings from the Galapagos Islands. *Plant Physiology*, 182 (1): 534-546. <https://doi.org/10.1104/pp.19.00700>
- Premachandra, G.S., H. Saneoka & S. Ogata, 1990. Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soya bean. *The Journal of Agricultural Science*, 115 (1): 63-66. <https://doi.org/10.1017/S0021859600073925>
- Rasel, M., M. Tahjib-Ul-Arif, M.A. Hossain, L. Hassan, S. Farzana & M. Brestic, 2021. Screening of salt-tolerant rice landraces by seedling stage phenotyping and dissecting biochemical determinants of tolerance mechanism. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40 (5): 1853-1868. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10235-9>

- Rivero, R.M., J.M. Ruiz & L. Romero, 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1: 70-74.
- Rouphael, Y., M. Cardarelli, E. Rea & G. Colla, 2008. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. *Environmental and Experimental Botany*, 63 (1-3): 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.10.015>
- Rubaye Al, O.M., H. Yetisir, F.Ulas & A. Ulas, 2020. Growth of pepper inbred lines as affected by rootstocks with vigorous root system under salt stress conditions. *Acta Horticulturae*, 1273: 479-485. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1273.60>
- Sairam, R.K. & D.C. Saxena, 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184 (1): 55-61. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>
- Schwarz, D., G.B. Öztekin, Y. Tüzel, B. Brückner & A. Krumbein, 2013. Rootstocks can enhance tomato growth and quality characteristics at low potassium supply. *Scientia Horticulturae*, 149: 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.013>
- Shuvo, I.I., 2021. A holistic decision-making approach for identifying influential parameters affecting sustainable production process of canola bast fibers and predicting end-use textile choice using principal component analysis (PCA). *Heliy*, 7 (2): e06235. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06235>
- Soteriou, G.A. & M.C. Kyriacou, 2015. Rootstock-Mediated effects on watermelon field performance and fruit quality characteristics. *21 (4): 344-362*. <https://doi.org/10.1080/19315260.2014.881454>
- Thies, J.A., J.J. Ariss, C.S. Kousik, R.L. Hassell & A. Levi, 2016. Resistance to southern Root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in Wild watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*). *Journal of Nematology*, 48 (1): 14-19. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2017-004>
- Ulas, A., A. Aydın, F. Ulas, H. Yetisir & T.F. Miano, 2020. Cucurbita rootstocks improve salt tolerance of melon scions by inducing physiological, biochemical and nutritional responses. *Horticulturae*, 6 (4): 1-13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040066>
- Ulas, F., H. Yetisir & A. Ulas, 2021. Root-growth characteristics contributing to nitrogen efficiency of reciprocally grafted potatoes (*Solanum tuberosum* L.) under hydroponic conditions. *Gesunde Pflanzen*, 73 (4): 417-425. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00560-8>
- Uygur, V. & H. Yetisir, 2009. Effects of rootstocks on some growth parameters, phosphorous and nitrogen uptake watermelon under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 32 (4): 629-643. <https://doi.org/10.1080/01904160802715448>
- Uzair, M., S.B. Patil, H. Zhang, A. Kumar, H. Mkumbwa, S.A. Zafar, Y. Chun, J. Fang, J. Zhao, M.R. Khan, S. Yuan & X. Li, 2022. Screening direct seeding-related traits by using an improved mesocotyl elongation assay and association between seedling and maturity traits in rice. *Agronomy*, 12 (4): 975. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040975>
- Vahdati, K., N. Lotfi, B. Kholdebarin, D. Hassani, R. Amiri, M.R. Mozaffari & C. Leslie, 2009. Screening for drought-tolerant genotypes of Persian walnuts (*Juglans regia* L.) during seed germination. *HortScience*, 44 (7): 1815-1819. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.7.1815>
- Yamaguchi, T. & E. Blumwald, 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science*, 10 (12): 615-620. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.10.002>
- Yan, Y., S. Wang, M. Wei, B. Gong & Q. Shi, 2018. Effect of different rootstocks on the salt stress tolerance in watermelon seedlings. *Horticultural Plant Journal*, 4 (6): 239-249. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2018.08.003>
- Yetişir, H., N. Denli, A. Ata, A. Ulaş, H. Pınar, H. Kırmak & Yamaç, M, 2016. "Determination of salt tolerance potential of Turkish bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) germplasm, 278-282". In *Cucurbitaceae 2016, XIth Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics & Breeding, Proceedings (July 24-28, 2016, Warsaw, Poland)*, 353 pp.
- Yetişir, H., N. Sari & S. Yücel, 2003. Rootstock resistance to *Fusarium* wilt and effect on watermelon fruit yield and quality. *Phytoparasitica*, 31: 163-169. <https://doi.org/10.1007/BF02980786>
- Yetişir, H., Ş. Kurt, N. Sari & F.M. Tok, 2007. Rootstock potential of Turkish *Lagenaria siceraria* germplasm for watermelon: plant growth, graft compatibility, and resistance to *Fusarium*. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*, 31: 381-388.
- Yuan, L., S. Zhu, S. Shu, J. Sun & S. Guo, 2015. Regulation of 2,4-epibrassinolide on mineral nutrient uptake and ion distribution in Ca (NO₃)₂ stressed cucumber plants. *Journal of Plant Physiology*, 188: 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.06.010>
- Zhu, J., Z. Bie & Y. Li, 2008. Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. *Soil Science & Plant Nutrition*, 54 (3): 400-407. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2008.00245.x>



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):679-688

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1360197>

Begüm ARKAIN¹

Türker SARAÇOĞLU^{2*}

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 17020,
Çanakkale, Türkiye

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü, 09970, Aydın, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

tsaracoğlu@adu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Deformasyon,
depolama süresi, fiziksel özellikler, Poisson
oranı, sıkıştırma testi

Keywords: Deformation, storage period,
physical properties, Poisson ratio,
compression test

Kiraz domatesi çeşitlerinde farklı depolama sürelerinin bazı mekanik özelliklere etkisi*

The effects of different storage periods on some
mechanical properties of cherry tomato varieties

*Yazarın lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 15.09.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 23.11.2023

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, iki çeşit kiraz domatesi meyvesinin kütle, hacim, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey ve projeksiyon alanı gibi fiziksel özellikleri ile statik yük etkisi altında farklı sıkıştırma pozisyonlarının ve farklı depolama sürelerinin mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemektir.

Materyal ve Yöntem: Örneklerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için kütle, hacim, geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı değerleri hesaplanmıştır. Projeksiyon alanı ImageJ görüntü işleme programı ile belirlenmiştir. Örneklerin kuvvet etkisi altındaki davranışlarının tespiti için örnekler sıkıştırma testine tabii tutulmuştur.

Araştırma Bulguları: Kiraz domatesi meyvesinde yapılan ölçümlerde, fiziksel özellikler Trend F1 çeşidinde daha yüksek olduğu bulunmuştur. İki farklı ekseninde yapılan ölçümlerde, her iki sıkıştırma pozisyonunda depolama süresindeki artışla beraber deformasyonda da artış görülmüştür. Ayrıca, meyve sap eksenindeki kuvvetin meyve sap eksenine dik uygulanan kuvvete göre daha fazla olduğu, deformasyonun da benzer bir eğilim gösterdiği gözlemlenmiştir.

Sonuç: Domates meyvesinin özellikle depolama sırasında meyve sap eksenine dik olarak konumlanmasının statik yük altında meyve sap eksenine dik pozisyonda taşımaya göre daha dayanımlı olacağı sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to investigate the physical properties such as mass, volume, geometric mean diameter, sphericity, surface and projection area of two varieties of cherry tomatoes and the effect of different compression positions under static load and different storage times on mechanical properties.

Materials and Methods: To determine the physical properties of the samples, mass, volume, geometric mean diameter, sphericity and surface area values were calculated. The projection area was determined by ImageJ image processing program. The specimens were subjected to compression test to determine the behavior of the specimens under force.

Results: In cherry tomato measurements, physical properties were found to be higher in Trend F1 variety. In the measurements made on two different axes, an increase in deformation was observed with the increase in storage time in both compression positions. It was also observed that the force on the fruit stem axis was higher than the force applied perpendicular to the fruit stem axis, and the deformation showed a similar trend.

Conclusion: It was concluded that positioning the tomato perpendicular to the fruit stem axis, especially during storage, would be more resistant under static load than transportation perpendicular to the fruit stem axis.

GİRİŞ

Domates, (*Solanum lycopersicum*) *Solanaceae* familyasında yer alan, dünyada ve ülkemizde ekonomik açıdan önemli 3 sebze türünden birisidir (Tunabaş, 2022). Dünyada 2021 yılı içerisinde toplam 5.167.388 ha alana domates ekimi yapılmış olup toplam 189.333.955 ton domates üretimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1) (FAO, 2021).

Çizelge 1. Dünyada 2021 yılı domates üretim verileri

Table 1. World tomato production data for 2021

Ülke adı	Üretim (ton)	Ekim alanı (ha)	Verim (ton/ha)
Çin	67.636.724	1.144.821	59.08
Hindistan	21.181.100	845.000	25.07
Türkiye	13.095.258	165.204	79.27
ABD	10.475.265	109.226	95.90
İtalya	6.644.790	102.060	65.11
Mısır	6.245.787	150.109	41.61
İspanya	4.754.380	56.110	84.73
Meksika	4.149.240	90.306	45.95
Brezilya	3.679.160	51.907	70.88
Nijerya	3.575.968	844.633	4.23
Dünya	189.333.955	5.167.388	36.64

Domates içeriğinde karbonhidrat, organik asit, amino asit, vitamin, pigment, çeşitli mineral ve fenolik bileşenleri barındırmaktadır (Yılmaz & Özer, 2022). Ayrıca, domatese olgunlaşma aşamasında kırmızı rengini veren likopen maddesi, güçlü bir antioksidan olmanın yanında antikarsinojenik, antiteratojenik ve kolesterol düşürücü etkilerinden dolayı bazı kanser türlerinin ve kronik hastalıkların önlenmesinde etkili olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Sabbağ & Sürücüoğlu 2011; Figueiredo-González et al., 2017). Domatesin taze olarak tüketiminin yanı sıra salça, konserve, domates kurusu, domates suyu, ketçap gibi çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır (PA Silva et al., 2019). Domatese uygulanan kurutma, yıkama, seçme-ayıklama, parçalama, ısıtma, pastörizasyon ve sterilizasyon gibi işlemler sonrasında gıda sanayisinde tüketilebilir hale getirilebilmektedir (Cumhur, 2019).

Domates, ülkemizde tarla ve örtü altı sebzeçiliğinde üretimi en fazla yapılan ürünlerden birisidir. Türkiye’de domates üretiminin bir kısmı Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgesinde yapılmakta olup Türkiye’nin her bir bölgesinde domatesin farklı çeşitlerine rastlamak mümkündür (TÜİK, 2022). Bu çeşitler, yerli ve hibrit (melez) olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Günümüzde yerli ve hibrit çeşitlerle birlikte kiraz, kokteyl, erik, salkım ve beef tipi domatesler örnek olarak verilebilir (Abak, 2016). Bu çeşitler arasında, kiraz domatesinin kendine özgü olan tadı, aroması, albenisi ve her mevsim tüketilebilir olması ile son yıllarda popülaritesi artan bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, kiraz domatesinin hem hassas bir ürün olması hem de hasattan belli bir süre sonra yumuşamaya ve bozulmaya başlaması, üründe belli başlı deformasyonların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu gibi olumsuzlukların önüne geçilebilmesi, hasat sonrasında taşıma, iletim, sınıflandırma, paketlenme ve depolama sırasında kullanılacak tarım alet ve makinelerinin tasarımında, imalatında ve ürünlerin işlenmesi aşamasında, biyolojik malzemelerin bazı teknik özelliklerinin (fiziksel ve mekanik) bilinmesi gerekmektedir (Yurtlu & Erdoğan, 2005a). Daha önceki yıllarda literatürde meyve ve sebzelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine ilişkin yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlar arasında domates (Yurtlu & Erdoğan 2005a; Saraçoğlu & Özarslan, 2015), şeftali (Eraltan, 2005), sofralık zeytin (Gümüšoğlu vd., 2006), çekirdeklik kabak (Durgut, 2008), portakal (Çalışkan & Vursavuş, 2009), erik (Alniak, 2012), patates (Kesim & Altuntaş, 2012), nektarin (Kabaş vd., 2016), içde (Şahin & Altuntaş, 2017) bulunmaktadır.

Çalışmanın amacı, iki çeşit kiraz domatesinin (Verti F1, Trend F1) boyut, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı ve görüntü işleme tekniği ile projeksiyon alanı gibi fiziksel özelliklerin tespit edilmesi ve statik yük etkisi altında farklı sıkıştırma pozisyonlarının ve farklı depolama sürelerinin mekanik özellikler (deformasyon, deformasyon enerjisi, kopma kuvveti ve poisson oranı) üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

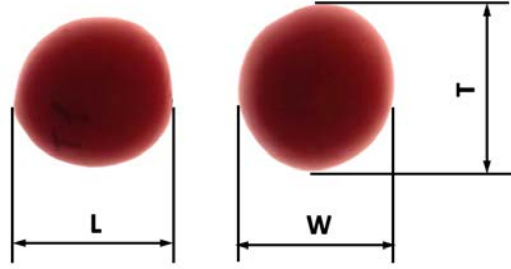
MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada Antalya yöresinde serada yetiştirilen Trend F1 ve Verty F1 çeşidi domatesler kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan örnekler üretici serasından hasat edilmiştir. İlk gün her çeşitten 30 adet ürün oda sıcaklığında bekletilerek, geri kalanlar ise kasalara konularak 5 °C depo sıcaklığı koşullarında %85-90 ortam nemi değerinde depolanmıştır (Yurtlu & Erdoğan, 2005a; Kesim & Altuntaş, 2012). Denemeler ilk gün, 3. gün, 6. gün, 9. gün ve 12. gün depolama sürelerinde gerçekleştirilmiştir. Domates örnekleri depodan çıkarıldıktan sonra 2-3 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve daha sonra denemeye alınmışlardır.

Fiziksel özellikler

Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan denemelerde her çeşit için 30 adet örnek kullanılmıştır. Örneklerin kütle ölçümleri 0.01 g ölçüm aralığına sahip hassas terazi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin gerçek hacminin belirlenmesi amacıyla su taşıma yöntemi kullanılmıştır. Ölçüm işlemi için 50 cm³ hacme sahip dereceli silindir içerisine 20 cm³ su konulmuş ve domates dereceli silindir içerisine bırakılmıştır. Domates konulduktan sonra yükselen su seviyesi kap üzerinden okunmuştur. Suyun hacmindeki artış değeri, örneğin hacmini vermektedir (Karababa & Coşkun, 2007).

Örneklerin boyut özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla dijital kumpas yardımıyla üç eksenli belirli eksenleri baz alınarak (uzunluk, genişlik ve kalınlık) boyut ölçümleri yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Kiraz domates meyvesinin boyutları, L: uzunluk, W: genişlik, T: kalınlık.

Figure 1: Dimensions of cherry tomato fruit, L: length, W: width, T: thickness.

Domates meyvesinin boyut ölçümlerinde elde edilen değerler kullanılarak geometrik ortalama çap değeri, küresellik ve yüzey alanı değerleri aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak bulunmuştur (Mohsenin, 1986; Akçakal & Saraçoğlu, 2019).

$$D_o = (L \cdot W \cdot T)^{1/3} \quad (1)$$

$$S_p = \frac{D_o}{L} \quad (2)$$

$$S = \pi(D_o)^2 \quad (3)$$

D_o : Geometrik ortalama çap (mm),

L : Uzunluk (meyve sap eksenine doğrultusunda) (mm),

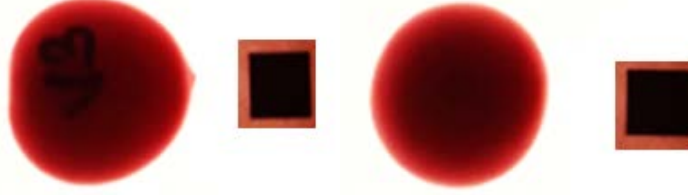
W : Genişlik (mm),

T : Kalınlık (mm),

S_p : Küresellik (%),

S : Yüzey alanı (mm²)

Projeksiyon alanının belirlenmesi amacıyla domates örneklerinin meyve sap eksenine dik ve meyve sap eksenine paralel doğrultuda 1 cm²lik kalibrasyon yüzeyleri ile dijital fotoğrafları çekilmiş ve ImageJ görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir (Şekil 2).

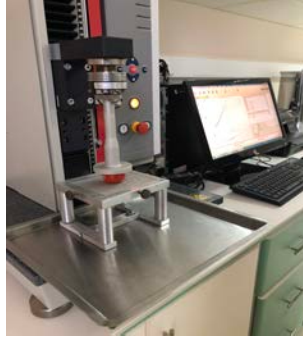


Şekil 2: Domatesin projeksiyon alanındaki görüntüsü.

Figure 2: Image of tomato in the projection area.

Mekanik özellikler

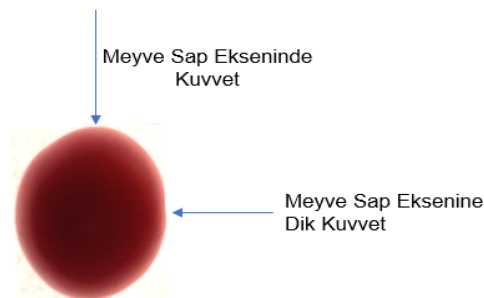
Sıkıştırma testleri için Zwick-Roell marka Üniversal Test Cihazı kullanılmıştır. Cihaz düz plaka ve veri aktarımını sağlayan masaüstü bilgisayar ve TestXpert 2 yazılım programından oluşmaktadır (Şekil 3). Test cihazı maksimum 500 N'a kadar ölçüm yapmakta ve cihazda yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi için çoklu eğriler elde edilerek doğrudan karşılaştırılması yapılabilmektedir (Anonymous, 2019).



Şekil 3: Zwick-Roell Üniversal Test Cihazı.

Figure 3: Zwick-Roell Universal Testing Machine.

Her depolama süresi için yapılan denemede 15 adet meyve sap eksenine dik pozisyonda ve 15 adet meyve sap eksenine paralel konumda olmak üzere toplam 30 adet örnek kullanılmıştır. Şekil 4'te kiraz domates meyvesi sıkıştırma eksenleri gösterilmektedir. Denemeler öncesinde cihaz ayarları gerçekleştirilmiştir. Yükleme hızı olarak Dantas et al., (2017)'in çalışmalarındaki değerlere yakın olacak şekilde 4 mm.min⁻¹ olarak belirlenmiş ve ön yük olarak 0.2 N esas alınmıştır.

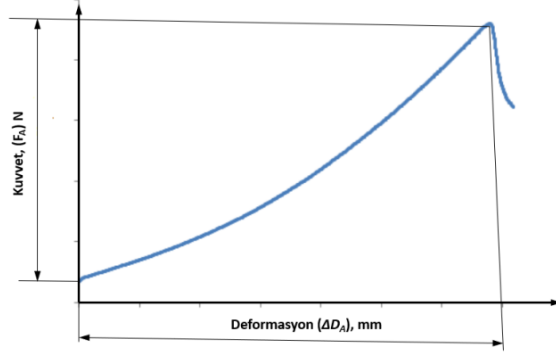


Şekil 4: Meyve sıkıştırma eksenleri.

Figure 4: Fruit compression axes.

Cihaz tarafından oluşturulan kuvvet-deformasyon eğrileri bilgisayar ortamında Excel formatında export edilerek kaydedilmiştir.

Deformasyon enerjisi, Şekil 5'te yer alan eğri yardımıyla aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.



Şekil 5: Biyolojik malzemeler için denemelerden elde edilen örnek kuvvet-deformasyon eğrisi.

Figure 5: Example force-deformation curve from trials for biological materials.

$$E_A = \frac{\Delta D \cdot F_A}{2} \quad (4)$$

E_A : Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon enerjisi (Nmm),

ΔD : Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon (mm),

F_A : Kabuk yırtılma noktasındaki deformasyon kuvveti (N)

Poisson oranını belirlemek amacıyla sıkıştırma testleri sırasında örneklerin serbest konumda çap ve boyları ölçülmüş, sıkıştırma sonunda kabuk yırtılma noktasında sistem durdurularak tekrar çap ve boyları ölçülerek aşağıdaki eşitlik yardımıyla poisson oranı belirlenmiştir (Yurtlu & Erdoğan, 2005b).

$$\mu = \frac{(D_1 - D_0)/D_0}{(L_1 - L_0)/L_0} \quad (5)$$

D_1 : İkincil çap (mm),

D_0 : İlk çap (mm),

L_1 : İkincil boy (mm),

L_0 : İlk boy (mm)

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Fiziksel özellikler

Çizelge 2'de denemelerde kullanılan Trend F1 ve Verty F1 çeşidi kiraz domatesi meyvesi çeşitlerinin fiziksel özellikleri gösterilmektedir. Denemeye alınan Trend F1 çeşidi domates meyvelerinin ortalama uzunlukları 34.38 mm, genişlikleri 31.42 mm, kalınlıkları 30.01 mm, kütleleri 18.71 g, hacimleri 16.83 cm³, geometrik ortalama çapları 31.87 mm, küresellik değeri 0.92, yüzey alanı 3205.16 mm² ve projeksiyon alanı 749.98 mm² 'dir. Verty F1 çeşidi domateslerin ortalama uzunlukları 33.79 mm, genişlikleri 30.70 mm, kalınlıkları 29.25 mm, kütleleri 17.24 g, hacimleri 14.85 cm³, geometrik ortalama çapları 31.18 mm, küresellik değeri 0.94, yüzey alanı 3062.33 mm² ve projeksiyon alanı 731.11 mm² olarak bulunmuştur.

Çizelge 2. Domateslerin fiziksel özellikleri için ortalama ve standart sapma değerleri**Table 2.** Mean and standard deviation values for physical properties of tomatoes

	Trend	Verty
Uzunluk L , (mm)	34.38±2.42	33.79±2.39
Genişlik W , (mm)	31.42±2.30	30.70±1.83
Kalınlık T , (mm)	30.01±2.13	29.25±1.82
Kütle m , (g)	18.71±3.71	17.24±2.95
Hacim V , (cm ³)	16.83±4.04	14.85±3.00
Geometrik Ortalama Çap D_o , (mm)	31.87±2.15	31.18±1.81
Küresellik S_p , (%)	0.92±2.99	0.94±3.76
Yüzey Alanı S , (mm ²)	3205.16±427.89	3062.33±353.25
Projeksiyon Alanı (mm ²)	749.98±112.19	731.11±105.45

Saraçoğlu & Özarslan (2015) yapmış oldukları çalışmada kiraz domatesinin uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı, kütle ve hacim değerlerinin ortalamasını sırasıyla 26.24 mm, 27.30 mm, 25.99 mm, 26.50 mm, %97, 2227.94 mm², 10.20 g, 10.08 cm³ olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar çalışmada ele alınan Trend ve Verty değerleri ile karşılaştırıldığında uzunluk, genişlik, kalınlık, yüzey alanı, kütle ve hacim değerinin daha yüksek, geometrik ortalama çap, küresellik değerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

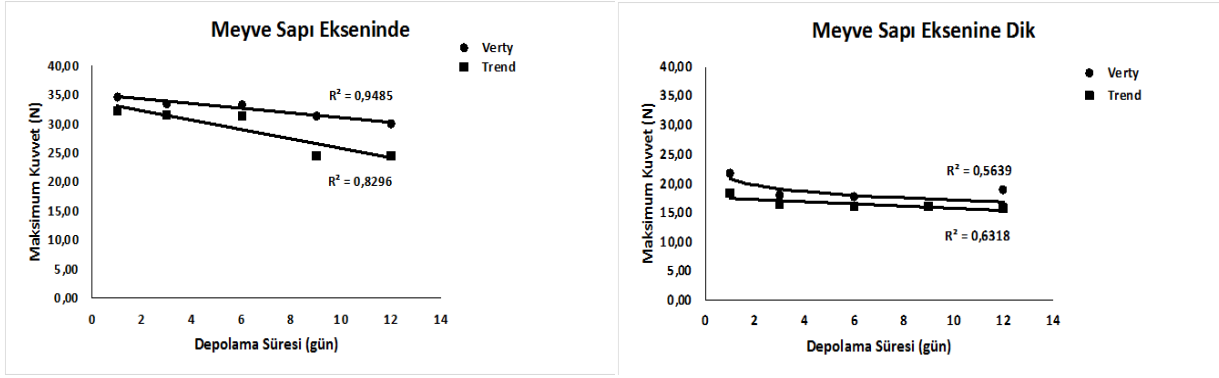
Mekanik özellikler

Sıkıştırma testleri ile elde edilen kuvvet-deformasyon eğrilerinde biyolojik akma noktaları görülmemiştir. Biyolojik akma noktası görülmediğinden maksimum kuvvet, deformasyon ve deformasyon enerjisi değerleri için kabuk yırtılma noktasındaki maksimum kuvvet değerleri kullanılmıştır. Çeşit, sıkıştırma pozisyonu ve depolama süresine bağlı olarak elde edilen verilerin normalliği SPSS 13 paket programında Çok değişkenli (Multivariate) varyans analizi yapılarak kontrol edilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde depolama süresine bağlı olarak deformasyon ve deformasyon enerjisi değerlerinin farklı olmadığı, geri kalan tüm değerlerin bağımsız değişkenler çeşit, sıkıştırma pozisyonu ve depo süresi için farklılıkların önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Çeşit, sıkıştırma pozisyonu ve depolama süresi için en küçük kareler ortalaması ile standart hata değerleri**Table 3.** Least squares mean and standard error values for variety, compression position and storage time

	N	Kopma Kuvveti (N)	Deformasyon (mm)	Deformasyon Enerjisi (Nmm)	Poisson Oranı
Çeşit		P=0.001	P=0.004	P=0.001	P=0.000
Verty	139	25.49±0.609	7.83±0.113	111.18±3.838	0.31±0.007
Trend	134	22.71±0.619	7.36±0.115	92.08±3.901	0.35±0.007
Sıkıştırma Pozisyonu		P=0.000	P=0.000	P=0.000	P=0.000
Meyve eksenine dik	139	17.43±0.609	5.43±0.113	48.18±3.838	0.36±0.007
Meyve ekseninde	13	30.76±0.619	9.76±0.115	155.08±3.901	0.31±0.007
Depo Süresi		P=0.007	P=0.426	P=0.510	P=0.043
1.gün	39	26.71±1.141	7.32±0.211	106.83±7.187	0.35±0.013
3. gün	57	24.78±0.944	7.51±0.175	103.76±5.948	0.35±0.010
6. gün	60	24.58±0.920	7.62±0.170	105.64±5.794	0.33±0.010
9. gün	60	21.96±0.920	7.72±0.170	93.75±5.794	0.32±0.010
12. gün	57	22.44±0.944	7.81±0.175	98.16±5.948	0.31±0.010
Genel	273	24.10±0.437	7.6±0.081	101.63±2.754	0.33±0.005

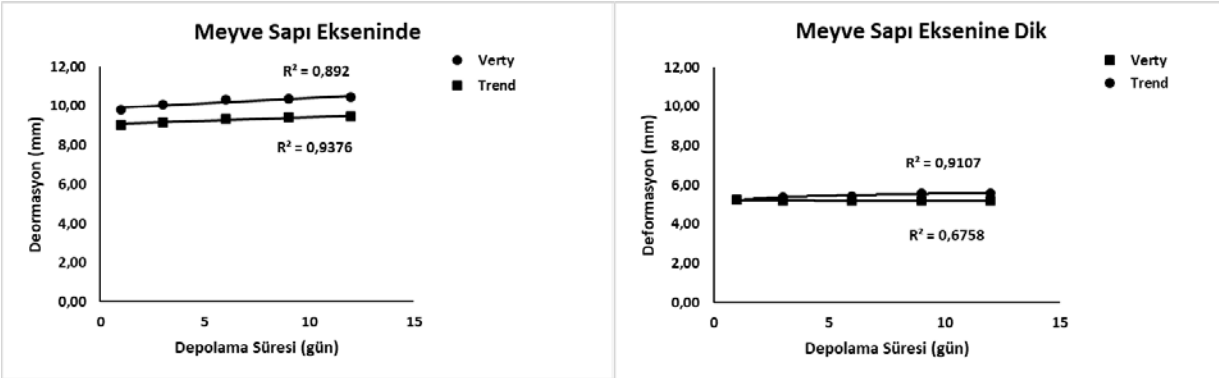
Denemelerde Verty F1 ve Trend F1 kiraz domates çeşitleri için meyve sap ekseninde ve meyve sap eksenine dik pozisyonlarda gerçekleştirilen sıkıştırma testlerinde elde edilen kopma kuvveti, deformasyon, deformasyon enerjisi ve poisson oranı değerlerinin depolama süresine bağlı olarak değişimini gösteren grafikler Şekil 6-9 arasında verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde her iki çeşit ve her sıkıştırma pozisyonu için depolama süresine bağlı olarak maksimum kuvvet (F_{max}) azalma görülmektedir.



Şekil 6. Verty F1 ve Trend F1 çeşitlerine ait meyve sap eksenine ve meyve sap eksenine dik pozisyonda kopma kuvveti değerlerinin depolama süresine bağlı olarak değişimi.

Figure 6. Variation of breaking force values of Verty F1 and Trend F1 cultivars in the position perpendicular to the fruit stem axis and fruit stem axis depending on the storage period.

Depolama süresine bağlı olarak deformasyon değişimi gösteren Şekil 7 incelendiğinde, her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olmasa da depolama süresinin artmasına bağlı olarak her iki sıkıştırma pozisyonunda deformasyonda artış gözlemlenmiştir.

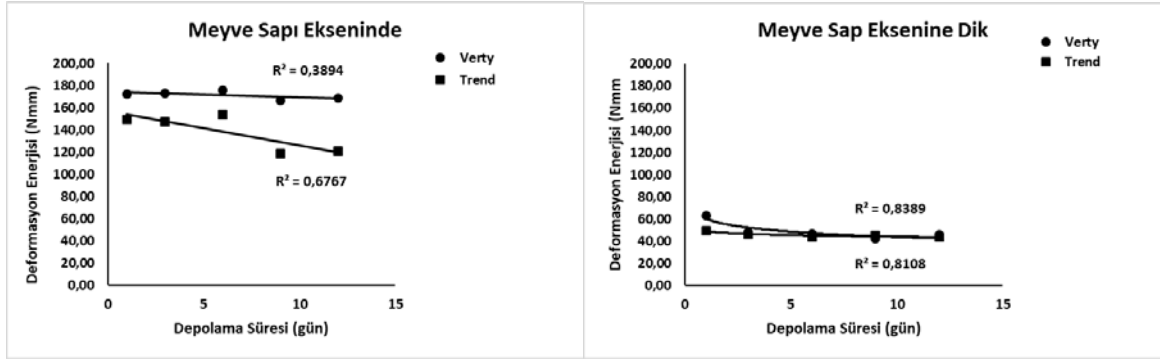


Şekil 7. Verty F1 ve Trend F1 çeşitlerine ait meyve sap eksenine ve meyve sap eksenine dik pozisyonda deformasyon değerlerinin depolama süresine bağlı olarak değişimi.

Figure 7. Variation of deformation values of Verty F1 and Trend F1 cultivars in the fruit stem axis and in the position perpendicular to the fruit stem axis depending on the storage period.

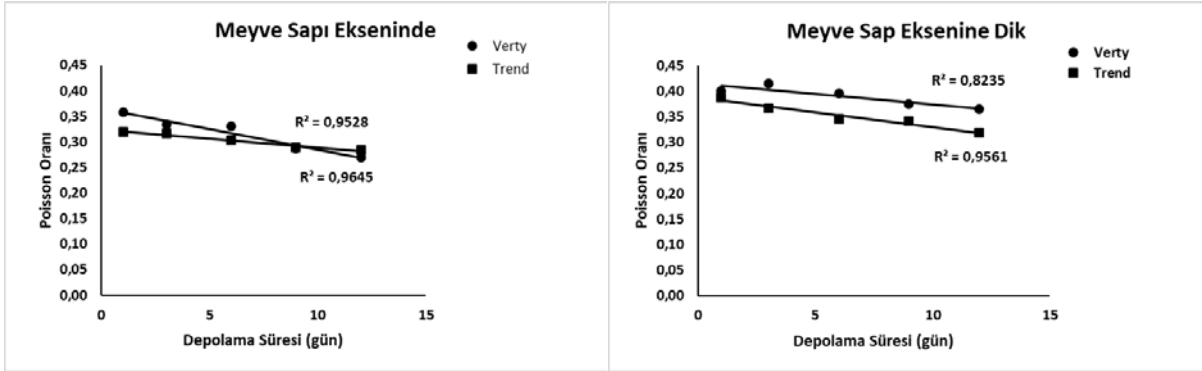
Denemelerde her iki çeşit içinde sıkıştırma pozisyonu açısından sonuçlar incelendiğinde meyve sap ekseninde uygulanan kuvvetin meyve sap eksenine dik pozisyonda uygulanan kuvvete göre daha fazla olduğu, deformasyonun da benzer şekilde meyve sap ekseninde, meyve sap eksenine dik konuma göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yurtlu & Erdoğan (2005a) da yapmış oldukları çalışmalarındaki sıkıştırma testlerinde depolama süresinin artışına bağlı olarak domates çeşitlerinin maksimum kuvvet değerlerinin azaldığı ve deformasyon değerlerinin ise arttığını ifade etmişlerdir.

Şekil 8 ve Şekil 9 incelendiğinde her iki çeşit için ve her iki sıkıştırma pozisyonu için depolama süresinin artışına bağlı olarak deformasyon enerjisi ve poisson oranı değerleri azalma göstermiştir. Deformasyon enerjisi değerlerinin meyve sapı ekseninde yapılan sıkıştırma testlerinde elde edilen değerleri, meyve sapı eksenine dik pozisyonda yapılan sıkıştırma sonucu elde edilen değerlerden yüksek bulunmuştur.



Şekil 8. Verty F1 ve Trend F1 çeşitlerine ait meyve sap eksenine ve meyve sap eksenine dik pozisyonda deformasyon enerjisi değerlerinin depolama süresine bağlı olarak değişimi.

Figure 8. Variation of deformation energy values of Verty F1 and Trend F1 cultivars in the fruit stem axis and perpendicular to the fruit stem axis depending on the storage period.



Şekil 9. Verty F1 ve Trend F1 çeşitlerine ait meyve sap eksenine ve meyve sap eksenine dik pozisyonda poisson oranı değerlerinin depolama süresine bağlı olarak değişimi.

Figure 9. Variation of Poisson's ratio values of Verty F1 and Trend F1 cultivars in the fruit stem axis and perpendicular to the fruit stem axis depending on the storage period.

Gürhan vd. (2001) Malatya yöresinde yetiştirilen üç farklı kayısı çeşidinin (*Hacıhaliloğlu*, *Hasanbey* ve *Çöloğlu*) bası yükü altındaki mekanik davranışlarının belirlenmesi üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, eksenler arasında (x , y ve z) deformasyon enerjisi açısından yapılan değerlendirmede, tüm çeşitlerde eksenler arasındaki farklılıklar önemli olup, deformasyon enerjisinin en yüksek değeri tüm çeşitler için y ekseninde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar kiraz domates meyvesi ile yapmış olduğumuz çalışma sonucuna benzer bir eğilim göstererek, her iki çeşit için sıkıştırma pozisyonuna bağlı olarak deformasyon enerjisi değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Eraltan (2005) Dixired ve Earlyred şeftali çeşitleri için 0., 7., 14., 21., 28. gün depolama sürelerinde maksimum kuvvet (kabuk yırtılma noktasındaki kuvvet) ve deformasyon enerjileri her iki çeşit için de depolama süresindeki artışa bağlı olarak azaldığını saptamışlardır. Her iki çeşit içinde 21. güne kadar gerçekleştirilen depolama işlemlerinin meyve dokusundaki yumuşama ve buna bağlı mekanik özelliklerdeki değişim açısından uygun bir depolama süresi olduğu belirlenmiştir. Durgut (2008) çekirdeklik kabağın hasat ve harmanına yönelik fiziko-mekanik özelliklerini saptadığı çalışmasında, kabak kabuğu maksimum kuvvet 18.96 ± 8.62 N olduğu ve bu noktadaki deformasyon değerinin 3.827 ± 1.319 mm, deformasyon enerjisinin ise 57.91 ± 17.63 Nmm olduğunu belirlemiştir. Polat et al. (2012) çalışmalarında nektarin meyvesine farklı pozisyonlarda uygulanan sıkıştırma testinde, sap tarafından sıkıştırma için kaydedilen deformasyon enerjisinin (1067 Nmm) yan tarafından sıkıştırma için kaydedilen deformasyon enerjisinden (607.5 Nmm) oldukça yüksek olduğu bulunmuştur. Kiraz domates meyveleri üzerinde gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada ise, benzer şekilde deformasyon enerjisinin meyve sap ekseninde (155.08 Nmm), meyve sap eksenine dik konuma (48.18 Nmm) göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Kohyama et al. (2013) çilek meyvesiyle yaptıkları çalışmada, sıkıştırma testleri

sonucunda elde ettikleri eğrilerde biyolojik akma noktasının görülmediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, meyvenin her iki pozisyonda yapılan sıkıştırma testi sırasında en fazla deformasyonun meyve sap eksenine dik pozisyonda olduğu görülmüştür. Dik pozisyondaki doku hasarı her zaman meyvenin uç kısmında, çanak yaprakların olduğu sap kısmından daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kabaş vd. (2016) çalışmalarında nektarin meyvesinin sıkıştırma testlerinde maksimum kuvvetinin 75.20 N ile 180.20 N arasında olduğunu, buna karşılık gelen deformasyon miktarının ortalama 5.77 mm, poisson oranının ise 0.14-0.24 değerleri arasında değiştiğini ve ortalamanın 0.19 ± 0.01 olduğunu saptamışlardır. Ansar et al. (2020) çilek meyvesinin farklı eksenlerde sıkıştırma testine tabii tutulduğu bir çalışmada, yatay eksenlerdeki deformasyonun dikey eksendekenden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Dikey eksen yönünden sıkıştırmanın, meyve yapısı ve hücre dokusu kütlesi arasında birleşik bir mekanik tepki üreteceğini, yatay eksenlerdeki mekanik tepkinin ise sadece meyve yapısından kaynaklandığını vurgulamışlardır. Akçakal (2022) çilek meyvesi ile yapmış olduğu çalışmada, bu iki farklı sıkıştırma yönünün maksimum kuvvet ve deformasyon üzerinde önemli bir etki ($p < 0.05$) gösterdiğini ifade etmiştir. Elde edilen bu sonuç, bu çalışmadaki sonuçla örtüşmektedir. Ünsal (2022) kiraz meyvesine sıkıştırma testi uygulamış ve ezilme sırasındaki kuvvet değerlerini z ve y ekseninde sırasıyla 18.57 ve 21.57 N olarak kaydetmiş, kaydettiği bu değerlerin literatürdeki kiraz meyvelerinden daha yüksek olduğunu vurgulamıştır. Bu farkın sebebi olarak da meyvelerin çeşit farklılıkları, farklı iklimsel koşullar ve sulama, gübreleme gibi yetiştirme koşullarının farklılık gösterebileceğini ifade etmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, iki çeşit kiraz domates meyvesinin fiziksel özelliklerinin yanında, iki farklı eksen (meyve eksenine dik ve meyve ekseninde) ve farklı depolama sürelerinde sıkıştırma testleri yapılmıştır. Deneme sonuçlarına göre kiraz domatesinde meydana gelen deformasyon, deformasyon enerjisi, maksimum kuvvet ve poisson oranı belirlenmiştir. Meyve ekseninde yapılan ölçümlerin analiz sonuçlarında maksimum kuvvet, deformasyon ve deformasyon enerjisinin meyve eksenine dik yapılan ölçümlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuca bağlı olarak domatesin özellikle depolama sırasında meyve sap eksenine dik olarak konumlanmasının statik yük altında meyve sap eksenine dik pozisyonda konumlanmasına göre daha dayanımlı olacağı sonucuna varılabilir. Ayrıca domates meyvelerinin taşınma sırasında da bu konumu koruyacak şekilde konumlandırıcı önlemler alınması meyvelerin statik yük altında zedelenmelerine engel olacaktır. Sonuç olarak kiraz domates çeşitlerinde ilk gün itibarıyla depo süresinin artışına bağlı olarak deformasyonun artışı nedeniyle ürünlerin depo ömürleri boyunca dikkatlice taşınmasının ve iletilmesinin gerekliliği söylenebilir. Özellikle düz plakalar ile yapılacak ölçümler depolama sırasında etkili olan sıkıştırma kuvvetleri hakkında daha gerçekçi sonuçlar vereceğinden sıkıştırma testlerinde düz plakalar arasında yapılan testler önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abak, K., 2016. Türkiyede domatesin dünü, bugünü ve yarını. Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi, 17 (5): 8-13.
- Akçakal, T. & T. Saraçoğlu, 2019. Elmanın Bazı Geometrik ve Hidrodinamik Özellikleri ile Zedelenme Parametrelerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56 (4): 465-474
- Akçakal, T., 2022. Aydın İlinde Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinin Hasat ve Hasat Sonrası İşlemlere Yönelik Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 100 s.
- Alniyak, S., 2012. Erik Meyvesinin Farklı Hasat Dönemlerindeki Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Anonymous, 2019. Zwick-Roell Sıkıştırma Test Cihazı. (Web sayfası: <https://www.zwickroell.com>) (Erişim Tarihi: Mart 2019).
- Ansar, A., M. Murad, S. Sukmawaty & L. Ilmaknun, 2020. Comparison of the Mass Tissue Strength of Strawberry Fruit Between Vertical and Horizontal Axes. Research Square. (This is a preprint, a preliminary version of a manuscript that has not completed peer review at a journal). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-121671/v1>
- Cumhur, Ö., 2019. Ön İşlem Uygulamalarının Meyve ve Sebze Ürünlerinin Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 239 s.

- Çalışkan, N. & K. Vursavuş, 2009. Washington navel portakalın hasat sonrası işlemlere yönelik fiziksel ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5 (1): 83-92.
- Çevik, M.Y., 2013. Domateste Olgunluğun Fiziko-Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 50 s.
- Durgut, F.T., 2008. Çekirdeklik Kabağın (*Cucurbita pepo* L.) Hasat ve Harmanına Yönelik Fizikomekanik Özelliklerin Saptanması. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 47 s.
- Eraltan, F.M., 2005. Şeftalinin Mekanik Özellikleri Üzerine Çeşit ve Depolama Süresi Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 50 s.
- Figueiredo-González, M., P. Valentão, D.M. Pereira & P. B. Andrade, 2017. Further insights on tomato plant: cytotoxic and antioxidant activity of leaf extracts in human gastric cells. *Food and Chemical Toxicology*, 109: 386-392. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.09.018>
- Gümüšoğlu, G., A. İnce & E. Güzel, 2006. Domat ve Gemlik zeytin çeşitlerinde bazı fiziksel özelliklerinin olgunlaşma periyodu süresince değişimi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2 (3): 239-244.
- Gürhan, R., M. Vatandaş & M. Güner 2001. Kayısının mekanik davranışının belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 7 (04): 138-140. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000700
- Kabaş, Ö., S. Sözer & İ.Ünal, 2016. Nektarin meyvesinin bazı mühendislik parametrelerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (1): 65-68.
- Karababa, E. & Y. Coşkun, 2007. Moisture dependent physical properties of dry sweet corn kernels. *International Journal of Food Properties*, 10 (3): 549-560. <https://doi.org/10.1080/10942910601003981>
- Kesim, S. & E. Altuntaş, 2012. Hasat sonrası ısıtma işlem ve depolama uygulamalarının patatesin fizikomekanik özellikleri ve kalitesi üzerine etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (1): 53-63.
- Kohyama, K., T. Masuda, H. Shimada, T. Tanaka & Y. Wada, 2013. A Simple Mechanical Index of Strong Quality of Strawberry Fruits. *Republic National Food Research Institute*, (77): 1-11.
- Mohsenin, N.N., 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 891 pp.
- PA Silva, Y., B.C. Borba, V.A. Pereira, M.G. Reis, M. Calari, M.S.L. Brooks & T.A. Ferreira, 2019. Characterization of tomato processing by-product for use as a potential functional food ingredient: nutritional composition, antioxidant activity and bioactive compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70 (2): 150-160. <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1489530>
- Polat, R., T. Aktas & A. İkinci, 2012. Selected mechanical properties and bruise susceptibility of nectarine fruit. *International Journal of Food Properties*, 15 (6): 1369-1380. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.498546>
- Sabbağ, Ç. & M.S. Sürücüoğlu, 2011. Likopen: insan sağlığında vazgeçilmez bir bileşen. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (3): 27-41.
- Saraçoğlu, T. & C. Özarslan, 2015. Kiraz domatesi meyvesinin kütle ve hacminin matematiksel modellenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (1): 103-108.
- Şahin, G. & E. Altuntaş, 2017. Kuş iğdesi meyvesinin fiziko-mekanik, renk ve kimyasal özellikleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7 (1): 01-11.
- Tunabaş, E., 2022. Domates Rizosferindeki Fungusların Domatesteki Solgunluk Etmeni *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*ye Karşı Antagonistik Etkilerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 77 s.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. Bitkisel Üretim İstatistikleri. (Web sayfası: <https://biruni.tuik.gov.tr>) (Erişim tarihi: Ağustos 2023).
- Ünsal, Y., 2022. Kiraz Meyvesinin Fiziko-Mekanik ve Hidrodinamik Özelliklerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 63 s.
- Yılmaz, C. & H. Özer, 2022. Organik ve geleneksel yetiştirme tekniklerinin domatese etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37 (1): 23-36. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.877643>
- Yurtlu, Y.B. & D. Erdoğan, 2005a. Domates çeşitlerinde depolama süresinin bazı mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (2): 201-206. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000416
- Yurtlu, Y.B. & D. Erdoğan, 2005b. Depolama süresinin bazı hıyar çeşitlerinde mekanik özelliklere olan etkisinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (3): 251-256. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000584



Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):689-703
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1305065>

Elif PARLAK ^{1*}

Meryem ATİK ²

¹ Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 07070, Konyaaltı,
Antalya, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi,
Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 07070, Konyaaltı,
Antalya, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

elifparlak1994@gmail.com

Anahtar sözcükler: Ekolojik planlama,
iklim değişikliği, mavi altyapı

Keywords: Ecological planning, climate
change, blue infrastructure

Antalya kenti Konyaaltı ilçesi mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi

Assessment of blue infrastructure situation in Antalya, Konyaaltı district

Received (Alınış): 29.05.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 27.11.2023

ÖZ

Amaç: Antalya kenti Konyaaltı ilçesi için potansiyel ve mevcut mavi altyapı unsurlarının belirlenmesi ve alan kullanımına bağlı geçirimsizlik durumu ile doğal drenaj hatları analizi ışığında mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi ve sistem önerisinin geliştirilmesidir.

Materyal ve Yöntem: Çalışma materyali olarak alana ait 1957 ve 1958 tarihli ortofoto görüntüleri, 1/25000 ölçekli topografik haritalar, 2023 Google Earth uydu görüntüleri, 10x10 cm çözünürlüklü DEM verisi ile Boğaçay ve Sarısu Q100 taşkın risk bölgesi verileri kullanılmış; yöntem kapsamında mavi altyapı unsurlarının belirlenmiş, alan kullanımına bağlı geçirimsizlik durumu ile doğal drenaj hatlarının ortaya koyulmuş, mavi altyapı durumu değerlendirilmiş ve mavi altyapı sistem önerisi geliştirilmiştir.

Araştırma Bulguları: Çalışma ile Konyaaltı ilçesindeki mavi altyapı unsurları olarak kıyılar, akarsular, sulak alanlar ve göletlerin varlığı tespit edilmiş; kentleşme dolayısıyla mavi altyapı açısından en önemli kaybın akarsular ve akarsu yataklarında gerçekleştiği, alandaki taşkın risk bölgesinin çoğunlukla geçirimsiz kentsel yüzeyler ile kaplı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç: Yapılan analizler ile Konyaaltı ilçesi için geçirimsiz yüzeyler ile doğal mavi altyapı unsurlarının korunması ve yarı geçirimsiz alanlar ile kentleşme öncesi potansiyel mavi altyapı unsurlarının yeşil altyapı unsurları ile iyileştirilmesi; geçirimsiz yüzeyler nedeni ile sorunlu alanların gri altyapı çözümlerine kavuşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Objective: The aim of the study is to evaluate the blue infrastructure situation for Konyaaltı district of Antalya city in the context of the potential and existing blue infrastructure elements the permeability situation analysis depending on the land uses and natural drainage lines and to develop a system proposal.

Material and Methods: As study materials; Orthophoto images of the area dated 1957 and 1958, 1/25000 scale topographic maps, 2023 Google Earth satellite images, 10x10 cm resolution DEM data and Boğaçay and Sarısu Q100 flood risk zone data were used. Within the scope of the method, blue infrastructure elements were determined, permeability status depending on land uses and natural drainage lines were identified, blue infrastructure situation was evaluated and blue infrastructure system proposal was developed.

Results: The study determined the presence of coasts, rivers, wetlands and ponds as blue infrastructure elements in Konyaaltı district; stated that the most important loss in terms of blue infrastructure due to urbanization occurred in rivers and river beds, and the flood risk zone in the area is mostly covered with impervious urban surfaces.

Conclusion: Based on the analysis for Konyaaltı district, permeable surfaces and natural blue infrastructure elements should be protected and semi-permeable areas and potential blue infrastructure elements before urbanisation should be improved with green infrastructure elements; problematic areas due to impermeable surfaces should be provided with grey infrastructure solutions.

GİRİŞ

Günümüzde peyzaj planlamanın temel konularından biri iklim değişikliği ve olası etkilerinin yönetilmesinde ekolojik tabanlı çözümler getirmektir. Kent nüfusunun hızla artması, buna bağlı olarak kentlerin çevresindeki doğal alanlara doğru büyümesi ve doğal kaynaklara artan talep iklim değişikliğinin kentler üzerindeki olumsuz etkilerini hızlandıran süreçlerdir. Tüm canlılar için yaşamın temel taşı olan su, su kaynakları ve süreçleri iklim değişikliğinden olumsuz etkilenen peyzaj bileşenlerinin başında gelmektedir. En başta hayatta kalmak için ihtiyacımız olan su insanoğlunun biyolojik, fizyolojik hatta psikolojik olarak gereksinimi niteliğindedir (Karadan & Birişçi, 2020). İçme suyu ihtiyacının yanı sıra tüm kentler temizlik, endüstriyel ve tarımsal üretim, enerji vb. birçok alanda aktif olarak suya muhtaç durumdadır.

Artan nüfus ve büyüyen kentler ile suya olan talep yüksek bir ivme kazanırken, kentsel yayılımın doğal kaynaklar üzerinde yarattığı baskı su kaynaklarının giderek tükenmesine ve bozulmasına neden olmaktadır (Anaç vd., 2011; Oral vd., 2020). Bunun yanı sıra küresel ısınma ve değişen iklim dolayısıyla gerçekleşen aşırı hava olayları, özellikle geçirimsiz yüzeylerin çok yoğun olduğu kentsel alanlarda sel ve taşkın gibi doğal afetlere ve kuraklığa neden olmaktadır (NRDC, 2022). Bu durumun yakın gelecekte dünyayı su kıtlığı riski ile karşı karşıya bırakması beklenmektedir. Nitekim Birleşmiş Milletlerin kalkınma hedefleri arasına suyun sürdürülebilir yönetimi ve sanitasyonunun sağlanması adına 2015 yılında "Su ve sanitasyonla ilgili sürdürülebilir kalkınma amacı" eklemiştir (UN, 2022). Bu bağlamda özellikle kentlerde suyun korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için mavi altyapı planlaması büyük önem taşımaktadır.

Kelime olarak altyapı yerleşim veya yapılar için gerekli kanalizasyon, su, yol, elektrik vb. teknik tesisatı anlamına gelmektedir (TDK, 2023). Mavi altyapı ise literatürde yeşil altyapı ile beraber tanımlanan ve yeşil altyapı ile sürekli etkileşim halinde olan, kent içerisindeki doğal ve insan yapımı tüm su unsurlarının sürdürülebilirlik kapsamında ekolojik bağlantılılığı hedefine dayanan bir kentsel planlama unsurudur (Haase, 2015; European Commission, 2017; Parlak & Atik, 2020; Öztaş Karlı & Artar, 2021; Parlak, 2023). Mavi altyapı; iklim değişikliğine karşın sürdürülebilir doğal sistemlerin sağlanabilmesi ve ekosistem hizmetlerinin sürekliliği için temel planlama araçları arasındadır. Kentlerde mavi altyapı planlaması, yeraltı ve yerüstü sularının korunması, yağmursuyu depolaması, su arıtılması, taşkın ve sel kontrolü, mevcut su kaynaklarına erişimin sağlanması vb. birçok konuda katkı sağlamakta, suya bağlı tüm sistemlerin sürekliliğini desteklemektedir (European Commission, 2017; Li et al., 2017; Parlak, 2023).

Mavi altyapı dünyada farklı yönleri ile ele alınmaktadır. Toledo-Gallegos et al. (2022), Vietnam Mekong Deltası'ndaki Can Tho kenti içindeki sünger parkların mavi yeşil altyapı kapsamında sağladığı ekosistem servisleri halkın bakış açısına göre değerlendirmiş; halk için parkların sağladığı en değerli ekosistem servisinin sel kontrolü olduğunu ortaya koymuşlardır. Iojă al. (2021), mavi altyapı açısından Roma kenti için kentsel gelişmeye bağlı olarak mavi altyapı kullanılabilirliğinin düşük olduğunu, mavi altyapının yüzey formları, morfolojik özellikler ve tarihi miraslarla şekillendiğini tespit etmişlerdir. Diğer yandan kentlerdeki küçük su ekosistemleri insan sağlığını desteklerken, aynı zamanda yüzey akışına geçen su miktarının azalmasında fayda sağlamakta ve halk için rekreasyonel kaynak sunmaktadır.

Kentlerin içinde buldukları coğrafyaların özellikleri dikkate alındığında, her kent için mavi altyapı durumunu, kentin karakteri ve tarihsel gelişim süreçleri kapsamında özel olarak değerlendirmek gerekmektedir. Bununla beraber Langemeyer & Baró (2021), günümüzde iklim değişikliğine dirençli kentler oluşturulması adına uygulanan doğa tabanlı çözümlerin bölgesel çözümlerin yerel ölçekteki uygulamalara uygunluğu konusunda İspanya, Barselona'da gerçekleştirdikleri paydaş değerlendirmeleri sonucunda mavi ve yeşil altyapı çözümlerinin kent planlamasına üst ölçeklerde entegre edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Battemarco et al. (2022), yaptıkları çalışmada suyun kentle bütünleşik bir unsur olmasından çok yapısal bir unsur olarak görülmesini eleştirmiş, gelecek için mavi yeşil altyapı ve nehir restorasyonu yaklaşımlarını benimseyerek kentsel yerleşim alternatifini tanımlamışlar; geleceğe yönelik modeller ve indekslerle karşılaştırıldığında kentsel genişlemenin sel riskini hayli artıracığını, mavi yeşil altyapı uygulamalarının ise

havzaların çevresel kalitesini iyileştirmenin ve stratejik mekânsal planlama önceliklerini belirlemesi yanı sıra olası riskleri de azaltma potansiyeli taşıdığını ortaya koymuşlardır.

Kentler için mavi altyapı çalışmaları genellikle kentsel geçirimsiz yüzeylerdeki sel ve taşkın riskinin kontrolü için irdelenirken, gri altyapı uygulamalarına sıkça başvurulmaktadır. Buna karşın Alves et al. (2019) gri altyapının, sel riskini azaltmada iyi bir performansla sahip olmasına rağmen yeşil altyapının, gri altyapının sunamayacağı çok sayıda ek fayda sağladığını vurgulamıştır. Mavi altyapının iyileştirilmesi adına yeşil altyapı ile desteklenmesi sel riskini azaltmanın yanı sıra su tasarrufu, enerji tasarrufu, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve karbon tutulması gibi birçok fayda sağlamaktadır.

Dünyanın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de kentsel büyüme iklim değişikliği konusundaki kaygıları artırmakta, bu değişimin yaratmış olduğu sel, taşkın, kuraklık, su kıtlığı, olağandışı hava olayları vb. sorunlarla yüz yüze gelmektedir. Bu sorunları en aza indirmek, iklim değişikliğine dirençli ve daha sürdürülebilir kentler elde etmek adına farklı ölçeklerde gerçekleştirilecek entegre çözümlere ihtiyaç vardır. Kentsel peyzaj planlaması kapsamında, her bir kentin mavi altyapı durumu, bu altyapının entegre olduğu kentin gelişimine, sosyo-ekonomik durumuna, kentin konumu ve sahip olduğu doğal kaynaklara, tarihi ve kültürel yapısına göre şekillenmektedir. Bu nedenle mavi altyapı kentler için büyük ölçekte bütüncül bir sistem olarak dikkate alınırken, her bir kent için ayrı ayrı ele alınmalıdır. Türkiye'nin güney batısında yer alan, Akdeniz ikliminin sıcak ve kurak geçen yazlarına rağmen sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde sellerle sonuçlanan aşırı yağış alan Antalya kenti mavi altyapı çözümleri açısından önemli bir yere sahiptir. Boğaçay, Düden, Sarısu gibi içerdiği doğal yüzey suları yanında, özellikle 1980'lerle hızla artan kentleşmeyle tamamen değişen Antalya kenti, kentleşmenin de etkisiyle mavi altyapı bakımından kritik bölgelerden biri haline gelmiştir.

Bu çalışmada Antalya kenti Konyaaltı ilçesi mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kentin en büyük akarsuyu olan Boğaçay'ın Toroslardan getirdiği alüvyonlar üzerinde yer alan ve son 20 yılda kentin en hızlı gelişimine konu olan Konyaaltı ilçesi, aşırı yağışlarla özellikle sel ve taşkınlara maruz kalmaktadır. Çalışmada Antalya, Konyaaltı ile Akdeniz örneğinde mavi altyapı doğal ve kültürel unsurları ile birlikte tanımlanmış ve mavi altyapının bir sistem dahilinde planlanması amaçlanmıştır. Entegre bir mavi altyapı planı çalışması yanında sürdürülebilir, daha sağlıklı ve ekolojik değerleri yüksek kent peyzajları için temel verilerin ortaya konulması; başta turizm ve tarım olmak üzere ekonomik faaliyetlerin yanı sıra Antalya kentinin iklim değişikliğine uyumu ve sürdürülebilir kent gelişimlerine katkı sunacak verilerin üretilmesi hedeflenmiştir. Sonuçları itibarıyla çalışmanın kentlerde mavi altyapı çalışmalarına örnek teşkil etmesi ve bilimsel literatüre bu doğrultuda katkı sağlaması beklenmektedir.

Yeşil altyapı ve yeşil altyapı planlaması konuları son yıllarda sürdürülebilir kentsel gelişme için etkin bir planlama aracı olarak benimsenirken, mavi altyapı kavramının yeşil ve gri altyapı konularından ayrı ve özel olarak ele alındığı sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Yerel ölçekte iklim değişikliği hakkındaki öngörülerin belirsizliği nedeniyle, iklim değişikliğinin yerel su havzaları bazında hidrolojik yapı üzerindeki etkilerinin anlaşılması ve iklim değişikliğine uyum stratejilerinin ortaya konması için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Cheng et al., 2017). Bu çalışma; Antalya, Konyaaltı ilçesi için potansiyel ve mevcut mavi altyapı durumunun ele alınmasını, yüzey geçirimsizliği temelinde mavi altyapı planlamasına yönelik öneriler geliştirilmesini amaçlarken, aynı zamanda iklim değişikliğine uyum çerçevesinde mavi altyapı konusunun kentler için öneminin vurgulanması hedeflenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışma alanı Antalya kenti Konyaaltı ilçesini kapsamaktadır (Şekil 1). Türkiye'nin güneyinde, Akdeniz kıyısında bulunan Antalya kentine bağlı Konyaaltı ilçesi gerek konumu gerek su varlıkları bakımından zenginliği, gerek turizm açısından önemi ve Antalya'nın kentleşme sürecinde aldığı göçlerle

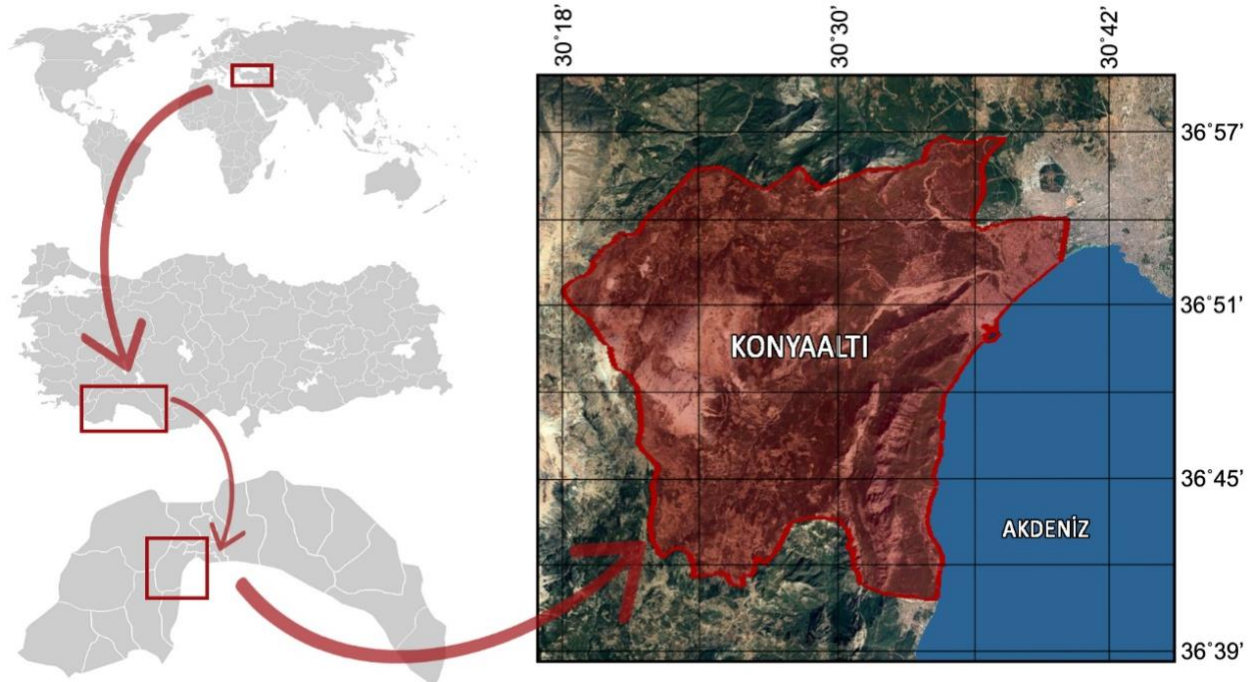
nüfusunun günden güne artması ve buna bağlı olarak doğal su kaynakları için hızla artan talebi ilçenin mavi altyapı planlaması kapsamında değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. Özellikle 1980'lerde turizmde meydana gelen yoğun hareketlilik coğrafi konumu nedeniyle çalışma alanının da içinde bulunduğu Antalya kentini etkilemiş, öncesinde tarımsal kimliğin baskın olduğu şehirde kentsel yayılımın hızla genişlemesine neden olmuştur (Atik vd., 2021).

Uzun sahil bandının yanı sıra; barındırdığı akarsuları, kent içinde hala mevcut olan vadileri ve daha küçük dereler ile zengin bir su ağına sahip (Atik vd., 2021) Konyaaltı, Toros Dağları'nın aldığı yağışlardan gelen Boğaçay ve Sarısu çaylarının alüvyonları ile oluşan bir kıyı ovası niteliğindedir. Çalışma materyalinin bir kısmını Konyaaltı ilçesi doğal ve yapay mavi altyapı unsurları oluşturmaktadır. Bu kapsamda akarsular, dereler, vadiler, kıyı, sazlık ve bataklıklar doğal altyapı unsurlarını tanımlarken, sulama ve drenaj kanalları, göletler, havuzlar yapay mavi unsurları olarak dikkate alınmıştır.

Buna ek olarak çalışma alanı için kentleşmenin mavi altyapıya olan etkisinin de irdelendiği bu çalışmada kentsel alan kullanımları belirlenirken Copernicus Land Monitoring Service tarafından hazırlanan CORINE (2018) ve Urban Atlas (2018) verileri Google Earth (2022) uydu görüntüleri ve arazi gözlemleri ile düzenlenmiştir.

Yağışla yeryüzüne düşen suların yüzey şekilleri boyunca izlediği yollar da doğal drenaj hatları olarak mavi altyapı sisteminin önemli parçalarıdır. Doğal drenaj hatları belirlenirken Copernicus Land Monitoring Service tarafından hazırlanan Dijital Yükseklik Modeli verileri ArcGIS 10.5 programı kullanılarak yapılan analizlerde temel materyallerden biri olmuştur.

Çalışma alanı içerisindeki temel mavi altyapı unsurlarından olan Boğaçay ve Sarısu çayları için Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2022)'den Q100 taşkın debilerine göre taşkın risk bölgeleri verisi de çalışma alanı mavi altyapı bakımından sorunlu alanların belirlenmesi adına kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu.

Figure 1. Location of the study area.

Yöntem

Konyaaltı ilçesi için mavi altyapı sisteminin değerlendirilmesini amaçlayan çalışmada;

- Mavi altyapının 1950'lerin esas alındığı kentleşme öncesi ve mevcuttaki mavi altyapı unsurlarının tanımlanması ve mavi altyapıdaki değişimin belirlenmesi,
- Kentsel alan kullanımlarına bağlı yüzey geçirimsizlik durumunun ortaya konulması,
- Kentlerdeki yüzey geçirimsizliğini önemli düzeyde şekillendiren "doğal drenaj hatları"nın analizi
- Yüzey geçirimsizliği temelinde çalışma alanı için mevcut mavi altyapı durumunun değerlendirilmesi
- Mavi altyapı sistem önerisi kapsamında korunması gereken, iyileştirme alanları ve sorunlu alanlar tespit edilerek öneriler geliştirilmiştir (Şekil 2).

Çalışmanın ilk aşamasında çalışma alanında henüz kentleşmenin olmadığı yıllar olan 1957-1958 yıllarında doğal olarak bulunan mavi altyapı unsurları ile kentleşme sonrası değişime uğramış hali ile mevcut mavi altyapı unsurları belirlenmiştir. Kentleşme öncesi mavi altyapı unsurlarının belirlenmesi için 1957 ve 1958 tarihlerine ait ortofoto görüntüleri kullanılmıştır. Mevcut mavi altyapı unsurları için 1/25000 ölçekli topografik haritalar ile 2023 Google Earth uydu görüntüleri arazi çalışmaları ile birlikte analiz edilmiştir. Bu iki veri karşılaştırıldığında kentleşme ile alanda doğal olarak bulunan mavi altyapı unsurlarının nasıl değiştiği ortaya konulabilmiştir. Bu aşamada çalışma alanı için kentleşmenin mavi altyapı sistemini nasıl etkilediği gözlemlenirken aynı zamanda kentleşmenin etkisiyle kaybedilen mavi altyapı unsurlarının mevcut mavi altyapıyı destekleyebilecek potansiyel mavi altyapı iyileştirme unsurları olarak değerlendirilmiştir.

Kentleşme ile alanda artan geçirimsiz kentsel yüzeyler suyun doğal akışını ve rejimini değiştirmekte, olası drenaj problemlerine ve suyun doğal döngüye katılmadan atık sulara karışarak yitirilmesine neden olmaktadır. Mavi altyapı sisteminin sürdürülebilirliğini ve bağlantılılığını olumsuz yönde etkileyen bu durum, çalışma alanı için kentsel alan kullanımlarına bağlı geçirimsizlik durumunun ortaya konmasını gerekli kılmaktadır. Bu amaçla alan kullanımlarına göre bir geçirimsizlik sınıflaması yapılmıştır.

- Geçirimsiz alanlar: İnsan etkisinden korunmuş doğal alanlar ile açık alanlar, tarım yapılan tarla, meyve bahçesi vb. tarım alanları,
- Yarı geçirimsiz alanlar: Örtü altı tarımın yoğun bulunduğu tarım alanları, insan etkisiyle doğallığı bozulmuş kent içi açık yeşil alanlar ile geçirimsiz yüzeylerin yaygın olmadığı kırsal yerleşim alanları,
- Geçirimsiz alanlar: Tamamen değiştirilmiş, büyük kısmı sert zeminlerle kaplanmış kentsel yerleşim alanları, endüstriyel bölgeler vb. alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Mavi altyapı kapsamında yağışla yeryüzüne düşen suyun doğal döngüye kazandırılmasına kadar geçen süredeki döngüsü özellikle kentsel alanlarda suyun yitilmesinin engellenmesi ve yağmur suyu birikimi açısından önemlidir. Suyun yeryüzünde izlediği yollar ile, drene olduğu, biriktiği veya doğal kaynağına ulaştığı alanların sürdürülebilir mavi altyapı planlaması adına göz önünde bulundurulması ihtiyacı vardır. Çalışma kapsamında ArcMap programı kullanılarak 10x10 cm çözünürlüklü DEM verisi üzerinden yapılan akış yönü, akış birikimi analizleri gerçekleştirilmiş ve doğal drenaj hatları haritası üretilmiştir. Burada doğal drenaj hatları çizgisel bir veri olarak elde edilmiş olup, yüzey akışının yüksek olduğu yerlerde 100 metre, yüzey akışının orta ve düşük olduğu yerlerde ise 50 metre genişliğindeki bir etkileşim zonu tanımlanmıştır. Bu tanımlama, 1990 yılı kıyı kanununda belirtilen yapılaşma sınırları referans alınarak yapılmıştır. Bu sayede yağışla yeryüzüne düşen suyun mavi altyapı kapsamında çalışma alanı içerisinde hangi noktalardan geçip hangi alanlarda drene olduğuna dair gerekli bilgiler alansal olarak elde edilmiştir.

Mavi altyapı ile ilgili olarak yoğun yağışlar sırasında akarsuların taşma ihtimali çok yüksek olan bu bölgeler içerisinde kentleşme sonucunda oluşan geçirimsiz ve yarı geçirimsiz alanlar, suyu drene edemeyeceğinden risk alanları olarak belirlenmiştir. Bu amaçla Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2022)'den Boğaçay ve Sarısu için Q100 taşkın debilerine göre taşkın risk bölgeleri verisi temin edilmiştir.

Aynı zamanda arazi yapısına bağlı yüzey akışına geçen yağmur sularının kaynağına ulaşana kadar izlediği yollar olarak değerlendirilen ve arazi şekillerine bağlı olarak oluşan doğal drenaj hatlarının geçirimsizlik durumu ortaya konulmuştur (Şekil 2). Bu veri sayesinde yağışla yeryüzüne inen suyun izlediği yol boyunca akışa geçtiği geçirimsiz yüzeyler ile drene olduğu geçirimli bölgeler mavi altyapı kapsamında irdelenmesi mümkün olmuştur.

Mavi altyapı sistem önerisi kapsamında korunması gereken, iyileştirilmesi gereken alanlar ile sorunlu alanlar tespit edilmiştir. Burada

- Korunması gereken alanlar; doğal mavi altyapı unsurları ile doğal drenaj hatları ve taşkın risk bölgesi içerisinde bulunan geçirimli alanlar,
- İyileştirme alanları; kentleşme öncesinde mevcut olup günümüzde kaybedilen, yeniden canlandırılabilir potansiyel mavi altyapı unsurları ile doğal drenaj hatları ve taşkın risk bölgesi içerisinde bulunan, yeşil altyapı ile desteklenmesi mümkün olan yarı geçirimli alanlar
- Sorunlu alanlar; doğal drenaj hatları ve taşkın risk bölgesi içerisindeki mavi altyapının gri altyapı ile desteklenmesini gerekli kılan geçirimsiz alanlar olarak belirlenmiştir.

Belirlenen sorunlu alanların tamamen geçirimsiz kentsel yüzeylerle kaplı olması bu alanlara yapılacak olan müdahaleleri kısıtlamaktadır. Burada mavi altyapının iyileştirilmesi adına geliştirilecek çözümlerin sorunlu alanlarla bağlantılı yarı geçirimli alanlar üzerinde gerçekleştirilmesi ile bu alanlar içerisinde mavi altyapının gri altyapı ile desteklenmesi önerilmiştir.



Şekil 2. Çalışma yöntemi akış şeması.

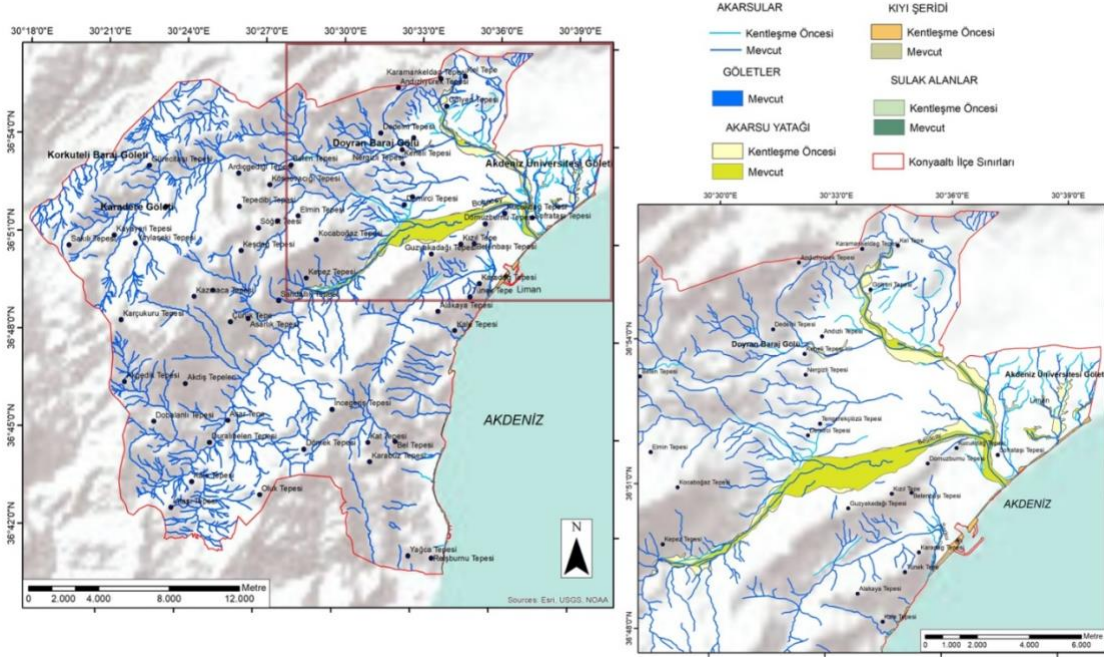
Figure 2. Study method diagram.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Antalya ovası kalkerli yapıda, travertenlerin ve çöküntü alanların ve düdenlerin olduğu bir ovadır. Bu ovada kentin kuzey kesimindeki dağlardan (Beydağları) gelen sular, bu travertenler, düdenler ve çöküntüler vasıtasıyla yeraltına iletilir (Sarigül, 2021). Plansız ve kontrolsüz kentleşme nedeniyle artan geçirimsiz yüzeyler ve sert zeminler bu alanlarda suyun yeraltına iletimini engellediğinden dolayı ani ve yoğun şiddetli yağışlar Antalya için sellere ve taşkınlara sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra Antalya Limanının da bulunduğu Hurma gibi bazı yerleşim alanları özellikle kentleşme öncesi sulak alan özelliği gösteren bölgeler olup, bu bölgelerde son zamanlarda yoğunlaşan kentleşme durumu yüzey sularının bu bölgede yeraltına geçmemesine ve sel taşkın felaketlerine neden olmaktadır (Sarigül, 2021). Konyaaltı ilçesi Antalya kenti içerisinde yüksek kentleşme baskısı altında, fakat mavi altyapı bakımından da oldukça önemli bir yere sahiptir. Günümüzde kent için en önemli su kaynaklarından Boğaçay ve Sarısu akarsularını barındırmaktadır. Pınarbaşı, Gürsu, Arapsuyu, Sarısu, Akkuyu, Kuşkavağı, Suiçecek, Çağlarca, Üçoluk, Kuruçay, Gökdere mahalle isimleri Konyaaltı'nın su kaynakları ve özellikle de mavi altyapı unsurları açısından çeşitliliğinin ve potansiyelinin göstergesidir.

Konyaaltı İlçesi Mavi Altyapı Unsurları

Mavi altyapı unsurları temel olarak kıyılar, akarsular, göller, sulak alanlar, kurumuş akarsu yatakları ve bataklıklardan oluşan doğal unsurlar ve akarsu setleri, biyo-hendekler, göletler, çeşmeler, kanallar, su tutma havzaları ve su drenaj sistemlerinden oluşan yapay unsurlar olarak tanımlanmaktadır (Haase, 2015, European Commission, 2017). Bu kapsamda kentleşme öncesi 1957-1958 yılları potansiyel ve 2023 yılı mevcut mavi altyapı analizleri sonucunda Konyaaltı ilçesindeki mavi altyapı unsurları kıyılar, akarsular, sulak alanlar, göletler ve kanallar olarak belirlenmiştir (Şekil 3).



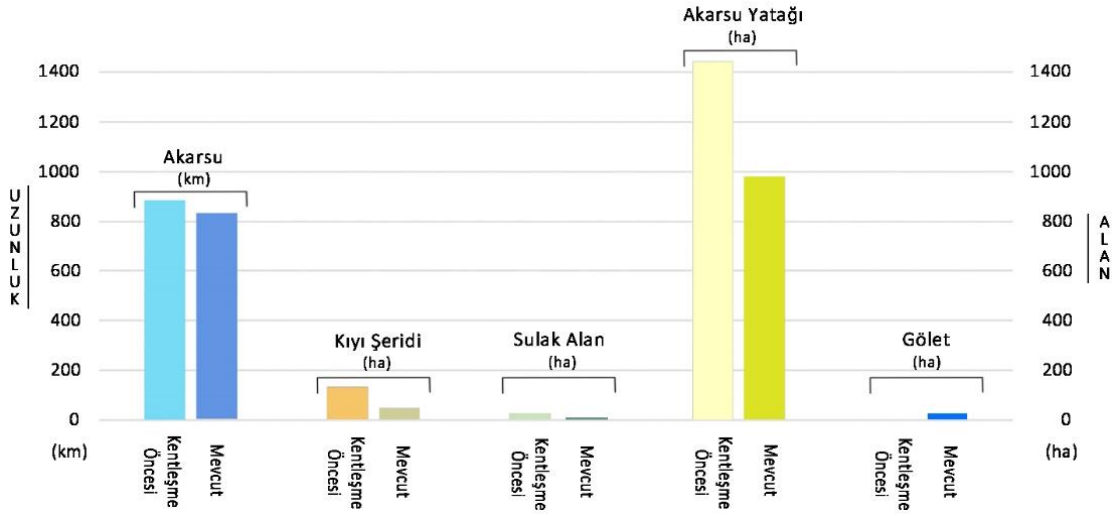
Şekil 3. Konyaaltı ilçesi kenteleşme öncesi ve sonrası mavi altyapı unsurlarının durumu.

Figure 3. Condition of blue infrastructure elements before and after urbanization in Konyaaltı district.

Konyaaltı ilçesi için 1957-1958 yıllarındaki doğal mavi altyapı unsurları ile günümüzde mevcut olarak bulunan mavi altyapı unsurları karşılaştırıldığında, değişimin ağırlıklı olarak ilçenin konut-yerleşim bölgesinde olduğu görülmektedir. Çalışma alanı için kenteleşmenin 48.75 km akarsu kaybına neden olduğu belirlenirken, ekolojik açıdan çok önemli olan sulak alanlarından 23.86 ha'ı kenteleşme ile ortadan kalkmıştır. Akarsu yataklarında kenteleşmenin 461.42 ha'lık alan kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Boğaçay akarsu yatağı, Konyaaltı ilçesindeki konut dokusunun ve kentsel yapının ortasında kalmıştır. Akarsuyun kuruduğu yaz dönemlerinde dere yatağından yoğun bir taş ve malzeme alımı dikkat çekmektedir. Diğer yandan kıyı alanlarında kenteleşme sonrası 82.29 ha kayıp tespit edilmiştir. Buna karşın ilçede sulama amaçlı kullanılmak üzere 5.62 ha yapay gölet oluşturulmuştur (Şekil 4).

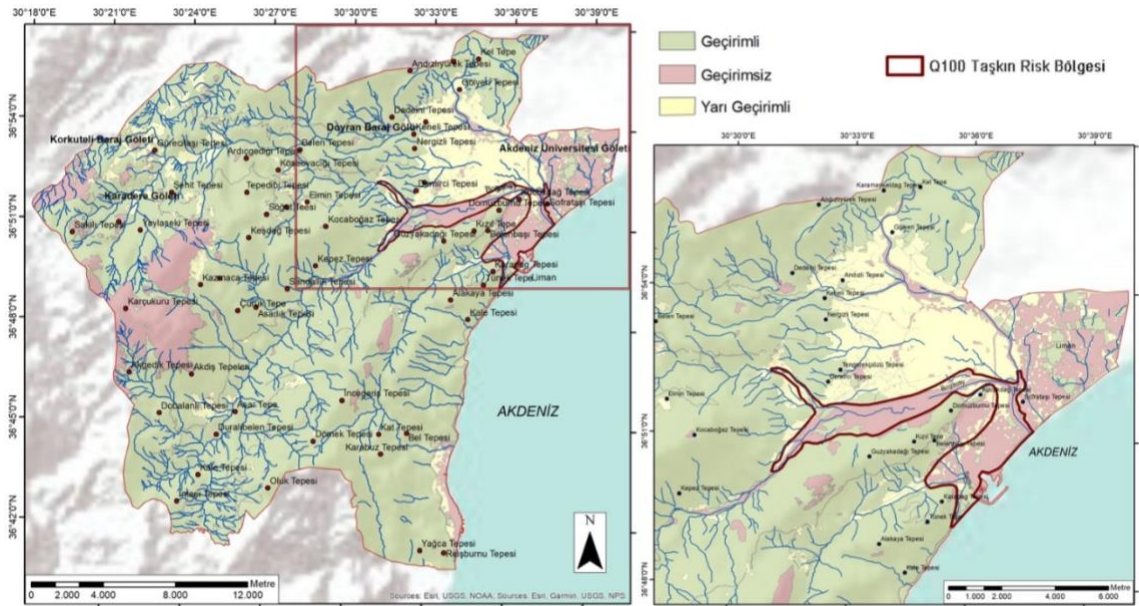
Alan Kullanımlarına Bağlı Geçirimsizlik Durumu

Çalışma kapsamında Konyaaltı ilçesi için alan kullanımlarına bağlı geçirimsizlik durumu irdelenmiştir (Şekil 5). Buna göre ilçenin %77.59'unu geçirimsiz alanların, %12.56'sını geçirimsiz alanların ve %9.85'ini ise yarı geçirimsiz alanların oluşturduğu belirlenmiştir. Sayısal olarak geçirimsiz alanların ilçenin geneline dağıldığı görülürken, burada ilçedeki doğal alanların varlığı önemli rol oynamıştır. Buna karşın kentsel dokunun öne çıktığı ilçenin kuzeydoğu kesiminde geçirimsiz yüzeylerin yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışma alanındaki temel akarsular olan Boğaçay ve Sarısu için belirlenmiş Q100 taşkın risk bölgelerinin (Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2022) geçirimsizlik durumuna bakıldığında bu bölgelerin 1038.88 ha alanı geçirimsiz kentsel yüzeylerle kaplı olduğu tespit edilmiştir. Risk bölgelerinde 251.44 ha yarı geçirimsiz ve 234.34 ha geçirimsiz alanlar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. Konyaaltı ilçesi kentleşme öncesi ve sonrası mavi altyapı unsurlarının değişimi.

Figure 4. Change of blue infrastructure elements before and after urbanization in Konyaaltı district.



Şekil 5. Konyaaltı ilçesi alan kullanımına bağlı geçirimsizlik durumu.

Figure 5. Permeability situation of Konyaaltı district with respect to land uses.

Kentlerde sürdürülebilir mavi altyapı planlaması kapsamında önemli bir diğer konu, yağışla yeryüzüne inen suyun, yeryüzü şekillerine bağlı olarak kaynağına ulaşana kadar izlediği yoldur. Doğal drenaj hatları, kentsel bölgelerin yeniden şekillendirilmesi ve yüzeylerin geçirimsiz veya yarı geçirimli malzemelerle kaplanması dolayısıyla insan unsuruna bağlı olarak değişmektedir. Bu bölgelerde suyun yönlendirilmesi ve kontrolü, sürdürülebilir su yönetimi açısından önemli olup, kentlerde sel riskini de azaltmak adına büyük önem taşımaktadır. Yapılan analizlere göre doğal drenaj hatlarının 1508.29 km²'si geçirimsiz alanlar üzerinde bulunurken, 255.26 km²'si yarı geçirimsiz ve 251.77 km²'si ise geçirimsiz alanlarda yer almaktadır (Şekil 5). Özellikle geçirimsiz ve yarı geçirimsiz kentsel alanlar için yüzey akışının planlanması ve kontrolü mavi altyapı bakımından büyük öneme sahiptir. Bu alanlarda yağmur suyunun yüzey akışı doğru yönetilmediği takdirde bölgede akışa geçemeyen su ani ve yoğun yağışlarda sel felaketini beraberinde getirecek, kaynağına ulaşamayan ve yeraltına sızamayan sular ise atık sulara karışıp yitirilecektir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Hızla artan nüfus ve kentleşmenin doğal çevre ve ekosistemler üzerindeki baskısı ve bu baskının bir sonucu olarak ortaya çıkan iklim değişikliği; doğal kaynakların tükenmesi, habitat kayıpları, doğal dengenin bozulması gibi olumsuz değişimleri beraberinde getirmektedir. Bu noktada kentlerde sürdürülebilirlik, ekolojik planlama, yeşil ve mavi altyapı planlaması iklim değişikliğine dirençlilik ve çevre sorunlarının temel çözümleri arasında kabul edilmektedir. Kentler için mavi altyapı planlaması tüm bu çözümler için ana aşamalardan birisidir. Çalışma alanı olarak seçilen Antalya kenti, Konyaaltı ilçesi hızla artan nüfus ve kentleşmenin etkisi altında sürekli bir değişim halindedir. Değişim halindeki bu kentleri iklim değişikliğine dirençli kılmak adına başvurulan çözümlerin başında ise mavi ve yeşil altyapı planlaması gelmektedir (Mörtberg et al., 2007; Hepcan vd., 2013; Parlak vd., 2022).

Çalışma sonuçları kentleşmenin Konyaaltı ilçesi mavi altyapı unsurları için yaklaşık 48 km uzunluğunda akarsu kaybına, 24 ha sulak alanın yitirilmesine, 82 ha kıyının yok olmasına ve 461 ha'dan fazla akarsu yatağının kentsel alanlarla kaplanmasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu kayıpların çoğunlukla kentleşmenin yoğun olduğu, ilçenin güney kıyı kesimi ile iç kısımlarında yoğun olması, ilçenin doğal özelliğini kaybetmediği kuzey ve batı kesimlerinde ise daha az olması değişimin temel sebeplerinden birinin kentleşme olduğunu destekler niteliktedir. Çalışma alanı olan Konyaaltı ilçesi, mavi-yeşil altyapı sisteminin temel bağlarından olan akarsular ve doğal vadiler bakımından hayli zengin bir bölge olmasına karşın, kent içerisindeki bu alanların üzerinin yapısal unsurlarla kapanması, sistemi büyük oranda riske sokmaktadır. Belirlenen kayıplar, bu mavi altyapı unsurlarına bağlı olan habitatların ve türlerin yok olmasına, suyun yitirilmesine neden olmakta; habitatlar ve ekosistemler için tehlike arz etmektedir. Ekolojik tehlikelerin yanı sıra, bu kentlerde yaşayan insanlar için iklimsel konfor ve estetik alanlarda sosyoekonomik olarak olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Konyaaltı ilçesinin özellikle kuzeydoğu kesimlerinde kentleşmenin hemen gerisinde yoğunlaşan toplamda yaklaşık 877 ha kırsal yerleşim alanı ile ilçe genelinde 4357 ha tarım alanı belirlenmiştir. Turizm dışında en önemli gelir kaynaklarından biri tarım olan Antalya kenti için doğal su kaynakları sosyal ve ekonomik olarak da büyük önem taşımaktadır.

Kent içerisinde su unsurlarının kentsel ısı adası etkisini azalttığı bilinmektedir (Bilgili, 2009; Rozos et al., 2013; Wu et al., 2019; Elma, 2020). Kent dokusu içindeki doğal su kaynakları ve formlarının kaybı ise hem iklimsel konforu hem de ekosistemleri olumsuz etkilemekte ve çoğu zaman kentin estetik değerini düşürmektedir. Geçmişte tarımsal niteliğinin baskın olduğu ilçe merkezi günümüzde çok katlı yapıların, ticari ve turistik alanların, farklı iş kollarından ve farklı kültürlerden birçok insanın bir arada barındığı Türkiye'nin en fazla nüfusa sahip kentlerinden biri haline gelmiş, karakteri ve kentin imgesi büyük bir değişime uğramıştır. Bununla beraber T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü aylık ortalama sıcaklıklarına bakıldığında, kentleşmenin yeni başladığı zamanlar olan 1980 yılı en yüksek ortalama sıcaklığın ağustos ayında 27.9°C olduğu ölçülmüşken, 2020 yılı ağustos ayında aynı istasyonda sıcaklık ortalaması 29.7°C olarak belirlenmiştir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021).

Mavi altyapı kapsamında ele alındığında, özellikle her yıl sel ve taşkın olaylarının sıkça yaşandığı Konyaaltı ilçesi için kentsel alanların oluşturduğu geçirimsiz yüzeylerin miktarı ve kapsamı bu noktada önemlidir. Taşkın risk bölgeleri içerisinde böylesi büyük oranda geçirimsiz kentsel dokunun bulunması su kaynaklarının sürdürülebilirliği konusunda ciddi sorunlar yaratırken, kent için olası taşkın ve sel riskini de artırmaktadır (Berland et al., 2017). Bu yönüyle ele alındığında çalışma alanı mavi altyapı sisteminin değerlendirilmesi ile elde edilen en dikkat çekici bulgulardan biri Boğaçay ve Sarısu nehirleri taşkın risk bölgelerinin 1038.88 ha kısmının geçirimsiz alan kullanımları ile kapalı olmasıdır.

İklim değişikliği ile kentsel gelişim, hidrolojik rejimin de değişimine sebep olmakta, bu durum yüzey akış hızının değişimi, taban suyu seviyesinin azalması, akarsu erozyonları ve doğal afetler gibi olumsuz

sonuçlar doğurmaktadır (Romnée et al., 2015). Bu durum; özellikle de sel, taşkın gibi yüzey sularının yönetimi önlemlerini gerekli kılmaktadır. Coşkun Hepcan (2022)'a göre taşkın doğal bir süreç olarak tanımlanmakla birlikte; ekolojik kentsel planlama kapsamında bu sürecin göz ardı edilmesi taşkın olaylarını bir doğal afet haline getirmektedir.

Yılmaz (2008), topografik özellikler ile şekillen Antalya kentinde yıllık ortalama yağış değerinin 800 mm'yi aştığını, hatta 2003 yılında kente 1773'8 mm yağış düştüğünü belirtmiştir. Kentte yağış miktarının bu denli fazla olmasının nedenlerinden biri coğrafi konumu itibarıyla Toros dağlarında meydana gelen cephe yağışları, diğer neden ise nemli hava kütesinin dağlar boyunca yükselip soğuyarak orografik yağışlara sebep olmasıdır. Kuvvetli siklonik faaliyetlerin yol açtığı yağışlarla birlikte bazen bölgede oluşan hortumların taşkınlara dönüştüğü, kentsel çevreye ve özellikle sera alanlarına büyük zarar vermektedir (Şekil 6). Bu kapsamda kent için mavi altyapı planlaması su döngüsünün iyileştirilmesi, yüzey sularının korunması ve yağmur suyu emiliminin sağlanabilmesi ve bu sayede oluşabilecek felaketlerin azaltılması önem taşımaktadır.



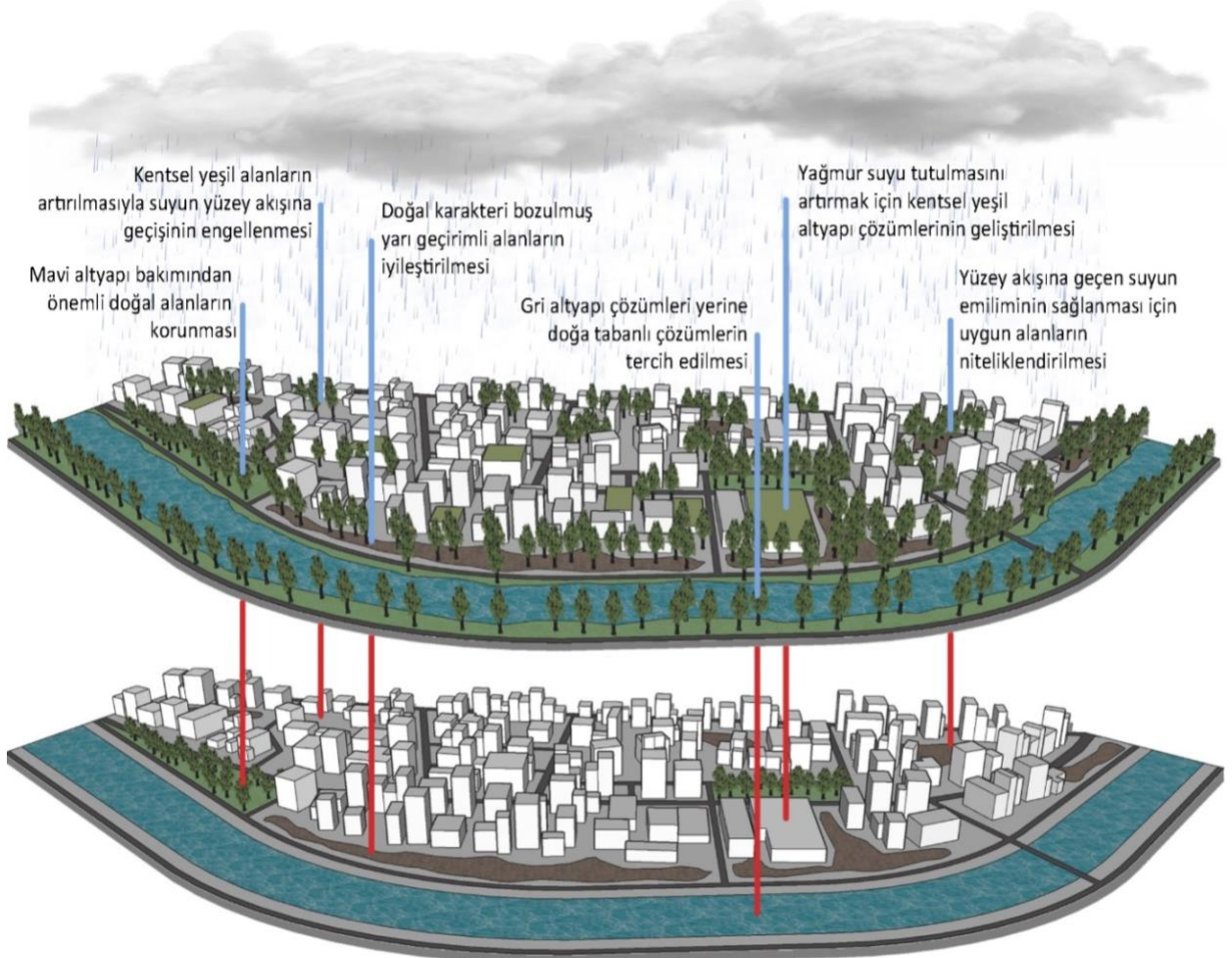
Şekil 6. Antalya'da meydana gelen sel ve taşkınlar: a) Anadolu Ajansı (2018), b) Anonymous (2013), c) İHA (2020), d) T24 Bağımsız İnternet Gazetesi (2020).

Figure 6. Floods and overflows in Antalya: a) Anadolu Ajansı (2018), b) Anonymous (2013), c) İHA (2020), d) T24 Bağımsız İnternet Gazetesi (2020).

Antalya kentindeki su kaynakları yönünden hayli zengin olan Konyaaltı ilçesi su ögeleri, günümüzde gerek kullanım talebinin artmasıyla gerekse kent içerisindeki sert zeminlerin artışıyla yer yer bozulmakta ve yer yer bozulma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Yıldız (2011) geçmişte kentin yoğun yağış aldığı dönemlerde falezlerden gelen suların çağlayanlar oluşturduğunu, fakat günümüzde yanlış imar uygulamaları ile doğal drenaj yüzeylerinin ve su yollarının kapatılması sonucunda falezlerde çöküntüler görüldüğünü belirtmiştir.

Kentlerde mavi altyapı planlaması özellikle iklim değişikliği ile beraber ekolojik planlama kapsamında giderek daha da önemli hale gelmektedir. Buna karşın mavi altyapıyı çevresinden ve yeşil altyapıdan bağımsız düşünmek mümkün değildir. Sun et al. (2017)'a göre ekolojik kentsel altyapı, mavi, yeşil ve gri altyapıların birbirleri ile olan dengeli ilişkisi ile sağlanabilecek bir planlama yaklaşımıdır. Özellikle kentsel alanlarda mavi altyapının, yeşil ve gri altyapı ile birlikte düşünülüp planlanması sürdürülebilirlik kapsamında fayda sağlayacak niteliktedir (Öztaş Karlı & Artar, 2021). Kent içerisinde mavi altyapı kapsamında belirlenen sorunlu alanlar için yüzey suyu akışının düzenlenmesi ve yeşil altyapı çözümlerinin kullanılması önerilmekte, bunun mümkün olmadığı yapılaşmış alanlarda ise gri altyapının değerlendirilmesi söz konusudur. Cheng et al. (2017) etkin bir yağmur suyu yönetiminin kentin su kaynakları üzerinde oluşturduğu baskıyı azaltacak şekilde değerlendirilmesi ve yüzey suyu akışı yağmur sularının kaybını önlemede doğa tabanlı çözümlerin benimsenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Burada, mavi altyapının yeşil altyapı ile desteklenerek yağmursuyu birikimi yapılması, biriktirilen suyun sulama, endüstri gibi ihtiyaçlarda kullanılması kent içi su kullanımının verimini artıracaktır. Bu sayede doğal su döngüsünün ve kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması yanında sel, taşkın gibi doğal afetlerin önlenmesi de mümkündür. Kentsel alanlarda bu doğrultuda ekolojik ve doğa tabanlı bir yaklaşımla uygun

noktalarda yapılacak olan doğru müdahaleler kentlerde doğal su döngüsünün sürdürülebilirliğini destekleyecek olup, aynı zamanda oluşabilecek doğal afetlerin önüne geçecek, sürdürülebilir kentsel gelişimi destekleyecek, kentleri iklim değişikliğine daha dirençli hale getirecek ve kentsel yaşam kalitesini artıracaktır (Şekil 7).

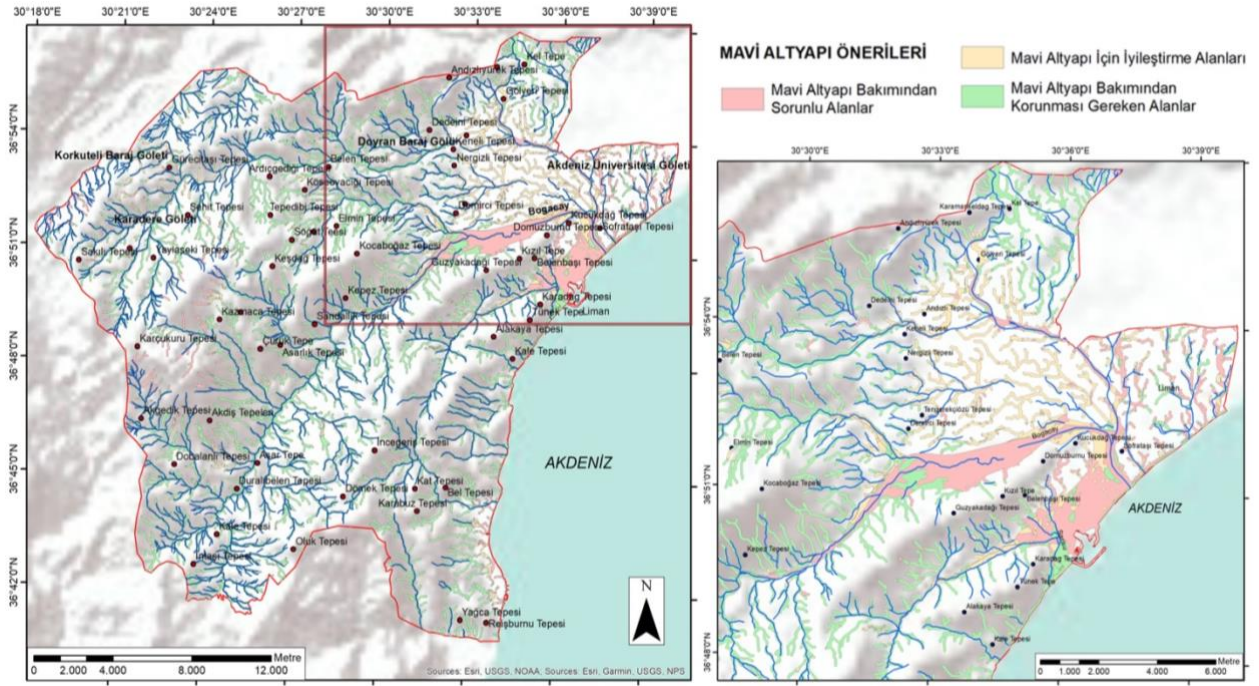


Şekil 7. Kentlerde mavi altyapı planlaması örneği.

Figure 7. Example for blue infrastructure in cities.

Doğal sistemler çok fonksiyonludur ve diğer sistemlerle sürekli ilişki içerisinde. Bu nedenle bu sistemler içerisinde temel unsur olan suyun güvenliği, yağmur suyunun yönetimi, taşkın yönetimi, biyolojik çeşitlilik vb. konuları tek başına ele alan çözüm önerilerinden ziyade ekolojik planlama kapsamında bütünleşik bir planlama yaklaşımı gerekmektedir (Victoria State Government, 2017). İklim değişikliğine dirençli kentler yaratılması adına tek bir hedef odaklı ve genelde gri altyapıya dayalı sunulan yapısal çözüm önerileri uygulandıkları alanlarda beklenen verimi sağlayamamaktadır (Coşkun Hepcan, 2022). Bu durum mavi altyapı kapsamında su kaynakları yönetimi adına su döngüsü ve bu döngünün çevre ile olan diyalogundaki karmaşık ilişkilerin anlaşılması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır (Parlak, 2023).

Buna karşın kentler idari sınırları içerisindeki doğal sistemlerden daha çok ekolojik sınırlar içerisindeki sistemlere de bağımlıdır (Loja et al., 2021). Dolayısıyla sağlıklı, sürdürülebilir ve iklim değişikliğine dirençli çevreler elde edilmesi adına mülki ve idari ayrışmaların temel hedefler doğrultusunda birleşmesi gerekmektedir.



Şekil 8. Konyaaltı ilçesi mavi altyapı sistem önerisi.

Figure 8. Blue infrastructure system proposal of Konyaaltı district.

Konyaaltı ilçesi için, jeolojik özellikleri kapsamında kentsel gelişimini tamamlamış ilçelerden biri olmasına rağmen, yeşil ve gri altyapı desteği ile mavi altyapı sisteminin iyileştirilmesi mümkündür. Çalışma ile Konyaaltı mavi altyapı sisteminin iyileştirilmesi adına mavi altyapı unsurları açısından sorunlu alanlar kentsel ve geçirimsiz doku ile tamamen kaplanmış, yağmursuyu emiliminin mümkün olmadığı, sel ve taşkın suyu birikimi bakımından yüksek riske sahip alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Bu alanlar üzerindeki baskının azaltılması adına kent içerisindeki yarı geçirimli yüzeylerin yeşil altyapı unsurları ile desteklenmesi ve iyileştirilmesi ile mavi altyapı sistemine dahil edilmesi çalışmalarına elverişli alanlar mavi altyapı sisteminin iyileştirilmesi adına müdahalelerde bulunulabilecek iyileştirme alanları olarak tanımlanmıştır (Şekil 8). Bununla birlikte sistemde halihazırda etkin bir role sahip doğal alanlar ve geçirimli yüzeyler ise mavi altyapı kapsamında korunması gereken alanlar olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Boğaçay ve Sarısu taşkın risk bölgesinin 1038.88 ha olarak belirlenen geçirimsiz yüzeylerle kaplı olan kısmı ile, ilçenin yoğun kentsel dokuya sahip doğu kıyıları ile kıyı gerilerinde geçirimsiz yüzeylerin kapattığı doğal drenaj hatları mavi altyapı sistemi içerisindeki sorunlu bölgelerdir. Bu bölgelerin tamamen yapılaşmış olması, mavi altyapının iyileştirilmesi adına yapılacak olan müdahaleleri hayli kısıtlamaktadır. Buralarda mavi altyapı sisteminin desteklenebilmesi adına yalnızca geçici gri altyapı çözümleri geliştirilebilmektedir. Fakat ne yazık ki uzun vadede bu çözümler yeterli olmayacaktır. Buna karşın, kentsel alanların çevresinde genellikle tarımsal ve kırsal niteliğe sahip yarı geçirimli alanlarda, özellikle mavi altyapı bakımından önemli doğal drenaj hatları boyunca sorunlu alanların baskısının azaltılması adına müdahale edilebilir iyileştirme alanları belirlenmiştir. Bu alanlar doğa tabanlı çözümler ve yeşil altyapı uygulamaları ile iyileştirilerek mavi altyapı kapsamında suyun tutulması, sel ve taşkın riskinin azaltılması, bölgenin suya dayalı bağlantılılığının ve doğal su döngüsünün desteklenmesine katkıda bulunacaktır. Bunların yanı sıra, çalışma alanı sınırları içerisinde yüzölçümü olarak hayli yoğun miktarda bulunan doğal alanların, özellikle de bu alanlardan geçen doğal drenaj hatlarınının mavi altyapı sisteminde en verimli ve en önemli bölgeler olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. İlçenin batı ve orta kesimlerinde yoğunlaşan bu alanlar mavi altyapı sistemi için korunması gereken alanlardır.

Kentleşmeden dolayı kaybedilen mavi altyapı unsurlarının özellikle kritik noktalarda iyileştirilmesinin sağlanması, geçirimsiz yüzeylerin yoğun olduğu bölgelerde koşullar elverdiğince su toplama alanları, biyohendekler, yeşil çatılar, yağmur bahçeleri vb. mavi-yeşil altyapı çözümlerinin üretilmesi alan geçirimsizliğini artıracak olup, tamamen yapılaşmış alanlar için suyun drenajı ve toplanması için kanallar, borular vb. yapısal gri altyapı unsurlarının desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Konyaaltı İlçesindeki önemli mavi altyapı unsurlarının başında gelen Boğaçay ve Sarısu çayları çevresindeki kentleşmeden olumsuz olarak etkilenmektedir. Ekolojik kapsamda oluşan baskının yanı sıra dere taşkın yatağında kentleşmenin bu denli yoğun olması Antalya iklimi için tipik olan yoğun yağış zamanlarında taşkınlara ve sel felaketlerine neden olarak kent halkını maddi ve manevi olarak zora sokmaktadır. Bu noktada kentsel alanlardan etkilenen doğal drenaj hatlarının özellikle kentsel alanlarda yeniden açığa çıkarılması suyun kentte birikimini ve olası felaketler ile su kaybı riskini azaltacaktır. Fakat öneriler kısa vadede ve küçük ölçekte geçici çözümler sunarken, ileriye dönük ekolojik planlama hedefleri açısından daha geniş ölçekte ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması ihtiyacı vardır.

Antalya kenti merkez ilçelerinden biri olarak Konyaaltı ilçesi halen hızla artan nüfus ve buna bağlı artan kentsel alanların yüksek baskısı altındadır. Bu baskı kentsel gelişmenin Boğaçay'ın üst kısımlarındaki Çakırlar bölgesi gibi ilçenin kuzey kısımlarında mevcut kırsal ve tarımsal alanlara yönelmesine sebep olmaktadır. Kentleşme baskısına rağmen çalışma alanı halen mavi altyapı unsurları ile buna bağlı olarak yeşil altyapı unsurları bakımından çeşitlilik göstermektedir. İklim değişikliği ve bu değişikliğin kentlerdeki olumsuz etkilerinin yönetilebilmesi için imar planlarında bu çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi adına kararlar alınması gerekmektedir. Bu kapsamda kent ekolojisi, kent sosyolojisi, çevre sağlığı, doğal su kaynaklarının sürdürülebilirliği, doğal yeşil alanların iyileştirilmesi, geleneksel tarım alanlarının korunması gibi faydaların gözetilmesi kentin iklim değişikliğine dirençli hale gelmesinde büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Alves, A., B. Gersonius, Z. Kapelan, Z. Vojinovic & A. Sanchez, 2019. Assessing the co-benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management*, 239: 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.036>
- Anaç, S., E. Özçakal & G. Pamuk Mengü, 2011. Sanal su Kavramı ve su yönetiminde önemi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (2): 159-164. ISSN 1018-8851
- Anadolu Ajansı, 2018. Antalya'da kuvvetli yağış kenti esir aldı. (Web sayfası: <https://www.haberturk.com/antalya-da-kuvvetli-yagis-kenti-esir-aldi-2263558>) (Erişim tarihi: Eylül 2023).
- Anonymous, 2013. Antalya'da sel. (Web sayfası: <https://www.ensonhaber.com/galeri/antalyada-sel/3>) (Erişim tarihi: Eylül 2023).
- Atik, M., V. Ortaçşeme & E. Yıldırım, 2021. "Anticipating an urban green infrastructure design for Turkish Mediterranean city of Antalya, 243-263". In: *Urban Services to Ecosystems: Green Infrastructure Benefits from the Landscape to the Urban Scale*. (Eds. C. Çatalano, M.B. Adreucci, R. Guarino, F. Bretzel, M. Leone & S. Pasta), Springer Cham, Switzerland, 533 pp.
- Battemarco, B.P., R. Tardin-Coelho, A.P. Veról, M.M. de Sousa, C.V.T. da Fontoura, J. Figueiredo-Cunha, J.M.R. Barbedo & M.G. Miguez, 2022. Water dynamics and blue-green infrastructure (BGI): Towards risk management and strategic spatial planning guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 333: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129993>
- Berland, A., S.A. Shiflett, W.D. Shuster, A.S. Garmestani, H.C. Goddard, D.L. Herrmann & M.E. Hopton, 2017. The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162: 167-177. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>
- Bilgili, C., 2009. Ankara Kenti Yeşil Alanlarının Kent Ekosistemine Olan Etkilerinin Bazı Ekolojik Göstergeler Çerçevesinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış) Doktora Tezi, Ankara, 165 s.
- Cheng, C., Y.C.E. Yang, R. Ryan, Q. Yu & E. Brabec, 2017. Assessing climate change-induced flooding mitigation for adaptation in Boston's Charles River watershed. *USA. Landscape and Urban Planning* 167: 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.05.019>

- Coşkun Hepcan, Ç., 2022. Nature based solutions and urban resilience. Çevre, Şehir ve İklim Dergisi, 1 (2):19-40.
- Elma, S., 2020. Parkların Mikroiklimsel Etkilerinin Aydın Kanza Parkı (Antalya) Örneğinde İncelenmesi. Akdeniz Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 91s.
- European Commission, 2017. Urban Green Infrastructure: Connecting People and Nature for Sustainable Cities A Summary for Policy Makers. (Eds. T.J.M. Mattijssen, A.S. Olafsson, M.S. Møller, N. Gulsrud & O.H. Caspersen) Green Surge Project. Seventh Framework Programme, Freising /Munich, 25 pp.
- Google Earth, 2023. Antalya kenti uydu görüntüsü. (Web sayfası: <https://earth.google.com>) (Erişim tarihi: Mayıs 2023).
- Haase, D., 2015. Reflections about blue ecosystem services in cities. Sustainability of Water Quality and Ecology, 5: 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.02.003>
- Hepcan, Ş., Ç. Coskun Hepcan, C. Kılıçaslan, M.B. Özkan & N. Kocan, 2013. Analyzing landscape change and urban sprawl in a Mediterranean coastal landscape: a case study from Izmir, Turkey. Journal of Coastal Research, 29 (2): 301-310. Doi: 10.2307/23353628
- Iojă, C.I., D.L. Badiu, D. Haase, A.C. Hossu & M.R. Niță, 2021. How about water? Urban blue infrastructure management in Romania. Cities 110: 1-9 <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103084>
- IHA, 2020. Antalya'da sel 9 bin 530 dekar ekili alana zarar verdi. (Web sayfası: <https://www.cumhuriyet.com.tr/haber/antalyada-sel-9-bin-530-dekar-ekili-alana-zarar-verdi-1798663>) (Erişim tarihi: Eylül 2023)
- Karadan, D. & T. Birişçi, 2020. Su ögesi ve peyzaj tasarımında kullanımlarının İzmir'deki alışveriş merkezleri örneğinde irdelenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57 (4): 130-140. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.690231>
- Kati, V. & N. Jari, 2016. Bottom-up thinking-Identifying socio-cultural values of ecosystem services in local blue-green infrastructure planning in Helsinki, Finland. Land Use Policy, 50: 537-547. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.031>
- Langemeyer, J. & F. Baró, 2021. Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks: A cross-scale, co-creation approach. Nature-Based Solutions, 1: 1-11 <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100006>
- Li, F., X. Liu, X. Zhang, D. Zhao, H. Liu, C. Zhou & R. Wang, 2017. Urban ecological infrastructure: an integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems. Journal of Cleaner Production, Beijing, 163: 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.079>
- Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2022. Boğaçay ve Sarısu Nehirleri Q100 Taşkın Risk Bölgeleri Haritası. Meteoroloji 4. Bölge Müdürlüğü. Muratpaşa, Antalya.
- Mörtberg, U.M., B. Balfors & W.C. Knol, 2007. Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning. Journal of Environmental Management, 82 (4): 457-470. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.01.005>
- NRDC, 2022. What are the effects of climate change? (Web sayfası: <https://www.nrdc.org/>) (Erişim tarihi: Kasım 2022).
- Oral, H.V., P. Carvalho, M. Gajewska, N. Ursino, F. Masi, E.D. van Hullebusch, J.K. Kazak, A. Exposito, G. Cipolletta, T.R. Andersen, D.C. Finger, L. Simperler, M. Regelsberger, V. Rous, M. Radinja, G. Buttiglieri, P. Krzeminski, A. Rizzo, K. Dehghanian, M. Nikolova, & M. Zimmermann, 2020. A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: A critical assessment based on case studies and literature. Blue-Green Systems, 2 (1): 112-136. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.932>
- Öztaş Karlı, R.G. & M. Artar, 2021. Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 58 (1): 145-162. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.851375>
- Parlak, E., 2022. Antalya Kenti Mavi Altyapı Sisteminin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 89 s.
- Parlak, E. & M. Atik, 2020. Dünyadan ve ülkemizden mavi-yeşil altyapı uygulamaları. PEYZAJ-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi 2 (2): 86-100 ISSN 2687-2358
- Parlak, E., E. Yıldırım & M. Atik, 2022. "Geçmişten Günümüze Ekolojik Planlama Yaklaşımlarının Mavi-Yeşil Altyapı Kapsamında Değerlendirilmesi, 3-38". In: Yeşil Altyapı (Ed. Bayrak) İksad Publishing House, Ankara, 180 pp.
- Romnée, A., A. Evrard & S. Trachte, 2015. Methodology for a stormwater sensitive urban watershed design. Journal of Hydrology 530: 87-102 <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.09.054>

- Rozos, E., C. Makropoulos & Ć. Maksimović, 2013. Rethinking urban areas: An example of an integrated blue-green approach. *Water Science and Technology: Water Supply*, 13 (6): 1534-1542. <https://doi.org/10.2166/ws.2013.140>
- Sarıgül, A., 2021. Yüzyüze uzman görüşmesi. ASAT (23.02.2021)
- Sun, X., X. Liu, F. Li, Y. Tao & Y. Song, 2017. Comprehensive evaluation of different scale cities' sustainable development for economy, society, and ecological infrastructure in China. *Journal of Cleaner Production* 163: 329-337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.002>
- T24 Bağımsız İnternet Gazetesi, 2020. Antalya'yı sel vurdu; tarım alanlarında büyük zarar. (Web sitesi: <https://t24.com.tr/foto-haber/antalya-yi-sel-vurdu-tarim-alanlarinda-buyuk-zarar,10559>) (Erişim tarihi: Eylül 2023)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021. Aylık Ortalama Sıcaklık (°C). İstasyon Adı/No: ANTALYA HAVALİMANI/17300.
- TDK, 2023. Türk Dil Kurumu sözlükleri. (Web sitesi: <https://sozluk.gov.tr/>) (Erişim tarihi: Şubat 2020)
- Toledo-Gallegos, V.M., N.H.D. My, T.H. Tuan & T. Börger, 2022. Valuing ecosystem services and disservices of blue/green infrastructure. Evidence from a choice experiment in Vietnam. *Economic Analysis and Policy* 75: 114-128 <https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.04.015>
- UN, 2022. Water and sanitation. (Web sitesi: <https://sdgs.un.org/topics/water-and-sanitation>) (Erişim tarihi: Kasım 2022)
- Victoria State Government (VSG), 2017. Planning A Green-Blue City A How-To Guide For Planning Urban Greening And Enhanced Stormwater Management In Victoria. Department of Environment, Land, Water and Planning. E2designlab. Australia. 76 pp
- Wu, C., J. Li, C. Wang, C. Song, Y. Chen, M. Finka & D. La Rosa, 2019. Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface temperature. *Science of the Total Environment*, 694: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133742>
- Yıldız, A., 2011. Akdeniz'e Düşen Mürekkep Damlaları. Aydın Dijital Baskı Merkezi, Antalya. 286 s
- Yılmaz, F. K., 2008. Antalya'nın günlük yağış özellikleri ve şiddetli yağışların doğal afetler üzerine etkisi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (1): 19-65.



Araştırma Makalesi
(Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):705-721
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1342790>

Mustafa AKBABA^{1*}

Tuba GENÇ KESİMCİ¹

¹ İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 76000, Merkez, İğdir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):
mustafa.akbaba@outlook.com

Domateste toprak kökenli fungal patojenlerin mücadelesinde rizobakterilerin kullanilma potansiyeli

The potential of rhizobacteria to control soil-borne fungal pathogens in tomato

Received (Alınış): 14.08.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 27.11.2023

ÖZ

Amaç: Domates bitkisinde hastalığa neden olan toprak kökenli funguslara karşı, domates bitkilerinin rizosferinden izole edilen rizobakterilerin biyolojik mücadele potansiyellerinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem: 10 farklı rizobakteri izolatının bitki gelişimini teşvik etme ve 3 farklı fungal patojene (*Fusarium oxysporum* HMK2-6, *Rhizoctonia solani* HB-66, *Verticillium dahliae* YY-14) karşı biyokontrol potansiyelleri *in vitro* koşullarda belirlenmiştir. Ayrıca, aralarından seçilen iki rizobakteri izolatının *R. solani*'ye karşı etkisi *in vivo* koşullarda belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: *Pseudomonas chlororaphis* T142 strainin %19.9 ve *Bacillus subtilis* T139 straininin %11.9 oranında biyokontrol etki göstererek *R. solani*'nin hastalık şiddetini azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca *Bacillus subtilis* T139 izolatı, domates bitkilerinin kök gelişimini kontrole göre artırmıştır.

Sonuç: Çalışmada kullanılan rizobakteri izolatları domateste *R. solani*'nin biyolojik mücadelesi için ümit vadecici sonuçlar ortaya koymuştur.

ABSTRACT

Objective: The aim is to determine the biological control potential of rhizobacteria isolated from the rhizosphere of tomato plants against soil-borne fungi that cause disease in tomato plants.

Materials and Methods: The biocontrol potentials of 10 different rhizobacteria strains against 3 different fungal pathogens (*Fusarium oxysporum* HMK2-6, *Rhizoctonia solani* HB-66, *Verticillium dahliae* YY-14), and their plant growth-promoting characteristics were determined *in vitro*. In addition, the effects of two selected strains among these strains against *R. solani* were determined *in vivo*.

Results: It has been determined that *Pseudomonas chlororaphis* strain T142 and *Bacillus subtilis* strain T139 decreased the disease severity of *R. solani* at rates of 19.9% and 11.9%, respectively. In addition, *Bacillus subtilis* strain T139 increased the root growth of tomato plants compared to negative control.

Conclusion: Rhizobacteria strains in this study showed promising results for the biological control of *R. solani* in tomato plants.

Anahtar sözcükler: Domates, Rizobakteri, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Verticillium* sp.

Keywords: Tomato, Rhizobacteria, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Verticillium* sp.

GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae), dünya genelinde üretimi, tüketimi ve ticareti en çok yapılan tarımsal ürünler arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Keskin & Dölekoğlu, 2004). Türkiye’de domates yetiştiriciliği, açıkta ve örtü altında yapılmaktadır. 2021 yılı verilerine göre, 189.133.955 ton olan dünya domates üretiminin %6.92’sini üreten Türkiye, domates üretiminde Çin ve Hindistan’ın ardından üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2021).

Bitkiler yaşam süreçlerinin birçok evresinde çevrelerinde bulunan çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörler bitki metabolizmasını olumsuz etkileyerek bitki gelişimini sınırlandırmakta veya sonlandırmaktadır (Gürel & Avcioğlu, 2001). Bitkiler üzerinde strese neden olan faktörler; abiyotik ve biyotik olarak iki gruba ayrılmaktadır. Soğuk, sıcak, kuraklık, tuzluluk, su fazlalığı, radyasyon, çeşitli kimyasallar, oksidatif stres, rüzgâr ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel faktörler abiyotik stres faktörleri olarak değerlendirilir. Virüs, viroid, bakteri, fitoplazma, fungus ve fungus benzeri organizmaları içeren patojenler, böcekler ve herbivorlar ise biyotik stres faktörleridir (Mahajan & Tuteja, 2005).

Biyotik faktörler arasından özellikle funguslar, domates yetiştiriciliğinde ekonomik anlamda zarar oluşturan başlıca mikroorganizma grubunu oluşturmaktadır. *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, *Fusarium solani*, *Phytophthora capsici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Pyrenochaeta lycopersici*, *Macrophomina phaseolina* ve *Pythium ultimum* gibi fungal patojenler tarla ve sera koşullarında domateste önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Yucel et al., 2008). Toprak kaynaklı patojenler arasında yer alan *Verticillium*, *Fusarium* ve *Rhizoctonia* türleri çökerten, solgunluk, kök ve gövde çürüklükleri gibi önemli hastalıklara neden olmaktadır (Agrios, 2005). Özellikle *R solani*, dünya çapında yıllık ürün kaybına (%20-40) neden olan Solanaceae familyasına ait tarımsal ürünlerde farklı hastalıklara neden olan, toprak kaynaklı önemli bir fungal bitki patojenidir (Ghosh et al., 2017). Domateste oluşturduğu zarar ile öne çıkan bu patojenin virülensliği, anastomosis grupları ve mücadelesi ülkemizde yoğun bir şekilde çalışılmıştır (Tuncer & Erdiller, 1990; Demirci & Döken, 1995; Yıldız & Döken, 2002; Buhur, 2014; Yıldırım, 2017; Aşkın vd., 2018; Durak & Ok, 2019; Eken & Tuncer, 2019; Teniz, 2020). Bu hastalıkların mücadelesinde bitki atıklarının yok edilmesi, solarizasyon, ekim nöbeti ve fungusit uygulamaları gibi yöntemler önerilmektedir. Ancak fungusit uygulamalarının çevresel ve ekonomik nedenlerden dolayı uygulanmasının zor ve tehlikeli olması, bu patojenlerin fungusitlere karşı dayanıklılık oluşturması mücadelede karşılaşılan zorluklar arasında yer almaktadır (Çapar, 2012; Panth et al., 2020). Bununla birlikte geniş bir konukçu dizinine sahip olmaları (Fiers et al., 2012), mikrosklerot, sklerot, klamidospore ve oospore gibi dayanıklı yapıları sayesinde toprakta ve bitki atıklarında uzun süre canlı kalmaları (Panth et al., 2020; Duff & Firrell, 2021; Parajuli et al., 2022) bu patojen grubuyla mücadelenin etkinliğini sınırlandırmaktadır. Mücadelede karşılaşılan bu zorluklar, araştırmacıları alternatif yöntemler geliştirmeye yöneltmiştir. Biyolojik mücadele; çevre dostu ve sürdürülebilir bir yöntem olmasıyla bu fungal hastalıkların mücadelesinde tercih edilen bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Son yıllarda araştırmacılar arasında, bitki hastalıklarının biyolojik mücadelesi için bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPB)’in kullanımı oldukça yaygındır. Bu bakteriler arasından, özellikle bitki kökleriyle birlikte yaşayan bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri (PGPR)’ler, çeşitli mekanizmalar ile bitki büyümesini artırırken, çevresel ve biyotik streslerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Altunlu, 2020). Tohumlara inokulasyonun ardından bitki köklerini kolonize eden ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler ilk olarak Kloepper & Schroth (1978) tarafından tanımlanmıştır. Bitki kök dokularının içerisini (endofitik) ve yüzeyini (epifitik) kolonize eden rizobakteriler, serbest yaşayarak veya bitki kökleri ile ortak bir ilişki kurarak bitki gelişimini olumlu yönde etkileyebilmektedir (Vejan et al., 2016; Kumar et al., 2017; Kumari et al., 2019). PGPB’ler, bitki gelişimini teşvik eden, bitkileri biyotik ve abiyotik strese karşı farklı mekanizmalar ile koruyabilen yararlı bakterilerdir. Bu yararlı bakteriler entegre mücadelenin önemli bir parçası olarak gelişmiş ülkelerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Akbağa & Özaktan, 2021). Yapılan birçok çalışmada *R. solani*, *V. dahliae* ve *F. oxysporum* patojenlerinin biyolojik mücadelesinde çeşitli

bakteriyel etmenlerin kullanıldığı ve başarılı sonuçların alındığı tespit edilmiştir (Grosh et al., 2005; Bubici et al., 2013; Ben Abdallah et., 2015; Zohora et al., 2016; Safdarpour & Khodakaramian, 2019; Su et al., 2021). Özellikle *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerinin etkinliği, çeşitli araştırma sonuçlarında vurgulanmıştır (Larkin & Fravel, 1998; Liu et al., 2010; Huang et al., 2012; Su et al., 2021).

Toprak kaynaklı bitki patojenleri, tarımsal ürünler üzerinde çeşitli şekillerde zararlı etkilere sahiptir (Jambhulkar et al., 2015). Dünya çapında tarımsal ürün yetiştiriciliğinde, toprak kaynaklı bitki patojenlerinin üretimde ve verimde ciddi kayıplara neden olması yüksek ürün maliyetlerine yol açmaktadır (Panth et al., 2020). Rizosferdeki mikrobiyal aktivite ise hem doğal hem de yönetilen tarımsal topraklarda patojenlerin girişine çok yatkın olan köklerde hastalığa neden olan toprak kaynaklı bitki patojenlerini baskılanmasında kilit rol oynamaktadır (Hariprasad & Umesha, 2007; Rani et al., 2007). Bu kapsamda domates bitkisinde hastalığa neden olan toprak kökenli funguslara karşı, domates bitkilerin rizosferinden izole edilen rizobakterilerin biyokontrol aktivitelerinin belirlenmesi bu çalışmada amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bitkisel materyal, patojen ve rizobakteriler

Bu çalışma Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü iklim odası şartlarında 2022-2023 yıllarında yapılmıştır. Bu çalışma için Iğdır (Türkiye) ilinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan; güçlü bitki gelişimine sahip oturak domates grubuna ait beef tipde ve tuza orta düzeyde tolerant yerel genotip "Süper" domates çeşidi bitkisel materyal olarak tercih edilmiştir (Özden, 2019). Patojen izolatları olarak; farklı projelerden elde edilen fitopatoloji labortatuvarı stoklarında bulunan *Fusarium oxysporum* HMK2-6 (Proje No: 2017-FBE-L18), *Rhizoctonia solani* HB-66 (Proje No: ZİF1220Y13) ve *Verticillium dahliae* YY-14 (Proje No: 2018-FBE-A08) izolatları fungal materyal olarak kullanılmıştır. Ayrıca Iğdır ilinde 2020 yılında yapılan sörveylerde Tuzluca, Aralık, Karakoyunlu ve Merkez ilçelerinde domates yetiştiriciliği yapılan alanlardan toplanan domates bitkilerinin rizosferinden (kök yüzeyinde kalan topraktan) bakteri izolasyonları yapılmıştır. Köklerde kalan toprak parçacıkları, kurutma kağıdı üzerine çırpılmış ve daha sonra polietilen torbalar içerisine alınmıştır. Polietilen torbalardan alınan toprak örnekleri (1 g), steril fosfat tamponu (10 ml) içeren falkon tüplere (15 ml) konulmuştur. Tüpler 135 rpm'de 30 dk. boyunca çalkalayıcıda tutulmuştur. Elde edilen süspansiyonlar, 10^{-1} 'den 10^{-7} 'e kadar seyreltilmiştir. Daha sonra bu seyreltme serilerinden 100 µl alınmış. petri kaplarında bulunan Triptik Soya Agar (TSA) yüzeyine yayılmıştır. Petriler $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 48 saat boyunca inkubasyona bırakılmıştır. Gelişen bakteri kolonileri saflaştırılmıştır (Naseem & Bano. 2014). Saflaştırılmış rizobakterilere tütün bitkisinde HR, patates bitkisinde pektolitik aktivite, Gram testi (KOH), floresan pigment üretimi ve 37°C gelişme gibi testler uygulanmıştır (Schaad et al., 2001). Bu testlerin sonuçlarına göre, -80°C 'de stoklanmış olan 10 rizobakteri izolatu bu çalışmada uygulama materyali olarak kullanılmak üzere seçilmiştir. Ayrıca Triptik Soya Agar (TSA), King's medium B (KB), Nutrient Agar (NA) ve Nutrient Broth (NB) gibi besi ortamlarından bakteri kolonilerinin geliştirilebilmesi aşamasında yararlanılmıştır (Schaad et al., 2001).

In vitro'da rizobakterilerin bitki gelişimini teşvik etme potansiyellerinin belirlenmesi

Çalışmada kullanılan 10 rizobakteri izolatının, bitki gelişimini teşvik etme potansiyellerinin belirlenebilmesi için aşağıda belirtilen *in vitro* testler uygulanmıştır.

Siderofor üretim aktivitelerinin belirlenmesi

Bakterilerin siderofor üretim potansiyelleri Chrome Azurol S (CAS) eklenmiş Blue-CAS Agarda belirlenmiştir (Louden et al., 2011). -80°C saklanan bakteri kültürleri ilk önce NA içeren petrilere ekilmiş ve $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 48 saat boyunca inkubasyona bırakılarak canlandırılmış ve bakteri kolonileri $+4^\circ\text{C}$ 'de günlük kullanım için saklanmıştır. Test için $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 48 saat boyunca TSA ortamında geliştirilen saf bakteri kolonileri, steril saf su içinde süspansiyon edilmiştir. Bakteri süspansiyonları $\text{OD}_{600\text{nm}}$: 0.1 konsantrasyonda hazırlanmıştır. Her bakteri kültüründen 2 µl alınarak Blue-CAS Agar içeren petrilere inokule edilmiştir. Petriler, $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 72 saat süre ile inkübe edilmiştir. Blue-CAS Agar'da bakteri kolonilerin etrafında

sarı-turuncu bir hale oluşumu, siderofor üretiminin göstergesi olarak kabul edilmiştir (Şekil 1a). Oluşan halelerin çapı ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Denemeler 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Fosfatı çözebilme aktivitelerinin belirlenmesi

NBRIP (National Botanical Research Institute's Phosphate) besi ortamı, rizobakterilerinin trikalsiyum fosfat gibi çözünmeyen kaynaklardan fosfatı çözme yeteneğini tespit etmek için kullanılmıştır (Nautiyal, 1999). Bakteriyel süspansiyonlar önceki bölümde anlatıldığı gibi hazırlanmıştır. Her bakteri kültüründen 2 µl alınarak NBRIP Agar'a inokule edilmiştir. Petriler 7 gün boyunca 24 ± 2 °C'de inkübe edilmiş ve kolonilerin etrafında berrak bir halenin oluşumu, fosfatın çözüldüğünün göstergesi olarak kabul edilmiştir (Şekil 1b). Oluşan halelerin çapı ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Denemeler 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Nitrojen fiksasyon aktivitelerinin belirlenmesi

Rizobakterilerin nitrojeni fikse etme yeteneği, nitrojen içermeyen Bromthymol Blue yarı katı (NFb) ortamı kullanılarak tespit edilmiştir. Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi hazırlanan bakteri süspansiyonlarından 100 µL alınarak, yarı katı bir NFb ortamı (2,5 ml) içeren bir test tüpüne (5 ml) inokule edilmiştir. İnoküle edilen tüpler 7 gün boyunca 24 ± 2°C'de inkübe edilmiş, ortam yüzeyinin altında oluşan duman benzeri bir halkanın varlığı (pelikül) ve renk değişimine göre sonuçlar değerlendirilmiştir (Caceres, 1982; Baldani et al., 2014; Widawati & Suliasih, 2019). Pelikül oluşumu ve renk değişimi, 0'dan 3'e kadar bir görsel derecelendirme ölçeği kullanılarak 7 gün sonra değerlendirilmiştir. Ölçek: 0 = renk ve pelikül oluşumunda değişiklik yok; 1 = renk değişikliği ve zar oluşumu yok; 2 = renk değişikliği ve zayıf zar oluşumu; 3 = renk değişikliği ve güçlü zar oluşumu (Şekil 1c). Nitrojen fiksasyonu aktiviteleri ölçek dikkate alınarak, negatif (-), pozitif (+), ortalama (++) ve iyi (+++) olarak değerlendirilmiştir.

IAA üretim aktivitelerinin belirlenmesi

IAA aktivitesi, L-triptofan içeren NB sıvı ortamında kolorimetrik yöntem kullanılarak spektrofotometrede optik densite (OD) okunarak kantitatif olarak saptanmıştır (Gang et al., 2019). Rizobakterilerin IAA üretimi, L-triptofan (L-TRP) varlığında kolorimetrik olarak değerlendirilmiştir. L-triptofan (0.5 g) içeren NB besiyeri (100 mL), 250 ml'lik bir beherde hazırlanmıştır. Daha sonra bu besiyerinden 2.5 ml alınarak, 5 ml'lik test tüplerine konulmuştur ve tüpler otoklavda sterilize edilmiştir. Otoklavdan çıkarılan tüpler 50°C'ye kadar soğutulmuş ve daha önceki bölümlerde anlatıldığı şekilde hazırlanan 100 µl bakteri kültürü ile inokule edilmiştir ve üniform bir süspansiyon elde edilene kadar vortekslenmiştir. Negatif kontrol olarak kullanılan tüplere steril saf su (100 µl) eklenmiştir. Tüpler 48 saat boyunca 24 ± 2°C'de, 120 rpm'de çalkalanarak karanlıkta bir ortamda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası elde edilen sıvı kültürler 1.5 ml'lik mikrosantrifüj tüplerine alınarak mikrosantrifüjde 16.278 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. İşlem sonunda elde edilen süpernatanttan 1 ml alınarak ayrı bir tüpe aktarılmış ve üzerine 1 ml Salkowski ayırıcı (2 ml 0.5 M FeCl₃ + 98 ml %35'lik HClO₄) ilave edilerek ve 30 dk. boyunca 24 ± 2°C'de karanlık bir ortamda renk oluşumu için bekletilmiştir. Negatif kontrol de aynı prosedüre tabi tutulmuştur. Süre sonunda spektrofotometrede optik densite (OD_{536nm}) okunarak değerler belirlenmiştir. Elde edilen değerleri µg/ml'ye dönüştürmek için farklı ppm düzeylerinde metanolde çözülmüş IAA süspansiyonu hazırlanarak ölçümler yapılmıştır ve IAA'nın farklı doz (0-100 ppm) serilerinden hazırlanan standart eğri; $Y=bX-a$ eşitliği [Y: absorbans, X: konsantrasyon, b: regresyon katsayısı (slope), a: regresyon sabiti (intersep)] ile bu ölçüm değerleri karşılaştırılarak kantitatif µg/ml (ppm) değerler elde edilmiştir. Elde edilen eğriye göre rizobakterilerin IAA üretimi hesaplanmıştır (Şekil 1d & e). Her bakteri için IAA üretimi 3 kez ölçülmüştür.

In vitro'da fungal patojenlere karşı rizobakterilerin ikili kültür testleri

Fusarium oxysporum, *R. solani* ve *V. dahliae* ile rizobakteri izolatları arasındaki antagonistik ilişkiyi belirlemek için ikili kültür yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde *F. oxysporum* ve *V. dahliae* Patates Dekstroz Agar (PDA) içeren besi ortamında 14 gün, *R. solani* ise aynı besi ortamında 7 gün geliştirilmiştir. Bununla birlikte rizobakteri izolatları da TSA besiyerinde 48 saat boyunca 24 ± 2°C'de de geliştirilmiştir. Fungal izolatlara ait kültürlerden 5 mm çapında alınan iki disk, PDA içeren petrilere (9 cm) 1 cm içeriden

karşılıklı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Rizobakteri izolatları ise aynı anda petri kabının orta kısmına çizgi ekim yapılmıştır. Petriler $24 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de inkübasyona bırakılmıştır (Hang et al., 2005; Dönmez et al., 2015). Deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Bakteri inokule edilmeyen, sadece fungus ekimi yapılan petriler kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. *In vitro* deneme sonunda inhibisyon oranının ölçümü fungusların gelişim hızları göz önünde bulundurularak yapılmıştır (*R. solani* 3. gün., *F. oxysporum* 9. gün ve *V. dahliae* 21. gün). İnhibisyon oranı (%), kontrol petrilerindeki fungus koloni yarıçapı ile bakteri inokulasyonu yapılan petrilerdeki fungus koloni yarıçapı ölçülerek, aşağıdaki formüle (1) göre % engelleme oranı hesaplanmıştır (Çubukçu, 2007).

$$\text{Engelleme oranı (\%)} = \frac{(\text{Kontroldeki fungus koloni yarıçapı} - \text{Uygulamadaki fungus koloni yarıçapı})}{\text{Kontroldeki fungus koloni yarıçapı}} \times 100 \quad (1)$$

***In vivo*'da *Rhizoctonia solani*'ye karşı rizobakterilerin biyokontrol etkilerinin belirlenmesi**

İklim odası koşullarında *R. solani*'ye karşı rizobakterilerin biyokontrol etkilerinin belirlenebilmesi için aşağıda belirtilen aşamalar sırasıyla takip edilmiştir.

Bitkilerin yetiştirilmesi

Bitki büyüme odasında yapılan saksı denemelerinde tohumlar steril torf içeren 0.38 l'lik tek kullanımlık termoform saksılara (8x8x9 cm) ekilmiştir. Daha sonra domates bitkileri, %75-80 oransal nemde, 16 saat aydınlık 8 saat karanlık, gündüz/gece ($24^\circ\text{C} / 20^\circ\text{C}$) olan koşullarda deneme süresi boyunca tutulmuştur.

Fungal inokulumun hazırlanması

In vivo denemede kullanılmak üzere inokulum kaynağı olarak buğday taneleri kullanılmıştır (Ichielevich-Auster et al., 1985; Botha et al., 2003; Sharon et al., 2007). Buğday taneleri saf su ile nemlendirilmiş ve tüplere (16x100 Vida Kapaklı Deney Tüpü) konularak ağızları kapatılmıştır. Bu haliyle 121°C 'de 1 saat boyunca 2 gün üst üste otoklavda sterilize edilmiştir. PDA'da 7 gün 25°C 'de geliştirilen *R. solani* HB-66 izolatına ait 5 mm çapında 2 adet misel diski buğday tanelerine inokule edilmiş ve tüpler 1 ay süre ile karanlıkta 25°C 'de inkübe edilmiştir.

Bakteri inokulumunun hazırlanması

In vitro testler sonucunda antimikrobiyal özellikleri ve bitki gelişimini teşvik etme potansiyelleri yüksek olan 2 farklı rizobakteri izolatının domates bitkilerinde *R. solani*'ye karşı biyokontrol etkileri *in vivo* koşullar altında belirlenmiştir. Bu amaçla, $+4^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilen T139 ve T142 kültürlerinden TSA'ya ekim yapılmış, $24-25^\circ\text{C}$ 'de 48 saat boyunca inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır. Gelişen bakteriler iki farklı zaman ve yöntem ile bitkilere inokule edilmiştir (Akbaba & Özaktan, 2018). İlk olarak, rizobakteriler ile tohum bakterizasyonu işlemi tohum ekimi öncesi gerçekleştirilmiştir. Bu işleme göre, rizobakteri izolatları 50 ml'lik NB sıvı besiyeri içeren 250 ml'lik erlenlere inokule edilerek 48 saat boyunca $24 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 150 rpm'de çalkalayıcıda geliştirilmiştir. Gelişen bakteri kültürler 3500 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiş ve pellet 10 ml'lik %1.5 Carboxymethyl Cellulose ile süspansiyon edilmiştir. Domates tohumları, bakteri süspansiyonunda 30 dakika bekletildikten sonra kurutma kağıtlarına alınarak 1 saat boyunca oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar, içerisinde steril torf bulunan saksılara ekilmiştir. Steril saf su içerisinde 30 dk. bekletilen domates tohumları ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. İkinci uygulamada ise, TSA besiyerinde 48 saat boyunca gelişen koloniler $\text{OD}_{600\text{nm}}$: 0.1 yoğunlukta olacak şekilde steril saf su ile süspansiyon edilmiştir. 1-2 damla Tween 20 damlatılan bu rizobakteri süspansiyonları (100 ml), patojen uygulamasından 24 saat önce yaklaşık 10 ml/saksı olacak şekilde domates bitkilerinin (3-5 yaprak aşamasında, 25. Gün) kök bölgesine içirme şeklinde uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise saf su verilmiştir. Rizobakteri uygulamasından 24 saat sonra, her bir saksıya misel sardırılmış 10 buğday tanesi bitkinin kök boğazı bölgesine eşit olarak dağıtılmıştır. Kontrol saksılarına ise 10 steril buğday tanesi bırakılmıştır.

Denemeler; yalnız bakteri uygulamaları (T139, T142) sadece patojen fungusun inokule edildiği pozitif kontrol uygulaması (HB-66), fungus x bakteri uygulaması (HB-66 x T139, HB-66 x Pc142) ve steril saf su verilen negatif kontrol uygulaması olmak üzere 6 karakterden oluşmuştur. Çalışma tesadüf

parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrüde 1 bitki olacak şekilde planlanmış olup, denemeler iki kez tekrarlanmıştır. Patojen uygulandıktan sonra 2.5 ay boyunca iklim odasında yetiştirilen bitkilerde hastalık belirtileri dikkatle takip edilmiştir. Bu süre sonunda bitkiler sökülüp Muyolo et al. (1993)'den modifiye edilerek kullanılan 0-4 skalası (0: Sağlıklı bitki, 1: Köklerde veya gövdede çok küçük kahverengi yüzeysel lezyonlar, 2: Kök veya gövdede derin ve geniş lezyonlar ile kökte gelişme geriliği, 3: Şiddetli kök çürüklüğü, ana kök veya gövdeyi çepeçevre saran derin lezyonlar ve belirgin olarak azalmış kök uzunluğu, 4: Ölü bitki) ile değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bitkilerin kök ve gövde uzunluğu ölçülmüş, yaprak sayısı sayılmış, yaş ve kuru ağırlıkları tartılmıştır. Skala değerleri kullanılarak Townsend-Heuberger's formülüne (2) göre hastalık şiddeti değerleri hesaplanmıştır (Townsend & Heuberger, 1943).

$$\text{Hastalık şiddeti (\%)} = \frac{\sum (\text{Skala değeri} \times \text{Skalada değerlendirilen bitki sayısı})}{\text{Toplam bitki sayısı} \times \text{En yüksek skala değeri}} \times 100 \quad (2)$$

Rizobakterilerin MALDI-TOF MS ile tanısı:

In vitro test sonuçlarına göre hem bitki gelişimini teşvik etme potansiyeli gösteren hem de *R. solani*'ye karşı antagonist etki gösteren T139 ve T142 kodlu izolatların tanısı, Uysal vd. (2019) değinilen protokolden yararlanılarak MALDI-TOF MS (Matrix Assisted Laser Desorption Ionization- Time of Flight Mass Spectrometry, Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Almanya) ile yapılmıştır. Analiz hizmet alımı karşılığında, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Bakteri örneklerine ait kütle spektrumları Flex Control Yazılımı (Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Almanya) ile analiz edilmiş ve kütüphanedeki referans spektrum verileri (BIOTYPER™ 1.1 yazılımı) ile eşleştirilerek örneklerin kesin teşhisi yapılmıştır (Pavlovic et al., 2012). Üretici firmanın önerisine göre 2.00-3.00 arası skor değeri ile elde edilen sonuçlar 'güvenilir tür tayini', 1.70-1.99 arası skor değeri ile elde edilen sonuçlar 'cins düzeyinde güvenilir teşhis' olarak kabul edilmektedir. 1.70'in altındaki skor değerleri, hiçbir düzeyde güvenilir tanımlamalar olarak kabul edilmemektedir. Tutarlılık kategorileri ise A (tür düzeyinde tutarlı), B (cins düzeyinde tutarlı), C (tutarlı değil) şeklindedir.

İstatistiksel analizler

SPSS (IBM SPSS Statistics, version 18.0) istatistik programında veriler analize tabi tutulmuştur. Uygulamalar arasında fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiş olup, bu belirlenen farklılıklar için gruplara ayrılma işlemi DUNCAN çoklu karşılaştırma testi kullanılarak yapılmıştır ($p < 0.05$).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

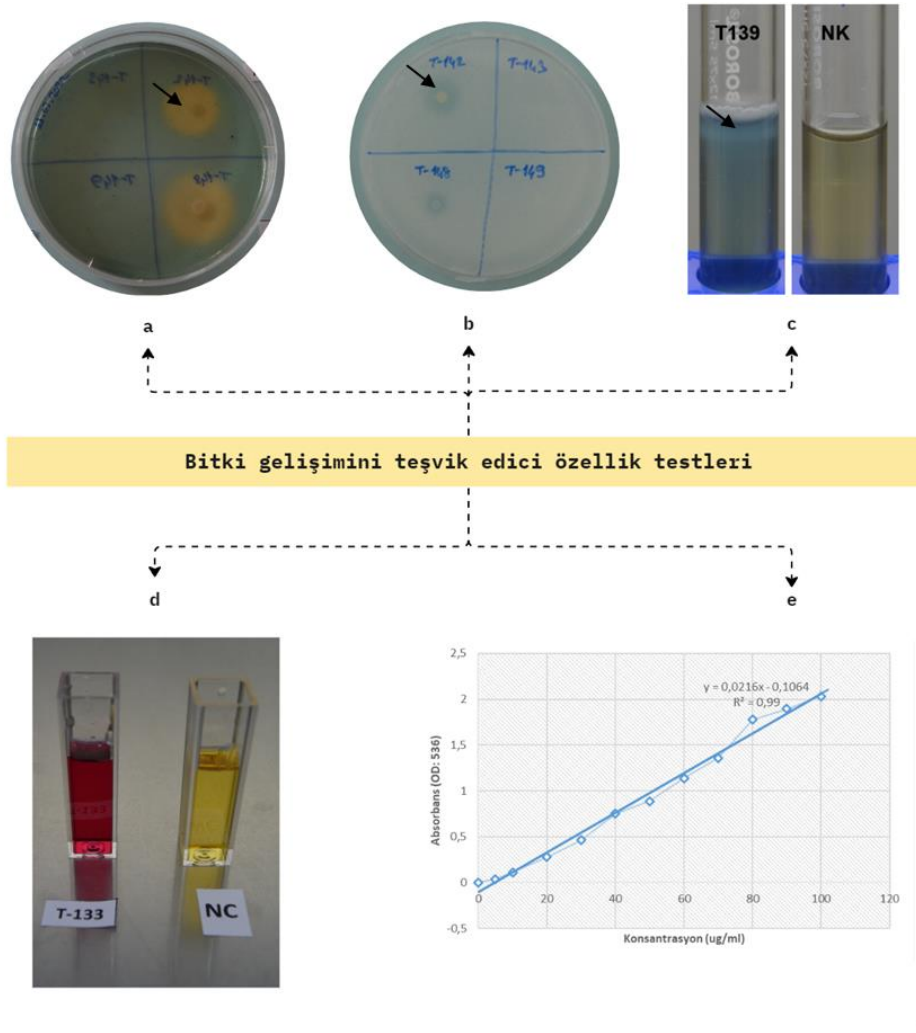
Çalışmada bitki ve insan patojeni olma riski taşımayan 10 bakteri izolatu kullanılmıştır. Bu izolatlara ait bitki gelişimini teşvik etme potansiyellerini gösteren testlere ait bulgular Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan rizobakteriler ve özellikleri

Table 1. *Rhizobacteria used in the study and their characteristic*

No	Kodu	Yer	Hr	Pa	Gr	Fp	Nf	S (mm)	F (mm)	IAA (ug/ml)
1	T54	Tuzluca/İğdir	-	-	+	-	+++	10	0	32.78
2	T82	Karakoyunlu/İğdir	-	-	+	-	++	6	0	26.06
3	T93	Karakoyunlu/İğdir	-	-	-	-	+++	24	0	133.99
4	T96	Karakoyunlu/İğdir	-	-	-	+	+	19	14	59.22
5	T125	Aralık/İğdir	-	-	-	-	+++	20	10	79.74
6	T131	Aralık/İğdir	-	-	+	-	+++	0	0	29.85
7	T133	Aralık/İğdir	-	-	-	-	+	33	20	121.85
8	T139	Aralık/İğdir	-	-	+	-	+++	6	0	25.23
9	T142	Merkez/İğdir	-	-	-	+	+	22	12	116.25
10	T184	Merkez/İğdir	-	-	+	-	++	0	0	31.28

Tütünde hipersensitiv reaksiyon (Hr), Pektolitik aktivite (Pa), Gram testi (Gr), Floresan pigment üretimi (Fp), Nitrojen fiksasyonu (Nf), Siderofor üretimi (S), Fosfatı çözebilme aktivitesi (F), IAA üretimi (Iaa), Negatif (-), Pozitif (+)



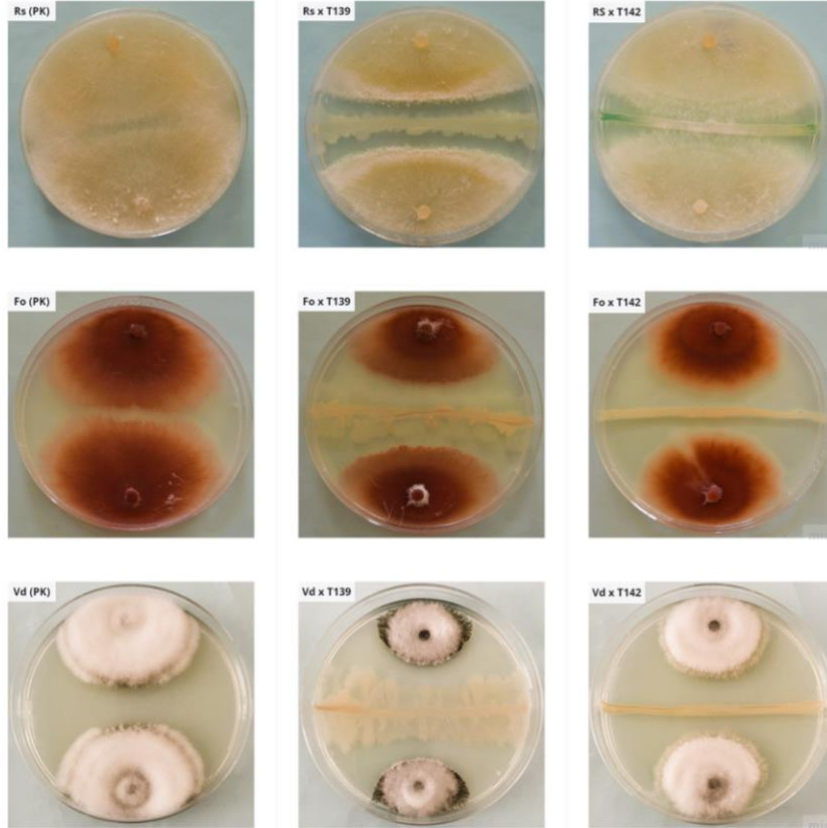
Şekil 1. Rizobakterilerin *in vitro* bitki gelişimini teşvik etme potansiyellerini belirleme testleri: a) siderofor üretimi, b) fosfatı çözebilme, c) nitrojen fiksasyonu, d) IAA üretimi ve e) standart eğri,

Figure 1. *In vitro* tests to determine the potential of rhizobacteria to promote plant growth: a) siderophore production, b) phosphate solubilization, c) N_2 fixation, d) IAA production and e) standard curve.

PGPR'lerin, iki yoldan bitki büyümesini teşvik etme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. İlk olarak, nitrojen fiksasyonu, fosfat çözündürme, potasyum çözündürme, fitohormon üretimi (IAA, sitokinin, etilen ve giberellinler) ve ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylate) deaminaz üretimi yoluyla bitki büyümesinin doğrudan desteklenmesidir. İkincisi ise uyarılmış sistemik dayanıklılık, siderofor üretimi, antibiyotikler, ekzopolisakkaritler, uçucu yağlar, litik ve koruyucu enzimlerin üretimi yoluyla bitki büyümesinin dolaylı olarak teşvik edilmesidir (Abdelaziz et al., 2023). PGPR genellikle kök sistemini kolonileştirerek ve zararlı rizosfer mikroorganizmalarının oluşumunu önleyerek veya baskılayarak bitki büyümesini iyileştirir (Schroth & Hancock, 1982). Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde kullanılan rizobakteri izolatlarının 6-33 mm çapında siderofor ve 25.23-133.99 $\mu\text{g/ml}$ IAA üretimi, 10-20 mm çapında fosfatı çözme ve orta-iyi düzeyde nitrojeni fikse etme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle T96, T125, T133 ve T142 izolatları, bitki gelişiminin teşvik edilmesi ile ilişkili olan siderofor üretimi, IAA üretimi ve fosfatı çözme potansiyelleri birlikte değerlendirildiğinde çalışmadaki izolatlar arasında ön plana çıkmıştır.

Reynolds et al. (2003), bitki ile toprak kaynaklı mikroorganizma etkileşimlerinin, bitki sistemi kompozisyonu ve dinamiklerinin itici güçleri olarak tanımlamıştır. Toprak kaynaklı mikroorganizmaların toprak oluşum süreçlerine dahil olduğu, toprağın ayrışmasına, humus oluşumuna ve topraktaki bitki patojenlerinin gelişiminin kontrol altında tutulmasına önemli katkı yaptığı bildirilmiştir (Weller et al., 2002; Matei et al., 2017). Toprak ile yakın ilişkili olan rizobakteriler, bitki hastalıklarına karşı geniş spektrumlu biyokontrol aktivite göstermektedir (Liu et al., 2017).

İkili kültür test sonuçlarına göre bazı rizobakteri izolatlarının, patojenlerin misel gelişimini engelledikleri tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Rizobakteri uygulamalarının (T139, T142) farklı fungal patojenlere [Fo (*Fusarium oxysporum* HMK2-6), Rs (*Rhizoctonia solani* HB-66) ve Vd (*Verticillium dahliae* YY-14)] karşı antimikrobiyal etkileri.

Figure 2. Antimicrobial effects of rhizobacteria treatments (isolates T139 and T142) against different fungal pathogens [*Fo* (*Fusarium oxysporum* HMK2-6), *Rs* (*Rhizoctonia solani* HB-66), and *Vd* (*Verticillium dahliae* YY-14)].

Denemelerde kullanılan bakteri izolatları arasından; 5 bakteri izolatının kontroller ile karşılaştırıldığında *R. solani* HB-66 izolatına karşı %22.4-31.4, T82 izolatı hariç 9 izolatın *F. oxysporum* HMK2-6 izolatına karşı %1.1-41.2 ve tüm izolatların ise *V. dahliae* YY-14 izolatına karşı %26,9-66.9 arasında değişen oranlarda biyokontrol etki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Anova Testi sonuçlarına göre, fungus ve bakteri uygulamaları arasındaki antagonistik ilişki istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$). Rizobakteri izolatları arasında biyolojik etkinlik açısından kontrole göre istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir. Yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testleri sonucunda en başarılı uygulamaların *V. dahliae* YY-14 izolatına karşı T184 izolatı, *F. oxysporum* HMK2-6 izolatına karşı T131 izolatı ve *R. solani* HB-66 izolatına karşı ise T93, T139 ve T142 izolatları olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Rizobakteri uygulamalarının üç farklı fungal patojen karşı *in vitro* da biyokontrol etkileri**Table 2.** *In vitro* biocontrol effects of rhizobacteria treatments against three different fungal pathogens

Uygulamalar	<i>Rhizoctonia solani</i> HB-66		<i>Fusarium oxysporum</i> HMK2-6		<i>Verticillium dahliae</i> YY-14	
	Ort. Yarıçap (mm) ±stn hata	Etki (%)	Ort. Yarıçap (mm)±stn hata	Etki (%)	Ort. Yarıçap (mm) ±stn hata	Etki (%)
T54	35.0 ± 0.00 c*	0.0	29.2 ± 0.44 fg	1.1	15.8 ± 0.16 def	45.7
T82	35.0 ± 0.00 c	0.0	28 ± 0.16 g	0.0	17.3 ± 0.60 ef	40.6
T93	24.0 ± 0.28 a	31.4	26.7 ± 0.16 e	9.6	14.2 ± 0.44 cd	51.4
T96	35.0 ± 0.00 c	0.0	28 ± 0.28 f	5.1	16.3 ± 1.01 ef	44.3
T125	35.0 ± 0.00 c	0.0	24.8 ± 0.72 d	15.8	17.8 ± 0.44 f	38.9
T131	26.5 ± 0.50 b	24.3	17.3 ± 0.60 a	41.2	12 ± 0.86 b	58.9
T133	35.0 ± 0.00 c	0.0	22.3 ± 0.16 c	24.3	15.5 ± 0.50 de	46.9
T139	24.0 ± 0.28 a	31.4	20.8 ± 0.88 b	29.4	13.5 ± 0.76 bc	53.7
T142	24.0 ± 0.28 a	31.4	26.2 ± 0.16 e	11.3	21.3 ± 0.44 g	26.9
T184	27.2 ± 0.60 b	22.4	22 ± 0.00 bc	25.4	9.7 ± 1.01 a	66.9
Kontrol	35.0 ± 0.00 c	0.0	29.5 ± 0.28 g	0.0	29.2 ± 0.16 h	0

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütunda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0.05$ e göre önemsizdir.

In vitro testlerin sonuçlarına göre biyokontrol ve siderofor üretimi, fosfat çözebilme ve IAA üretimi gibi bitki gelişimini artırıcı özelliklere sahip olan iki rizobakteri izolatı (T139 ve T142), domates bitkilerinde *R. solani* HB-66 izolatına karşı biyokontrol etkilerinin *in vivo* 'da belirlenebilmesi için seçilmiştir. *In vivo* denemelerde kullanılan T139 ve T142 izolatlarının MALDI-TOF MS analizi (Skor Değeri, Tutarlılık Kategorisi) kullanılarak tanıları yapılmıştır. Bu rizobakteri izolatları analiz sonuçlarına göre; *Bacillus subtilis* strain T139 (2.06;A) ve *Pseudomonas chlororaphis* strain T142 (2.14;C) olarak tanılanmıştır. Çalışmada kullanılan *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait bakterilerin biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Shafique et al. (2016) tarafından yapılan çalışmaya göre *Trichoderma*, *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerini içeren uygulamalarının birçok üründe toprak kaynaklı patojenlerin neden olduğu kök çürüklüğüne karşı etkili olduğu bildirilmektedir. Shafi et al. (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada, *Bacillus* spp. (*B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. firmus* ve *B. pumilus*), *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Aspergillus flavus* ve *R. solani* gibi bitki patojenlerini rekabet, doğrudan antibiyosis ve konukçularda dayanıklılığın uyarılması yoluyla baskılayabildiği bildirilmiştir. *Pseudomonas* spp. ve *Bacillus* spp. izolatlarının çok yönlü ve çok sayıda biyoaktif bileşik üreticisi olduğu bilinmesine rağmen bunların *in vitro*'da gösterdikleri başarılı aktivitelerinin, özellikle saha koşulları altında *in vivo* koşullara kolayca aktarılamadığına birçok çalışmada değinilmiştir (Ravensberg, 2011; Glare et al., 2012).

Bu çalışmada denemelerin ortalama sonuçlarına göre; testlenen *P. chlororaphis* T142 ve *B. subtilis* T139 izolatlarının domates bitkilerinde *R. solani*'nin neden olduğu hastalık şiddetini pozitif kontrole (%78,1) göre sırasıyla %19.9 ve %11.9 oranla çok yüksek düzeylerde olmasa da azalttıkları tespit edilmiştir (Çizelge 3, Şekil 3). Benzer bir çalışmada, *Azospirillum* sp., *Azotobacter chroococcum* ve *Pseudomonas fluorescens* gibi rizobakteri izolatlarının, domateste *R. solani*'nin neden olduğu çökerten hastalığına karşı etkili biyokontrol potansiyeline sahip olduğu rapor edilmiştir (Gupta et al., 1995). *Pseudomonas* ve *Bacillus* izolatlarının *Phytophthora infestans*'in patateste neden olduğu geç yanıklığa karşı etkilerinin küçük ölçekli tarla denemesinde belirlendiği bir çalışmada ise; *Pseudomonas protegens* 44R-P8 izolatının, belirtilerin ilk ortaya çıkışından 16 gün sonrasına kadar doğal olarak oluşan geç yanıklığa karşı önemli bir koruma (%19) sağladığı, *B. subtilis* 30B-B6 izolatının ise denemenin sonuna kadar önemli bir koruma (%22) gösterdiği rapor edilmiştir (Caulier et al., 2018).

Çizelge 3. Rizobakterilerin *in vivo*'da *Rhizoctonia solani*'ye karşı etkileri ve bitki gelişimini teşvik etme potansiyelleri**Table 3.** *In vivo* efficacy of rhizobacteria against *Rhizoctonia solani*, and their potential for plant growth promotion

Uygulamalar	I.Deneme						II.Deneme						I-II Deneme Ortalaması					
	HB-66 (K+)	HB-66 xT142	HB-66 xT139	T139	T142	K (-)	HB-66 (K+)	HB-66 x T142	HB-66 xT139	T139	T142	K (-)	HB-66 (K+)	HB-66 xT142	HB-66 xT139	T139	T142	K (-)
KU** (cm)	0.0	0.0	0.0	25.4	21.4	21.0	21.8	25.8	19.5	22.2	21.8	24.0	10.9	12.9	9.8	23.8	21.6	22.5
	±0.00	±0.00	±0.00	±5.33	±2.11	±2.64	±1.10	±1.79	±1.51	±1.48	±2.48	±2.26	±4.14	±4.93	±3.75	±2.57	±1.46	±1.70
	b	b	b	a	a	a	ab	a	b	ab	ab	ab	b	b	b	a	a	a
GU (cm)	0.0	0.0	0.0	65.3	71.3	66.5	52.6	61.3	58.5	66.7	70.3	71.0	26.3	30.6	29.3	66.0	70.8	68.8
	±0.00	±0.00	±0.00	±4.05	±3.38	±2.78	±2.91	±2.49	±3.83	±0.93	±4.91	±7.09	±10.02	±11.63	±11.19	±1.88	±2.67	±3.55
	b	b	b	a	a	a	b	ab	ab	a	a	ab	b	b	b	a	a	a
YS (Adet)	0.0	0.0	0.0	9.3	10.3	11.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.7	10.3	5.0	5.0	5.0	9.7	10.0	10.7
	±0.00	±0.00	±0.00	±0.88	±0.66	±0.57	±0.40	±0.91	±0.81	±0.57	±0.66	±0.88	±1.89	±1.93	±1.92	±0.49	±0.44	±0.49
	c	c	c	b	ab	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	a
KYA (g)	0.0	0.0	0.0	1.6	1.1	1.1	0.5	0.95	1.2	1.4	0.9	0.9	0.2	0.5	0.6	1.5	1.0	1.0
	±0.00	±0.00	±0.00	±0.03	±0.17	±0.04	±0.18	±0.09	±0.47	±0.04	±0.10	±0.06	±0.12	±0.18	±0.30	±0.06	±0.10	±0.44
	c	c	c	a	b	b	b	ab	ab	a	ab	ab	c	c	c	a	b	b
KKA (g)	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3
	±0.00	±0.00	±0.00	±0.01	±0.04	±0.01	±0.07	±0.05	±0.11	±0.03	±0.03	±0.02	±0.04	±0.06	±0.08	±0.02	±0.02	±0.16
	c	c	c	a	b	b	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	a
GYA (g)	0.0	0.0	0.0	17.7	18.1	16.9	12.4	16.8	16.6	17.4	16.9	17.9	6.2	8.4	8.3	17.6	17.5	17.4
	±0.00	±0.00	±0.00	±0.36	±1.85	±0.61	±1.37	±0.34	±1.51	±0.80	±0.32	±0.65	±2.37	±3.18	±3.21	±0.39	±0.88	±0.45
	b	b	b	a	a	a	b	a	a	a	a	a	c	b	b	a	a	a
GKA (g)	0.0	0.0	0.0	3.3	3.2	2.9	2.1	3.0	2.7	2.9	2.9	3.1	1.0	1.5	1.3	3.1	3.0	3.0
	±0.00	±0.00	±0.00	±0.17	±0.39	±0.06	±0.42	±0.29	±0.37	±0.16	±0.10	±0.09	±0.43	±0.57	±0.53	±0.14	±0.19	±0.07
	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	a
HŞ (%)	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	56.3	25.0	37.5	0.0	0.0	0.0	78.1	62.5	68.8	0.0	0.0	0.0
Etki (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.5	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	11.9	0.0	0.0	0.0

* Duncan çoklu karşılaştırma testine göre denemelerin her biri için aynı satırda aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark $P < 0.05$ 'e göre önemsizdir.

** Negatif Kontrol (K-), Pozitif Kontrol (K+), *Rhizoctonia solani* HB-66, *Bacillus subtilis* strain T139 ve *Pseudomonas chlororaphis* strain T142'nin kısaltmalarıdır.

*** Bitki büyüme parametreleri; Kök uzunluğu (KU), Gövde uzunluğu (GU), Yaprak Sayısı (YS), Kök Yaş Ağırlığı (KYA), Kök Kuru Ağırlığı (KKA), Gövde Yaş Ağırlığı (GYA), Gövde Kuru Ağırlığı (GKA), Hastalık Şiddeti (HŞ).

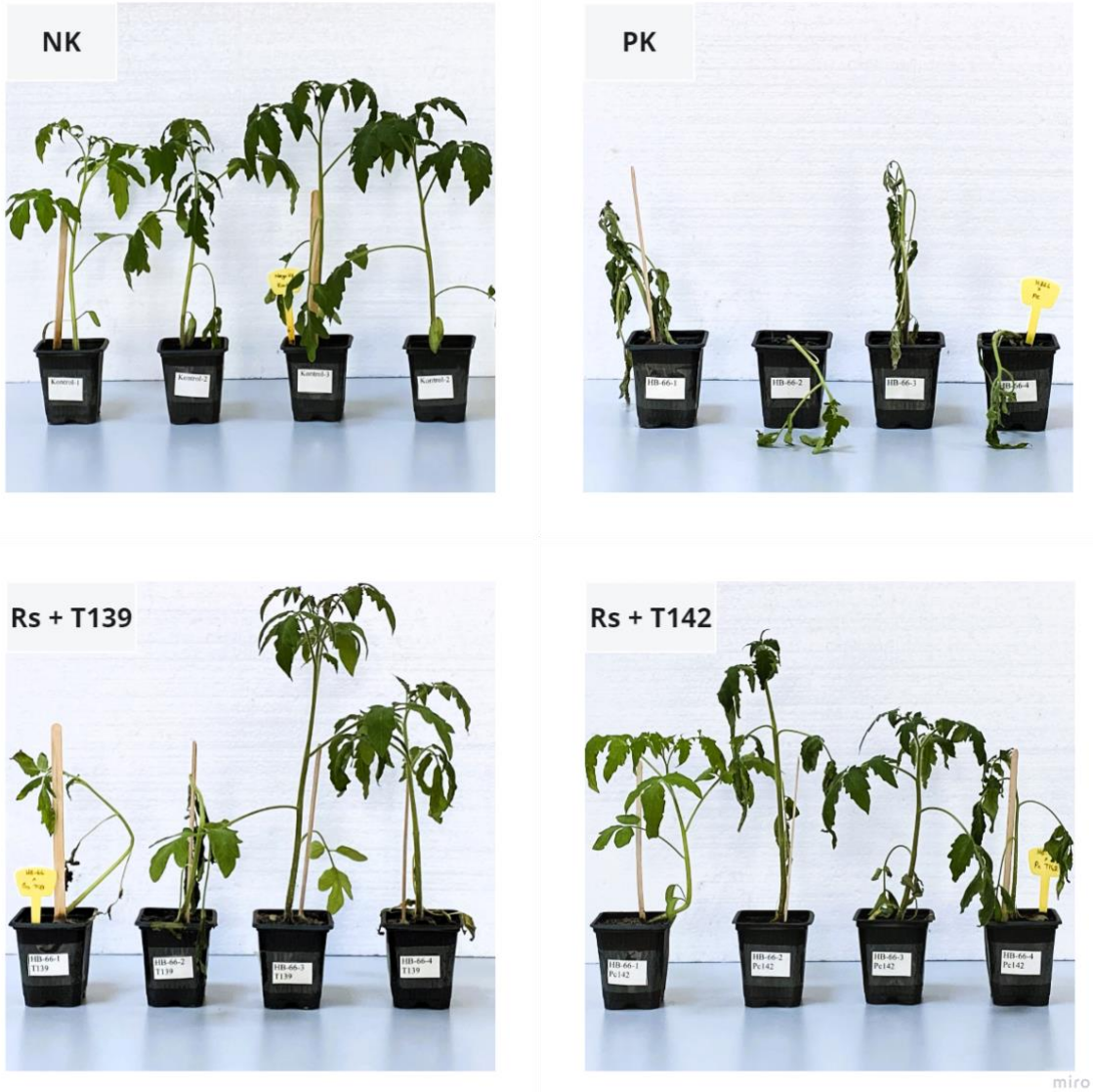
Bu çalışmada, yapılan denemeler sonucunda rizobakteri uygulamalarının pozitif kontrolde görülen hastalık şiddetine göre, *R. solani* enfeksiyonuna karşı gösterdiği bitkiyi koruma reaksiyonlarında farklılık olduğu gözlemlenmiştir. Deneme l'de pozitif kontrolde hastalık şiddeti %100 hesaplandığında, rizobakteri

uygulamalarının *R. solani* enfeksiyonunun gelişiminin sınırlanması üzerine hiçbir etkisinin olmadığı görülmektedir. Ancak Deneme II'de hastalık şiddeti %56.3 hesaplandığında, rizobakterilerden *P. chlororaphis* T142 izolatının %55.5 ve *B. subtilis* T139 izolatının %33.3 oranında patojenin neden olduğu hastalık şiddetini sınırladığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Bu durum hastalık şiddetinin çok yüksek seviyelerde görüldüğü bitkilerde, özellikle kök ve kök boğazı patojenlerine karşı rizobakteri uygulamalarının etkisinin azaldığının veya tamamen ortadan kalktığına bir göstergesi olabilir. Ayrıca patojenin kısa sürede bitkiyi öldürmesi rizobakteri uygulamalarının etkinliğini sınırlandırmış olabilir. Bu duruma değinilen bir çalışmada, bir biyolojik kontrol ajanının potansiyel etkinliği, toprakta bulunan patojen (ler)in virülansı ve inokulum potansiyeli ile ilişkilendirilmiştir. Yani rizosferdeki yüksek patojen inokulum yoğunluğunun, her türlü biyolojik kontrolü etkisiz hale getirebileceği vurgulanmıştır (Azcón-Aguilar & Barea, 1997).

Negatif kontrol bitkilerinde her iki deneme için, tüm parametrelerde birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada rizobakteri uygulamalarının patojen varlığında ve yokluğunda bitki gelişimine etkileri incelenmiştir. Denemelerin ortalama sonuçlarına göre, patojen yokluğunda rizobakteri uygulamalarının, bazı bitki büyüme parametreleri [Kök uzunluğu (KU), Gövde uzunluğu (GU), Yaprak Sayısı (YS), Kök Kuru Ağırlığı (KKA), Gövde Kuru Ağırlığı (GKA)] dikkate alındığında bitki gelişimine olan etkileri istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0.05$). Her iki rizobakteri uygulamasının hastalık etmenine maruz kalan bitkilerde istatistiksel açıdan önemli düzeyde gövde yaş ağırlığı (GYA)'nı artırdığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca *B. subtilis* T139 izolatının kök yaş ağırlığı (KYA)'nı hem hastalığa maruz kalan hem de hastalıktan arı bitkilere göre istatistiksel açıdan önemli düzeyde artırdığı kayıt edilmiştir ($p<0.05$). *Bacillus* ve *Pseudomonas* ile uygulama gören domates bitkilerinde, uygulamaların özellikle kök yaş ve gövde yaş ağırlığı üzerine olumlu etkilerini gösteren veriler, önceki çalışmalarda elde edilen verileri desteklemektedir (Hamza et al., 2016; Cochard et al., 2022).

Denemelerin ortalama sonuçlarına göre *P. chlororaphis* T142 izolatının ise %19.9 oranında biyokontrol etki göstererek *R. solani* enfeksiyonunun gelişimini sınırladığı tespit edilmiştir. *Bacillus* spp. gibi diğer önemli gruba oluşturan *Pseudomonas* genusu üyeleri, bitki içinde kolonizasyon ve çoğalma, diğer mikroorganizmalarla rekabet, streslere uyum sağlama gibi onları hayati bir biyokontrol ajanı yapan ayırt edici özelliklere sahiptir. Bu bakteriler antibiyotikler, sideroforlar, uçucu bileşikler ve büyüme uyarıcı bileşikler gibi geniş bir yelpazede aktif biyolojik metabolitler üretirler (Stockwell & Stack 2007). Bu türler sekonder metabolitlerin üretimi (antibiyotikler, Fe-şelatlayıcı sideroforlar), selülitik ve kitinolitik aktivite ve konukçu bitkide fitopatogenlere karşı sistemik direncin indüklenmesi gibi farklı mekanizmaları kullanarak toprak kaynaklı bitki patojenlerinin gelişimini baskılayabilmektedir (Garbeva et al., 2004). Özellikle siderofor üretim mekanizması *Pseudomonas* spp. için yoğun bir şekilde araştırılmıştır. Rizosferlerdeki patojen popülasyonlarının, patojenlerin etrafındaki demirin azalmasına yol açan sideroforların varlığı nedeniyle baskılandığı kayıt edilmiştir (Raaijmakers & Mazzola, 2012; Wilson et al., 2016). Çalışmamızda kullanılan *P. chlororaphis* T142 izolatının literatür ile uyumlu olarak yüksek oranda siderofor üretme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, bir diğer önemli gruba ait olan *B. subtilis* T139 izolatının %11.9 oranında biyokontrol etki göstererek patojen gelişimini sınırladığı belirlenmiştir. *Bacillus* türlerinin, *R. solani*'nin neden olduğu kök çürüklüğüne ve çökertene karşı iturin A, surfactin, plipastatin, bacilyisin, mikobasilin ve mikosubtilin gibi çeşitli antibiyotikleri üreterek etkili olduğunu bildirmiştir (Abdelaziz et al., 2023). *Bacillus* spp. en hayati özelliği ise doğadaki bakterilerin dayanıklılığına yardımcı olan ve uzun yıllar canlılığını sürdürebilen endospor oluşturmalarıdır (Zimina et al., 2016). Ayrıca *Bacillus* türlerinin antifungal metabolitlerinin sıcaklık ve pH değişikliklerine dirençli olduğu ve antifungal aktivitelerini kaybetmediği kaydedilmiştir (Sansinenea & Ortiz, 2011). Örneğin *B. subtilis* bitki köklerinde, lipopeptitlerin üretilmesine yardımcı olan ve topraktaki antimikrobiyal aktivitelerini artıran biyofilmler oluşturmaktadır (Davey et al., 2003).



miro

Şekil 3. *Rhizoctonia solani*'ye karşı rizobakteri uygulamalarının *in vivo* etkinliği

Figure 3. *In vivo* efficacy of rhizobacteria treatments against *Rhizoctonia solani*

Bacillus türlerinin biyokontrol stratejileri arasında hem bitki savunması hem de bitki büyümesini teşvik edici özellikleri ön plana çıkmaktadır (Bargabus et al., 2002; Bach et al., 2016). *Bacillus* türleri, uzun ömürlü, strese dayanıklı sporlar oluşturma ve bitki büyümesini uyarıcı ve patojen enfeksiyonunu önleyen metabolitler salgılayabilen yeteneğine sahiptir. Ayrıca toksik iyonların hareketini engelleyen ve iyonik dengenin korunmasına yardımcı olan, bitki dokularında suyun hareketini destekleyen ve patojenlerin gelişimini sınırlayan ekzopolisakkaritler ve sideroforlar salgılayıcıdır (Radhakrishnan et al., 2017). Ayrıca *Bacillus* türlerinin P ve N gibi temel besin maddelerinin kompleks halini, bitki kökleri tarafından kolay alınabilir bir forma dönüştürürler (Kang et al., 2015; Kuan et al., 2016). Çalışmamızda *B. subtilis* T139 izolatında olduğu gibi N fiksasyonu, P çözünürlüğü, bitki büyümesini destekleyici hormonlar ve enzimler üreten *Bacillus* spp., tarımsal ürünlerin büyümesini ve verimini artırmaktadır. *Bacillus* türlerinin bitki büyümesini teşvik edici özellikleri köklerin, sürgünlerin ve yaprakların gelişimindeki artışa paralel olarak ortaya çıkan verim artışıdır (Radhakrishnan et al., 2017). Sonuç olarak bitki büyümesini teşvik eden

rizobakteriler, birçok bitki patojenine karşı en umut verici stratejilerden biridir. Rizobakteriler çeşitli bitki patojenlerini kontrol etmek için güvenli çevre dostu uyarıcılar olarak görev yapmaktadır. Bu bakterilerin rolü sadece bitki patojenlerini inhibe etmek değil, aynı zamanda bitkide sistemik direnci aktive ederek ve besin alınımını kolaylaştırarak biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki gelişimini teşvik etmektedir. Çalışmada kullanılan rizobakteri strainleri *R. solanum*'nin biyolojik mücadelesi için ümit vadeci sonuçlar ortaya koysada, biyoajan araştırma sürecinin biyoinformatik, moleküler biyoloji, analitik kimya ve biyoistatistik gibi alanların entegre bir şekilde kullanıldığı yararlı bakteri-patojen-bitki etkileşiminin arka planını aydınlatmayı kolaylaştıran gelişmiş yöntemler ile sürdürülmesinin daha etkili strainlerin ortaya çıkarılması açısından oldukça önemli olacağı düşünülmektedir. Özellikle moleküler taramadaki teknolojik avantajlar ve ekolojik fonksiyonların genetik ve evrimsel mekanizmalarına ilişkin bilgi birikiminin bu süreci oldukça hızlandıracağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada istatistiksel analizler için yardım aldığımız Doç. Dr. Cem Tırınk'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abdelaziz, A.M., A.H. Hashem, G.S. El-Sayyad, D.A. El-Wakil, S. Selim, D.H.M. Alkhalifah & M.S. Attia, 2023. Biocontrol of soil borne diseases by plant growth promoting rhizobacteria. *Tropical Plant Pathology*, 48: 105-127. Doi: 10.1007/S40858-022-00544-7
- Agrios, G.N., 2005. *Plant pathology*, 5 th. edn. Elsevier Academic Press, San Diego, USA, 948 pp.
- Akbaba, M. & H. Özaktan, 2018. Biocontrol of angular leaf spot disease and colonization of cucumber (*Cucumis sativus* L.) by endophytic bacteria. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28: 14. Doi: 10.1186/s41938-017-0020-1
- Akbaba, M. & H. Özaktan, 2021. Kirazda *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*'nin biyolojik kontrolünde yararlı bakterilerin kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (2): 176-189.
- Altunlu, H. 2020. Tuz Stresi Altındaki Biberde (*Capsicum annuum* L.) mikoriza ve rizobakteri uygulamasının bitki gelişimi ve bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (4): 501-510. Doi: 10.20289/zfdergi.655491
- Aşkın, A., F. Ünal & E. Koca, 2018. Domateste *Rhizoctonia solani* ve *Pythium deliense* tarafından neden olunan çökerten hastalığının biyolojik mücadelesinde farklı inokulasyon yöntemlerinin etkinliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 9 (1): 19-30.
- Azcón-Aguilar, C. & J. Barea, 1997. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens - an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6: 457-464. Doi: 10.1007/s005720050147
- Bach, E., G. D. dos Santos Seger, G. de Carvalho Fernandes, B. B. Lisboa & L. M. P. Passaglia, 2016. Evaluation of biological control and rhizosphere competence of plant growth promoting bacteria. *Applied Soil Ecology*, 99: 141-149.
- Baldani, J.I., V.M. Reis, S.S. Videira, L. H. Boddey & V. L. D. Baldani, 2014. The art of isolating nitrogen-fixing bacteria from non-leguminous plants using N-free semi-solid media: a practical guide for microbiologists. *Plant and Soil* 384: 413-431
- Bargabus, R.L., N.K. Zidack, J.E. Sherwood & B. J. Jacobsen, 2002. Characterisation of systemic resistance in sugar beet elicited by a non-pathogenic, phyllosphere-colonizing *Bacillus mycoides*, biological control agent. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 61 (5): 289-298.
- Ben Abdallah, R.A., H. Jabnoun-Khiareddine, S. Mokni-Tlili, A. Nefzi, S. Medimagh-Saidana & M. Daami-Remadi, 2015. Endophytic *Bacillus* spp. from wild solanaceae and their antifungal potential against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* elucidated using whole cells, filtrate cultures and organic extracts. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 6 (11): 324. Doi: 10.4172/2157-7471.1000324
- Botha, A., S. Denman, S.C. Lamprecht, M. Mazzola & P. W. Crous, 2003. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* isolates associated with black root rot of strawberries in the Western Cape Province, South Africa. *Australasian Plant Pathology*, 35: 195-201.

- Bubici, G., A. D. Marsico, M. D'Amico, M. Amenduni & M. Cirulli, 2013. Evaluation of *Streptomyces* spp. for the biological control of corky root of tomato and *Verticillium* wilt of eggplant. *Applied Soil Ecology*, 72: 128-134.
- Buhur, N., 2014. Aydın İlinde eşitli Kültür Bitkilerinden Elde Edilen Patojen *Rhizoctonia* spp. İzolatlarının Anastomosis Gruplarının Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 97 s.
- Caceres, E.A., 1982. Improved Medium for Isolation of *Azospirillum* spp. *Applied and Environmental Microbiology*, 44 (4): 990-991.
- Caulier, S., A. Gillis, G. Colau, F. Licciardi, M. Lipin, N. Desoignies, P. Modrie, A. Legrve, J. Mahillon & C. Bragard, 2018. Versatile antagonistic activities of soil-borne *Bacillus* spp. and *Pseudomonas* spp. against *Phytophthora infestans* and other potato pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 13 (9): 143. Doi: 10.3389/fmicb.2018.00143
- Cochard, B., B Giroud, J. Crovadore, R. Chablais, L. Arminjon & F. Lefort, 2022. Endophytic PGPR from tomato roots: isolation, in vitro characterization and in vivo evaluation of treated tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *microorganisms*, 10 (4): 765. Doi: 10.3390/microorganisms10040765
- apar, E., 2012. Patateste Farklı Sklerot Düzeylerinin *Rhizoctonia solani* İnfeksiyonlarındaki Rolünün ve Hastalıkla Mücadelede Yumru İlalamalarının Etkinliğinin Araştırılması. ukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 71 s.
- buku, N., 2007. Pamuklarda *Verticillium* Solgunluğu (*Verticillium dahliae* Kleb.)'na karşı Endofitik Bakterilerle Biyolojik Mücadele Olanakları. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 71 s.
- Davey, M.E., N.C. Caiazza & G. A. O'Toole, 2003. Rhamnolipid surfactant production affects biofilm architecture in *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *Journal of bacteriology*, 185 (3): 1027-1036. Doi: 10.1128/JB.185.3.1027-1036.2003
- Demirci, E. & M.T. Dken, 1995. Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* Kühn and binucleate *Rhizoctonia* isolates from various crops in Türkiye. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 24 (2): 57-62.
- Dnmez, M.F., B. Uysal, E. Demirci, S. Ercişli & R. akmakı, 2015. Biological control of root rot disease caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. on potato and bean using antagonist bacteria. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14 (5): 29-40
- Duff, J.D. & M.C. Firrell, 2021. Biofumigation: A Cover Crop Option 12 Months of the year to manage three soilborne pathogens ailing the Australian vegetable industry. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 8: 104-116.
- Durak, E.D. & F. Ok, 2019. Van Gl Havzası'nda domateslerden (*Solanum lycopersicum*) izole edilen *Rhizoctonia solani* Kühn'nin anastomosis grupları ve patojenitelerinin belirlenmesi. *İĞdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (4): 1908-1915.
- Eken, C. & S. Tuncer, 2019. *Rhizoctonia* species and anastomosis groups isolated from tomato and cucumber in Erzincan, Turkey. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 6 (6): 26-31.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2021. Tomatoes, Production quantities of Tomatoes by country. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Erişim tarihi: AĞustos 2023)
- Fiers, M., V. Edel-Hermann, C. Chatot, Y. Le Hingrat, C. Alabouvette & C. Steinberg, 2012. Potato soil-borne diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32 (1): 93-132.
- Gang, S., S. Sharma, M. Saraf, M. Buck & J. Schumacher, (2019). Analysis of Indole-3-acetic Acid (IAA) production in *Klebsiella* by LC-MS/MS and the salkowski method. *Bio-protocol*, 9 (9): e3230. Doi: 10.21769/BioProtoc.3230
- Garbeva, P., J. A. Veen & J.D. Elsas, 2004. Assessment of the diversity, and antagonism towards *Rhizoctonia solani* AG3, of *Pseudomonas* species in soil from different agricultural regimes. *FEMS microbiology ecology*, 47 (1): 51-64. Doi: 10.1016/S0168-6496 (03)00234-4
- Ghosh, S., P. Kanwar & G. Jha, 2017. Alterations in rice chloroplast integrity, photosynthesis and metabolome associated with pathogenesis of *Rhizoctonia solani*. *Scientific Reports*, 7: 41610
- Glare, T., J. Caradus, W. Gelernter, T. Jackson, N. Keyhani, J. Khl, P. Marrone, L. Morin & A. Stewart, 2012. Have biopesticides come of age? *Trends in Biotechnology*, 30 (5): 250-258.
- Grosch, R., F. Faltin, J. Lottmann, A. Kofoet & G. Berg, 2005. Effectiveness of 3 antagonistic bacterial isolates to control *Rhizoctonia solani* Kühn on lettuce and potato. *Canadian Journal of Microbiology*, 51 (4): 345-353.

- Gupta, S., D. K. Arora & A. K. Srivastava, 1995. Growth promotion of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on *Rhizoctonia solani*. *Soil Biology and Biochemistry*, 27 (8): 1051-1058.
- Gürel, A. & R. Avcıoğlu, 2001. "Bitkilerde Strese Dayanıklılık Fizyolojisi, 308-313". In: Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları (Ed: Özcan, S., E. Gürel & M. Babaoğlu). Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, 456 s.
- Hamza, A., A. Mohamed & A. Derbalah, 2016. Unconventional alternatives for control of tomato root rot caused by *Rhizoctonia solani* under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 56 (3): 298-305.
- Hang, N.T.T., S.O. Oh, G.H. Kim, J. S. Hur & Y. J. Koh, 2005. *Bacillus subtilis* S1-0210 as a biocontrol agent against *Botrytis cinerea* in strawberries. *The Plant Pathology Journal*, 21 (1): 59-63.
- Hariprasada, P. & S. Umesh, 2007. Induction of systemic resistance in field grown tomato by PGPR against *Xanthomonas vesicatoria* - incitant of bacterial spot. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 37 (3): 460-463.
- Huang, X., N. Zhang, X. Yong, X. Yang & Q. Shen, 2012. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off disease in cucumber with *Bacillus pumilus* SQR-N43. *Microbiological Research*, 167 (3): 135-143.
- Ichilevich-Auster, M., B. Sneh, Y. Koltin & I. Barash, 1985. Pathogenicity, host specificity and anastomosis groups of *Rhizoctonia* spp. isolated from soils in Israel. *Phytoparasitica*, 13: 103-112.
- Jambhulkar, P. P., M. Sharma, D. Lakshman & P. Sharma, 2015. "Natural mechanisms of Soil Suppressiveness Against Diseases Caused by *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, and *Phytophthora*, 95-123". In: Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management (Eds. M. Meghvansi & A. Varma). *Soil Biology*, Vol 46. Springer, Cham. 531 pp. Doi: 10.1007/978-3-319-23075-75
- Kang, S. M., R. Radhakrishnan, K. E. Lee, Y. H. You, J. H. Ko, J. H. Kim & I. J. Lee, 2015. Mechanism of plant growth promotion elicited by *Bacillus* sp. LKE15 in oriental melon. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science*, 65: 637-647. Doi: 10.1080/09064710.2015.1040830
- Keskin, G. & Ö. C. Dölekoğlu, 2004. Domates ve Domates Salçası Durum ve Tahmin Raporu 2004-2005, Yayın No: 123, Eylül 2004, Ankara, 77 s.
- Kloepper, J. W. & M. N Schroth, 1978. "Plant growth promoting rhizobacteria on radishes, 879-882", *Proceedings of the 4th International Conference on Plant pathogenic Bacteria*, Angers, France, 979 pp.
- Kuan, K. B., Othman, R., Rahim, K. A., and Shamsuddin, Z. H. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilisation of maize under greenhouse conditions. *PLoS ONE* 11: e0152478. Doi: 10.1371/journal.pone.0152478
- Kumar, J., D. Singh, P. Ghosh & A. Kumar, 2017. "Endophytic and Epiphytic Modes of Microbial Interactions and Benefits, 227-253". In: *Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives* (Eds. D. Singh, H. Singh & R. Prabha), Springer, Singapore, 657 pp. Doi: 10.1007/978-981-10-5813-4_12.
- Kumari, B., M. A Mallick, M.K Solanki, A.C. Solanki, A. Hora & W. Guo, 2019. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Modern Prospects for Sustainable Agriculture, 109-127". In: *Plant Health Under Biotic Stress* (Eds. R. Ansari & I. Mahmood). Springer, Singapore, 260 pp. Doi: 10.1007/978-981-13-6040-46
- Larkin, R. P. & D. R. Fravel, 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Disease*, 82 (9): 1022-1028.
- Liu, K., M. Newman, J. A. McInroy, C. H. Hu & J. W. Kloepper, 2017. Selection and assessment of plant growth-promoting rhizobacteria for biological control of multiple plant diseases. *Phytopathology*, 107: 928-936.
- Liu, J., G. Gilardi, M. Sanna, M. L. Gullino & A. Garibaldi, 2010. Biocontrol of *Fusarium* crown and root rot of tomato and growth-promoting effect of bacteria isolated from recycled substrates of soilless crops. *Phytopathologia Mediterranea*, 49 (2): 163-171.
- Louden, B. C., D. Haarmann & A. M. Lynne, 2011. Use of blue agar CAS assay for siderophore detection. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 12 (1): 51-53, Doi: 10.1128/jmbe.v12i1.249.
- Mahajan, S. & N. Tuteja, 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- Matei, G. M., S. Matei, V. Mocanu & S. Dumitru, 2017. Microbiological characterization of suppressive forest soil from Enisala. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 46: 341-347.
- Muyolo, N. G., P. E. Lipps & A. F. Schmitthenner, 1993. Reactions of dry bean, lima bean, and soybean cultivars to *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot and web blight. *Plant Disease*, 77: 234-238.

- Nautiyal, C. S., 1999. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, 170 (1): 265-270, Doi: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x.
- Naseem, H & A. Bano, 2014. Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize. *Journal of Plant Interactions*, 9 (1): 689-701, Doi: 10.1080/17429145.2014.902125
- Özden, E., 2019. The Effect of Pre-sown Treatments on Seed Viability and Physiology in Tomato. *AGROFOOD - International Conference on Agronomy and Food Science and Technology (20-21 Haziran 2019, İstanbul)*, 394-401.
- Panth, M., S. C. Hassler & F. Baysal-Gurel, 2020. Methods for management of soilborne diseases in crop production. *Agriculture*, 10 (425): 1-16.
- Parajuli, M., M. Panth, A. Gonzalez, K. M. Adesso, A. Witcher, T. Simmons & F. Baysal-Gurel, 2022. Cover crop usage for the sustainable management of soilborne diseases in woody ornamental nursery production system. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44 (3): 432-452.
- Pavlovici, M., R. Konrad, A. N. Iwobi, A. Sing, U. Busch & I. A. Huber, 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: 46-53. Doi: 10.1111/J.1574-6968.2011.02479.X
- Raaijmakers, J. M. & M. Mazzola, 2012. Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 50: 403-424.
- Radhakrishnan, R., A. Hashem & E. F. Abd Allah, 2017. *Bacillus*: a biological tool for crop improvement through bio-molecular changes in adverse environments. *Frontiers in Physiology*, 8: 667. Doi: 10.3389/fphys.2017.00667
- Rani, A., M. N. Bhat & B. P. Singh, 2007. Effect of phylloplane fungi on potato late blight pathogen *Phytophthora infestans*. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 37: 413-417.
- Ravensberg, W. J., 2011. A roadmap to The Successful Development and Commercialization of Microbial Pest Control Products for Control of Arthropods. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 386 pp.
- Reynolds, H. L., A. Packer, J. D. Bever & K. Clay, 2003. Grassroots ecology: plant-microbe-soil interactions as drivers of plant community structure and dynamics. *Ecology*, 84: 2281-2291.
- Sansinenea, E. & A. Ortiz, 2011. Secondary metabolites of soil *Bacillus* spp. *Biotechnology Letters*, 33: 1523-1538.
- Safdarpour, F. & G. Khodakaramian, 2019. Assessment of antagonistic and plant growth promoting activities of tomato endophytic bacteria in challenging with *Verticillium dahliae* under *in-vitro* and *in-vivo* conditions. *Biological Journal of Microorganism*, 7 (28): 77-90.
- Schaad, N. W., J. B. Jones & W. Chun, 2001. Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. American Phytopathological Society (APS Press). 3rd Edition, St. Paul, 373 pp.
- Schroth, M. N. & J. G. Hancock, 1982. Disease-suppressive soil and root colonizing bacteria. *Science*, 216: 1376-1381.
- Shafi, J., H. Tian, & M. Ji, 2017. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31: 446-459.
- Shafique, H. A., V. Sultana, S. Ehteshamul-Haque & M. Athar, 2016. Management of soil-borne diseases of organic vegetables. *Journal of Plant Protection Research*, 56: 221-230.
- Sharon, M., S. Freeman, S. Kuninaga & B. Sneh 2007. Genetic diversity, anastomosis groups and virulence of *Rhizoctonia* spp. from strawberry. *European Journal of Plant Pathology*, 117: 247-265.
- Stockwell, V. O. & J. P. Stack, 2007. Using *Pseudomonas* spp. for integrated biological control. *Phytopathology*, 97: 244-249.
- Su, X., S. Wu, L. Liu, G. Lu, H. Liu, X. Jin, Y. Wang, H. Guo, C. Wang & H. Cheng, 2021. Potential antagonistic bacteria against *Verticillium dahliae* isolated from artificially infested nursery. *Cells*, 10 (12): 3588.
- Teniz, N., 2020. Van'da Yetiştirilen Domates, Biber ve Kavun Bitkilerinden İzole Edilen *Fusarium* spp. ve *Rhizoctonia* spp.'nin Teşhisi ve Patojeniteleri. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Van, 61 s.
- Townsend, G. K. & J. W. Heuberger, 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter*, 27: 340-343.
- Tuncer, G. & G. Erdiller, 1990. The identification of *Rhizoctonia solani* Kühn anastomosis groups isolated from potato and some other crops in Central Anatolia. *Journal of Turkish Phytopathology*, 19 (2): 89-93.


- Uysal, A., Ş. Kurt, S. Soylu, E. M. Soylu & M. Kara, 2019. Yaprığı yenen sebzelerdeki mikroorganizma türlerinin MALDI-TOF MS (Matris Destekli Lazer Desorpsiyon/İyonizasyon Uçuş Süresi Kütle Spektrometresi) Tekniği kullanılarak tanımlanması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29: 595-603. Doi: 10.29133/YYUTBD.627850
- Vejan, P., R. Abdullah, T. Khadiran, S. Ismail & A. Nasrulhaq Boyce, 2016. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-a review. *Molecules*, 21 (5): 573. Doi: 10.3390/molecules21050573.
- Weller, D. M., J. M. Raaijmakers, B. B. M. Gardener & L. S. Thomashow, 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 40: 309-348.
- Widawati, S & Suliasih, 2019. Potency of nitrogen fixing bacteria isolated from POME disposal pond and their effect on the growth of *Caesalpinia pulcherrima* (L) Sw, 1-10", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 308 (2019). Doi: 10.1088/1755-1315/308/1/012043.
- Wilson, B. R., A. R. Bogdan, M. Miyazawa, K. Hashimoto & Y. Tsuji, 2016. Siderophores in iron metabolism: From mechanism to therapy potential. *Trends in Molecular Medicine*, 22: 1077-1090.
- Yıldırım, E., 2017. Samsun İli Örtüaltı Sebze Yetiştirilen Alanlarda *Rhizoctonia* spp.'Ne Ait Fungusların Anastomosis Gruplarının, Karakteristik Özelliklerinin ve Patojenitelerinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 88 s.
- Yıldız, A. & M. T. Döken, 2002. Anastomosis group determination of *Rhizoctonia solani* Kühn (telemorph: *Thanatephorus cucumeris*) isolates from tomatoes grown in Aydın, Turkey and their disease reaction on various tomato cultivars. *Journal of Phytopathology*, 150 (10): 526-528.
- Yucel, S., C. Can, M. Yurtmen, R. Cetinkaya-Yildiz & Y. Aysan, 2008. Tomato pathology in Turkey. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2 (1): 38-47.
- Zimina, M. I., S. A. Sukhih, O. O. Babich, S. Noskova, A. A. Abrashina & A. Y. Prosekov, 2016. Investigating antibiotic activity of the genus *Bacillus* strains and properties of their bacteriocins in order to develop next-generation pharmaceuticals. *Foods and Raw Materials*, 4 (2): 92-100.
- Zohora, U. S., T. Ano & M. S. Rahman, 2016. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* K1 by iturin A producer *Bacillus subtilis* RB14 seed treatment in tomato plants. *Advances in Microbiology*, 6 (6): 424- 431.

Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):723-736

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1356808>

Zuhal ŞENYÜZ¹ 

Özge Elmas GÜNAYDIN² 

Derya SAYGILI³ 

Cem KARAGÖZLÜ^{4*} 

¹ TC Tarım ve Orman Bakanlığı İzmir İl Müdürlüğü. Konak - İzmir

² Kavram Meslek Y.O. Dış Ticaret Böl. Konak - İzmir

³ Kavram Meslek Y.O. Aşçılık Böl. Konak - İzmir

⁴ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, Bornova - İzmir

* Sorumlu yazar (Corresponding author): cem.karagozlu@ege.edu.tr

Anahtar sözcükler: Gıda boyası, İzmir, meyveli süt ürünleri, sentetik renklendirici, tüketici davranışı

Keywords: Food dye, İzmir, fruit dairy products, synthetic dye, consumer behaviour

Meyveli süt ürünlerinde gıda boyası kullanımı ve tüketici davranışları: İzmir ili örneği

Using food dye in fruit dairy products and consumer behaviour: The case of İzmir Province

Received (Alınış): 07.09.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 27.11.2023

ÖZ

Amaç: Çalışmada, meyveli süt ürünlerinde, sentetik boya varlığının tespit edilmesi, ayrıca anket çalışması ile ebeveynlerin süt ürünlerinde gıda boyası üzerinde tüketici tercihleri ve tutumlarının kıyaslanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Piyasadan 59 adet meyveli süt ürününde HPLC yöntemiyle suda çözünen sentetik boya tespit ve miktar belirlenmesi yapılmıştır. İzmir ili merkez ilçelerinde yaşayan ebeveynlerin tüketici alışkanlıklarının belirlenmesi amacıyla kolayda örnekleme ve kartopu örnekleme kullanılarak anket yapılmıştır. Ankette demografik özellikler, ebeveynlerin gıda ve beslenmeye yönelik eğitim ve bilgi düzeyleri, ebeveynlerin gıda boyası bulunan/bulunduğu düşünülen ürünlere yönelik tüketici alışkanlıklarını belirlemeye yönelik toplam 28 soru sorulmuştur. Toplanan veriler IBM SPSS 18 programında analiz edilmiştir. Analizde bağımsız örneklem t-testi analizleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırma Bulguları: 59 üründen 3 adet pastane dondurmasında sentetik boya tespit edilmiştir. Tespit edilen miktarlar ilgili yönetmeliğe göre yasal sınırlar içerisinde yer almaktadır. Eğitim alan ve almayan ebeveynlerin meyveli süt ürünü tercihleri farklılık göstermektedir. Ebeveynlerin %54'ü gıda boyası hakkında bilgiye sahip iken, %45'i ise gıda boyası hakkında bilgiye sahip değildir. Ebeveynlerin %98'i ürünlerin son tüketim tarihine bakmakta, %88'i ise etiket bilgilerini okumaktadır.

Sonuç: Etiketli ürünlerde, etiketinde sentetik boya kullanmadığını beyan ettiği hiç bir üründe sentetik boya tespit edilmemiş, etiket bilgisine kolayca ulaşılamayan pastane ürünlerinin bazılarında ise sentetik boya tespit edilmiştir.

ABSTRACT

Objective: The aim of this thesis study is to detect the presence of synthetic dyes in fruit dairy products, and to measure the level of awareness of parents over their knowledge and preferences on food coloring in dairy products with a questionnaire study.

Material and Methods: The determination and amount of water-soluble synthetic dyes were determined by HPLC method in 59 fruit dairy products from the market. In order to determine the consumer habits of parents living in İzmir, a survey was conducted using convenience sampling and snowball sampling. A total of 28 questions were asked in the survey to determine demographic characteristics, education and knowledge levels of parents on food and nutrition, and consumer habits of parents for products with/thought to contain food coloring. The collected data were analyzed in SPSS 18 program. Independent sample t-test were performed in the analysis.

Results: Synthetic dye was detected in 3 patisserie ice creams out of 59 products. The amounts determined are within the legal limits according to the relevant regulation. The preferences of the parents who received and did not receive education on dairy products with fruits differ. While 54% of the parents have knowledge about food coloring, 45% do not have knowledge about food coloring. 98% of parents look at the expiry date of the products, 88% read the label.

Conclusion: It could not detect synthetic dyes in any of the labeled products, on which he declared that he did not use synthetic dyes on the label. Synthetic dyes have been detected in some of the patisserie products whose label information is not easily accessible.

GİRİŞ

Süt ve süt ürünleri içeriği bakımından zengin bileşime sahip olan besin kaynaklarıdır. İnsan hayatı boyunca süt ve ürünlerinin tüketimine gereksinim duyar. Çocukluk dönemlerinde bu gereksinim daha da artmaktadır. Üreticiler süt ürünlerini daha cazip hale getirmek için gıda katkı maddelerini kullanmaktadır. Renk, tüketicinin gıda seçimini ve yeme arzusunu doğrudan etkileyen en önemli özelliklerden biri olarak kabul edilmektedir (Martins et al., 2016). Lezzet, ürünü tanıma ve kabul edilebilirliğini etkilemekte iken, renk hem gerçek hem de algılanan beslenme değerini etkileyebilmektedir (Branen & Haggaerty, 2002). Saleem et al. (2013) insanların özellikle de küçük yaşta çocukların hoş renkli yiyecek ve içeceklerle ilgi duymalarının içgüdüsel bir durum olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, gıdalara çekici renklerin katılması, tüketiciler tarafından yiyecek ve içeceklerin iştah açıcı değerini ve lezzetini artırabilmektedir.

Gıda katkı maddelerinden biri olan gıda boya, gıda maddelerinin kaybolan rengini tekrar kazandırmak, rengi olmayan gıdaları renklendirmek, gıdaları daha çekici hale getirmek amacıyla gıdalara eklenmektedir. Fakat gıda katkı maddelerinin bilinçli olarak kullanılmadığı zamanlarda insan sağlığı açısından olumsuz sonuçlara neden olacağı düşünülmektedir (Atlı, 2010)

Araştırmamızda, suda çözünen sentetik boyalarda en çok tercih edilen yöntem olan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) yöntemi ile miktar analizi yapılmıştır. Araştırma için çocuklar tarafından sıkça tercih edilen, piyasadan elde edilen farklı markalardan ve renklerden meyveli yoğurt, meyveli peynir, meyveli kefir, meyveli süt, meyveli puding ve meyveli dondurma ürünleri tercih edilmiştir. Bu şekilde üretilen ürünlerde boya kullanıp kullanılmadığı, kullanıldı ise TGK (Türk Gıda Kodeksi) Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde belirtilen limitlere uygunluğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda çalışmamızda, İzmir ve merkez ilçelerindeki ebeveynlerin çocukları için renkli süt ve ürünlerini tercih etmedeki tutumu, gıda renklendiricileri hakkında ne derecede bilgi sahibi oldukları ve etiket okuma alışkanlıklarının araştırılması hedeflenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, 8 farklı firmaya ait 20 adet meyveli yoğurt, 4 farklı firmaya ait 8 adet meyveli peynir, 4 farklı firmaya ait 6 çeşit meyveli kefir, 4 farklı firmaya ait 7 çeşit meyveli puding, 2 farklı firmaya ait 6 çeşit ve 3 farklı pastaneye ait 5 çeşit meyveli dondurma ve 4 farklı firmaya ait 7 çeşit meyveli süt ürünleri olmak üzere toplam 59 farklı süt ürünü İzmir piyasadan temin edilmiştir. Analizi yapılan boya maddeleri (renklendiriciler); Allura Red-Pembe, Carmosine(Azorubin)-Pembe, Tartrazin-Sarı, Green-S-Yeşil, Quinoline Yellow-Sarı, Sunset Yellow FCF-Turuncu, Amarant-Pembe, Ponceau 4RC (Koşineal Red A)-Pembe, Indigotin (Indigokarmin)-Mavi, Brilliant Black BN-Siyah, Brilliant Blue FCF-Mavi'dir.

Yöntem

Renk tayini, Nordic Committee on Food Analysis (1989) No:130 667,28/543-544 yayınının önerdiği "Colours Synthetic, Water-Soluble-Liquid Chromatographic Determination In Foods" metodu kullanılmıştır. Katı örneklerden 5 g numune behere tartılıp üzerine bir miktar saf su eklenerek karıştırma cihazında karışması sağlanmıştır. Katı numune daha sonra 5000 devirde 10 dk santrifüj edilip, sıvı numunelerden 5 mL alınmıştır. Sep-pak kartuş vakum manifolduna yerleştirilerek ilk önce şartlanması sağlanmıştır. Bunun için yavaş bir şekilde önce 2 mL metanol daha sonra 5 mL Tetrabutil amonyum hidrojen sülfat (TBA, Sigma Aldrich, ABD) 2 çözeltisi geçirilmiştir. Santrifüjlenme sonrası elde edilen üst sıvı kısım yavaşça kartuştan geçirilerek boyanın kartuşta tutunması sağlanmış, ardından yine yavaş bir şekilde 10 mL TBA2 çözeltisi geçirilerek kartuştaki şekerli kısım atılmış oldu. Valf kapatılıp, her bir kartuş altına 15 mL'lik falkon tüp yerleştirilmiştir. Önce yavaşça 2 mL metanol daha sonra 3 mL saf su yine yavaşça kartuştan geçirilerek boyanın falkon tüpte toplanması sağlanmıştır. Falkon tüp içerisindeki karışım iyice karıştırılarak 0,45 µm'lik teflon filtreden süzülerek vial alınmış, vial HPLC cihazı otomatik enjeksiyon bölümüne yerleştirilmiştir.

HPLC cihazı (Agilent 1100, ABD) için kromatografik şartlar; Mobil faz için, 480 mL TBA1 zeltisi 520 mL metanol ile homojen bir şekilde karıştırılarak hazırlanmıştır. Diyot Dizi Dedektörü (DAD) kullanılmış olup, boyutları; 3,2*250 mm olan 5 µm partiküllü silika içeren C18 kolonu kullanılmıştır. Kolon Sıcaklığı 25 °C, akış hızı 1,0 mL/dk, enjeksiyon hacmi: 20 µL'dir.

Veriler kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış, analiz edilen numunede bulunan suda çözünen sentetik boya konsantrasyonu tespit edilmiştir. rne ait tespit edilen değerler TKG Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği ile karşılaştırılmış ve sonuçların ilgili yönetmeliğe uygunluğu kontrol edilmiştir.

Anket Metodoloji

Araştırma yöntemi, evren, örneklem ve veri toplama tekniği

Çalışmanın evreni İzmir il merkezinde (Balçova, Bayraklı, Bornova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Güzelbahçe, Karabağlar, Karşıyaka, Konak ve Narlıdere) ikamet eden ebeveynlerden oluşturmaktadır. Çalışmada kartopu ve kolayda örneklem yöntemlerinden yararlanılmıştır. Veri toplama tekniği olarak online anket yöntemi kullanılmıştır. Online anket aracılığıyla 21.09.2020 ile 12.02.2021 tarihleri arasında geçerli 417 kişiye ulaşılmıştır. Anket giriş bölümü dahil üç bölüm, toplam 28 sorudan oluşmaktadır. Anketin giriş bölümünde demografik özellikleri belirlemeye yönelik 7 soru, ikinci bölümünde ebeveynlerin gıda ve beslenmeye yönelik eğitim ve bilgi düzeylerinin belirlenmesi amacıyla 4 soru bulunmaktadır. nc blmde ise ebeveynlerin gıda boyası bulunan/bulunduğu düşünülen ürünlere yönelik tüketiciler alışkanlıklarını belirlemeye yönelik 15 soru bulunmaktadır. Anket sorularının oluşturulmasında ağlar (2019) alışmasından yararlanılmıştır. Toplanan veriler SPSS 18 programında bağımsız örneklem t-testi analizi ile analiz edilmiştir. Bu araştırma, Ege Üniversitesi Rektörlüğü, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 15.04.2020 tarihli, 04/06 sayılı karar ve 589 protokol numarasıyla onay almıştır.

Parametrik ya da parametrik olmayan testlerin uygunluğunun belirlenmesi amacıyla normallik testi geerleştirilmiştir. Normal dağılıma sahip olan verilerin basıklık ve arpıklık değerlerinin +1 ile -1 arasında olması gerekmektedir (Hair et al., 2006). Normallik testi sonuçlarına göre, tüketiciler alışkanlıklarının skewness (arpıklık) değeri -,689 ve kurtosis (basıklık) değeri ,260'dır Bu bağlamda veriler normal dağılıma sahip olup, analizde parametrik testler uygulanabilmektedir. Çalışma verileri betimleyici analizler ve t-testi ile analiz edilmiştir.

ARAşTIRMA SONUÇLARI ve TARTIşMA

Gıda boyası tayini

Bu çalışmada piyasadan satın alınan 6 farklı kategoriye ait meyveli süt ürünleri için HPLC cihazı ile "Suda znen Sentetik Boya Tayini" analizleri yapılmıştır. 8 farklı firmaya ait 20 çeşit meyveli yoğurt, 4 farklı firmaya ait 8 çeşit meyveli peynir, 4 farklı firmaya ait 6 çeşit meyveli kefir, 4 farklı firmaya ait 7 çeşit meyveli puding, 4 farklı firmaya ait 7 çeşit meyveli süt ve 2 farklı firmaya ait 6 çeşit meyveli dondurma ürünlerinin hiçbirinde sentetik boya tespit edilememiştir.

Meyveli yoğurt, meyveli peynir ve meyveli kefir rnleri 30 Haziran 2013 tarih ve 28693 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan TKG Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nin Ek II, Bölüm D'de belirtilen "Gıda Kategorileri"ne göre "Aromalandırılmış fermente süt ürünleri, ısıl işlem görmüş ürünler dahil" kategorisinde yer almaktadır. Yönetmeliğe göre bu ürünlerde, birlikte kullanıldığında maksimum sentetik renklendirici içerme sınırı 150 mg/kg'dır. Tek başına kullanıldığında maksimum miktar belirlenen renklendiriciler için ise: Kinolin Sarısı için 10 mg/kg, Sunset Yellow için 5 mg/kg, Ponceau 4R için 5 mg/kg'dır. Analizi yapılan meyveli yoğurt, meyveli peynir ve meyveli kefir numunelerinin hiçbirinde sentetik boya tespit edilmemiştir. İlgili yönetmeliğe göre, meyveli pudingler "Tatlılar" kategorisinde değerlendirilmektedir. Yönetmeliğe göre, bu kategoride yer alan ürünler için birlikte kullanımlarında maksimum miktar belirlenmiş olan gıda renklendiricileri için izin verilen maksimum miktar 150 mg/kg'dır.

Tek başına kullanıldığında maksimum miktar belirlenen renklendiriciler için ise: Kinolin Sarısı için 10 mg/kg, Sunset Yellow için 20 mg/kg, Ponceau 4R için 10 mg/kg'dır. Meyveli puding numunelerinin de hiçbirinde suda çözünen sentetik boya tespit edilmemiştir. 30 Haziran 2013 tarih ve 28693 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan TGK Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre "Yenilebilir Buzlar ve Dondurma" kategorisinde yer alan ürünlerde renklendiriciler için birlikte kullanımlarında belirlenen maksimum miktar; 150 mg/kg'dır. Pastaneden alınan 3 dondurma örneğinde suda çözünen sentetik boya tespit edilmiştir. Diğer ürünlerde ise tespit edilememiştir. PASB1 kodlu yaban mersini meyveli mavi renkli dondurmada 6,4 mg/kg Brillant Blue; PASB2 kodlu kavun meyveli sarı renkli dondurmada 15,9 mg/kg Tartrazin ve 11,2 mg/kg Sunset Yellow; PASC1 kodlu yaban mersini meyveli mavi renkli dondurmada 8,1 mg/kg Brillant Blue tespit edilmiştir. Tespit edilen miktarlar TGK Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre yasal sınırlar içerisinde. Kalyoncu ve Yurttagül (1995) tarafından yapılan çalışmada; 25 farklı pastaneden alınan 100 adet dondurma numunesine yapılan hem kalitatif hem kantitatif analizler sonucunda, dondurma numunelerinin %52'sinde bir veya birden fazla boya maddesi tespit edilmiştir. Erdoğan (2007) tarafından yapılan benzer bir çalışmada 40 adet meyveli yoğurtta da sentetik boya tespit edilmemiştir. Dinç (2007) tarafından yapılan yenilebilir buzlarda suda çözünen sentetik boya analizi sonuçlarına göre; analiz edilen 9 numuneden 1 tanesinde TGK'da belirtilen limit değerinin üzerinde Tartrazin (167,21 mg/kg) bulunduğu tespit edilmiştir. Renklendirici miktarı belirlenen diğer numunelerin limit değeri aşmadığı ancak Tartrazin ve Karmoisin ikili karışımı kullanılan bir numunede tespit edilen Karmoisin miktarının (79,18 mg/kg) tek başına izin verilen yasal limiti aştığı tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda pastaneden alınan dondurma örneklerinde sentetik boya tespit edilmesi bizim çalışmamızla da uyum göstermektedir.

Tüketici davranışı anket verileri

Betimleyici analizler

Normal dağılıma sahip olan verilerin, demografik özellikleri, beslenme/gıda ile ilgili eğitim ve bilgi düzeyleri ve tüketici alışkanlıklarına yönelik betimleyici istatistikleri gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların demografik özelliklerine yönelik betimleyici istatistik sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Demografik özelliklere ilişkin betimleyici istatistik

Table 1. Descriptive statistics on demographics

Cinsiyet	Frekans	%	Meslek	Frekans	%	Eğitim Durumu	Frekans	%
Kadın	316	75,8	Ev Hanımı	43	10,3	İlkokul	4	1,0
Erkek	101	24,2	Kamu Sektörü	168	40,3	Ortaokul	4	1,0
Yaş	Frekans	%	Özel Sektör	129	30,9	Lise	25	6,0
18-25 yaş arası	0	0	Serbest Meslek	34	8,2	Önlisans	39	9,4
26-35 yaş arası	74	17,7	İşsiz	10	2,4	Lisans	231	55,4
36-45 yaş arası	193	46,3	Öğrenci	0	0	Lisansüstü	114	27,3
46-55 yaş arası	117	28,1	Emekli	21	5,0	Diğer	0	0
55 ve üzeri	33	7,9	Diğer	12	2,9			
Çalışma Süresi	Frekans	%	Çocuk Yaşı	Frekans	%	Çocuk Sayısı	Frekans	%
1-5 yıl arası	24	5,8	0-12 aylık	9	1,4	1 çocuk	179	42,9
6-10 yıl arası	68	16,3	1-5 yaş arası	129	20,1	2 çocuk	211	50,6
11-20 yıl arası	158	37,9	6-10 yaş arası	200	31,1	3 çocuk	19	4,6
20 yıl ve üzeri	167	40,0	11-15 yaş arası	129	20,1	4 çocuk	6	1,4
			16-20 yaş arası	62	9,6	5 ve üzeri	2	,5
			21-25 yaş arası	62	9,6			
			26 yaş ve üzeri	52	8,1			

Çizelge 1'de görüldüğü üzere, katılımcı ebeveynlerin %75'i anne, %24'ü ise babadır. Çalışma ebeveynler üzerine yapıldığından kadın katılımcılar anne, erkek katılımcılar baba olarak değerlendirilmektedir.

Ebeveynlerin çoğunluğu 36-45 yaş aralığında, 20 yıl ve üzeri süredir çalışan, kamu ve özel sektörde çalışan ve lisans ve lisansüstü eğitim seviyesine sahiptir. Ebeveynlerin sahip olduğu çocukların yaşları ağırlıklı olarak sırasıyla, 6-10 yaş arası (200), 1-5 yaş arası (129) ve 11-15 yaş arası (129)'dır. Ebeveynlerin sahip olduğu çocuk sayısı ise ağırlıklı olarak sırasıyla, 2 çocuk (%50) ve 1 çocuk (%42)'tur.

Katılımcı ebeveynlerin demografik özelliklerine ek olarak çocukları için tercih ettikleri ürünlerin son kullanım tarihi ve etiket bilgilerine olan dikkatine ilişkin betimleyici istatistik sonuçlarına göre ebeveynlerin çoğunluğu (%98) son kullanım tarihine dikkat etmekte ve yine çoğunluğu (%88) etiket bilgilerini okumaktadır. Süt ürünlerinin son kullanım tarihi ve etiket bilgisi önemlidir. Analiz sonuçlarına göre ebeveynlerin %98'i ürünlerin son tüketim tarihine bakmakta, %88'i ise etiket bilgilerini okumaktadır. Son kullanım tarihine bakan ya da bakmayan ebeveynlerin tüketici alışkanlığı farklılık göstermezken, etiket bilgisini okuyan ve okumayan ebeveynlerin tüketici alışkanlığı farklılık göstermektedir. Konu ile ilgili yapılan önceki çalışmalar değerlendirildiğinde (Özgül & Aksulu, 2006; Topuzoğlu vd., 2007, Köksal vd., 2003, Uzunöz vd., 2008, Yılmaz vd., 2009, Yalçın, 2012, Sağlam & Gümüş, 2019; Yanıç Yüksek & Karagözlü, 2022) tüketicilerin gıda ürünleri satın alma aşamasında dikkat ettikleri faktörler arasında son kullanma tarihinin önemli olduğu, bu sonuçların yaptığımız anket çalışması ile de paralellik gösterdiği söylenebilir.

Ebeveynlerin gıda boyası hakkında bilgi sahibi olup olmadığı, varsa gıda bilgisine yönelik bilgiyi nereden elde ettiği, gıda ve beslenme üzerine eğitim alıp almadığı ve varsa eğitimin nereden aldığına yönelik betimleyici analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Gıda boyası eğitimi ve ürün bilgisine ilişkin betimleyici istatistik

Table 2. Descriptive statistics on food coloring education and product knowledge

Gıda Boyası Hakkında Bilgi	Frekans	%	Gıda ve Beslenme Üzerine Eğitim	Frekans	%
Evet	229	54,9	Evet	121	29
Hayır	188	45,1	Hayır	296	71
Bilgi Kaynağı	Frekans		Gıda ve Beslenme Eğitimi Türü	Frekans	
Okul	100		Üniversitenin Gıda/Ziraat/Beslenme vb. Bölümü	93	
İnternet	144				
TV	46		Sertifika Programı	23	
Seminer/Konferans	41				
Yakın Çevre/Tanıdıklar	2		Kurs	15	
İşyeri	8				
Yayınlar (Mevzuat/Bakanlık)	2		Diğer	1	
Uzman Görüşleri	2				
Diğer	1				

Çizelge 2'de görüldüğü üzere Ebeveynlerin %54'ü ürün içerisinde kullanılan gıda boyalarına yönelik bilgi sahibi olduğunu, %45'i ise bilgi sahibi olmadığını belirtmiştir. Çağlar (2019)'ın 260 tüketici ile yapmış olduğu anket çalışmasına göre; tüketicilerin gıda boya konusundaki bilgili olma durumlarına bakıldığında (%73,1) kısmen bilgili olduğu saptanmıştır. Gıda boya hakkında bilgi sahibi olan ebeveynler bilgilerini ağırlıklı olarak sırasıyla internet, okul, TV ve seminer/konferanslardan edinmiştir. Ebeveynlerin %29'u gıda ve beslenme üzerine eğitilmiş iken, %71'nin eğitimi bulunmamaktadır. Eğitimi bulunan ebeveynlerin bir kısmı, ilgili eğitimi üniversitelerin gıda, ziraat ve beslenme bölümlerinden mezuniyetleri ile elde ederken, bir kısmı ise sertifika programları ve kurslardan yararlanarak elde etmiştir.

Tüketici alışkanlığı betimleyici istatistiği

İzmir il merkezinde yaşayan ebeveynlerin tüketici alışkanlıklarının betimleyici istatistikleri gerçekleştirilmiştir. Betimleyici istatistikler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3.Tüketici alışkanlığı betimleyici istatistikler**Table 3.** Consumer habits descriptive statistics

Sorular	Ortalama	Standart Sapma
1. Alışveriş yaparken mutlaka etiket bilgilerini incelerim.	3,92	1,237
2. Alışveriş yaparken meyveli süt ürünlerini tercih ederim.	1,92	1,045
3. Meyveli süt ürünlerinin daha lezzetli olduğunu düşünüyorum.	2,30	1,310
4. Meyveli süt ürünlerindeki bahsedilen rengin meyveden kaynaklandığını düşünüyorum.	1,80	1,026
5. Meyveli süt ürünlerini, sadece meyvelerden üretilen doğal gıda boyaları ile üretiliyse tercih ediyorum.	2,56	1,413
6. Meyveli süt ürünlerindeki bahsedilen rengin kullanılan yapay boyalardan kaynaklandığını düşünüyorum.	3,53	1,444
7. Gıda boyalarının sağlıksız olduğunu düşünüyorum.	3,64	1,424
8. Gıda boyalarının kullandığı ürünlerin sürekli tüketilmedikçe çocuklar için zararlı olmadığını düşünüyorum.	2,32	1,269
9. Meyveli süt ürünlerini tercih ederken markasına göre tercih ederim.	3,07	1,526
10. Etiketlerde yazan "E" kodu hakkında bilgim var.	3,02	1,454
11. Ürünün etiket bilgilerinde kullanılan boyaya ait "E" kodu varsa kullanılan boyanın güvenilir olduğunu düşünüyorum.	2,40	1,193
12. Tercih ettiğim markaların TC Tarım ve Orman Bakanlığının Türk Gıda Kodeksine uygun olduğuna inanıyorum.	3,10	1,266
13. Çocuğumun süt ürünlerini tüketmesine fayda sağlayacaksa boya içerse de tercih ederim.	1,75	1,037
14. Gıda boyalarının çocuklarda hiperaktiviteye neden olduğunu düşünüyorum.	3,10	1,231
15. Gıda boyalarının çocuklarda alerjiye neden olduğunu düşünüyorum.	3,38	1,375
Genel Ortalama	2,65	

Çizelge 3'te görüldüğü üzere katılımcı ebeveynlerin tüketici alışkanlıklarının ölçümü ile ilgili ifadeler vermiş oldukları yanıtların ortalaması 2,65'tir. İlgili değer ifadelerin katılmıyorum ile tarafsızım arasında değiştiğini göstermektedir. Ölçek içerisinde en yüksek ortalamaya sahip olan ifade 3,92 ile "Alışveriş yaparken mutlaka etiket bilgilerini incelerim." ifadesidir. Oranın 3,92 olması ifadenin katılmıyorum ile kesinlikle katılmıyorum ifadeleri arasında olduğunu göstermektedir. Sırasıyla en yüksek ortalamaya sahip diğer ifadeler 3,64 ile "Gıda boyalarının sağlıksız olduğunu düşünüyorum" ve 3,53 ile "Meyveli süt ürünlerinde bahsedilen rengin kullanılan yapay boyalardan kaynaklandığını düşünüyorum"dur. Betimleyici istatistik sonuçlarına göre ebeveynler alışveriş yaparken etiket bilgilerini okumaktadır. Gıda boyalarının sağlıksız, sentetik boya kaynaklı, alerjik ve hiperaktivite sebebi olduğu düşünülmektedir. Ölçek içerisinde en düşük ortalamaya sahip olan ifade 1,75 ile "Çocuğumun süt ürünlerini tüketmesine fayda sağlayacaksa boya içerse de tercih ederim." ifadesidir. Oranın 1,75 olması ilgili yanıtın cevaplarının kesinlikle katılmıyorum ile katılmıyorum arasından olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda, fayda sağlayacak olsa dahi çocukları için boya içeren süt ürünlerini satın almamaya eğilimlidir. Aksulu (2001) tarafından yapılan anket çalışmasına göre; gıda ürünlerinin besleyicilik değeri ile ilgilenen 418 deneğe en önemli besleyici unsuru sorulduğunda, ilk olarak tazelik ve doğallık olduğu, ikinci sırada mineral ve vitamin içeriği ve üçüncü sırada ise katkı ve koruyucu maddeleri içermemesi önemli bulunmuştur. Katkı maddesi denildiğinde ise ilk akla renk maddeleri gelmektedir. Sezek vd. (2008) yaptığı bir araştırmada; katkılı besinlerin sağlığa zararlı olduğuna inananları %68,7, kısmen zararlı olduğuna inananları %22,4, zararlı olduğuna inanmayanlar ise %5,0 olarak saptamıştır. Bu durum bizim anket sonuçlarımızla da uyum göstermektedir. Erdem'in (2014) yaptığı araştırmaya göre, ankete katılan tüketicilerin %76'sı hazır ve yarı hazır gıdalarda kullanılan bazı gıda katkı maddelerinin (renklendiriciler gibi) alerji, migren, gut ve hiperaktivite gibi hastalıkları tetiklediği görüşünde olduğu tespit edilmiştir. Tüketicilerin %84,5'inin çocukların tükettiği çikolata, dondurma gibi ürünleri alırken gereğinden fazla gıda katkı maddesi içerdiğini düşünerek tereddüt yaşadıkları tespit edilmiştir. Yanğıç Yüksel ve Karagözlü (2023) tüketicilerin %44,87'sinin ürünün alerjen madde içerip içermediğine dikkat ettiklerini belirtmişlerdir.

Keşfedici Faktör Analizi (KFA)

Tüketici alışkanlığı lçeğinin boyutlarını saptamak amacıyla keşfedici faktör analizi yapılmıştır. Faktör analizinde tüketici alışkanlığı ölçeğinde yer alan bir ifade varyans katkısı düşüklüğü ve iki madde çapraz yüklenme gösterme sebebiyle analizden çıkarılmıştır. Çıkarılan ifadelerin ardından yapılan faktör analizinde KMO ve Bartlett's test sonucu izelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Tüketici alışkanlığı KMO and Bartlett's Test Tablosu

Table 4. Consumer habits KMO and Bartlett's Test Chart

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) rnekleme		,721
Bartlett's Küresellik Testi	Tahmini Ki-Kare	1337,817
	Serbestlik Derecesi	66
	Anlamlılık	,000

Çizelge 4'te görüldüğü üzere KMO rnekleme değeri 0,721'dir. KMO değerinin 0,60'dan yüksek olması örneklemin faktör analizi için uygun olduğunu göstermektedir (Gürbüz ve şahin, 2015). KMO değerinin ,721 olması örneklemin faktör analizi için yeterli olduğunu göstermektedir. Anlamlılık değerinin $p < 0,05$ olması değişkenlerin oluşturduğu matrisin faktör analizi için anlamlı olduğu ve faktör analizinin yapılabileceği anlamına gelmektedir. Faktör analizine göre, tüketici alışkanlıkları özdeğerleri 1'den büyük olan üç faktöre ayrılmakta ve ilgili üç faktör toplam varyansın %56'sını açıklamaktadır. Döndürülmüş bileşenler matrisi izelgesi ile tüketici alışkanlıkları leği içerisindeki maddelerin hangi faktörlere yüklendiği ve yük değeri görülebilmektedir. Bileşen sütünü altında yer alan ve gruplanan soruların her bir grubu bir faktörü ifade etmektedir. Faktör analizi sonucunda elde edilen tüketici alışkanlıkları döndürülmüş bileşenler matrisi izelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Tüketici alışkanlığı leği döndürülmüş bileşenler matrisi

Table 5. Consumer habit scale rotated components matrix

	Bileşen (Faktör)		
	1	2	3
	GBB	MST	GBYG
15. Gıda boyalarının çocuklarda alerjiye neden olduğunu düşünüyorum.	,796		
7. Gıda boyalarının sağlıksız olduğunu düşünüyorum.	,755		
6. Meyveli süt ürünlerindeki bahsedilen rengin kullanılan yapay boyalardan kaynaklandığını düşünüyorum.	,755		
14. Gıda boyalarının çocuklarda hiperaktiviteye neden olduğunu düşünüyorum.	,724		
1. Alışveriş yaparken mutlaka etiket bilgilerini incelerim.	,722		
3. Meyveli süt ürünlerinin daha lezzetli olduğunu düşünüyorum.		,817	
2. Alışveriş yaparken meyveli süt ürünlerini tercih ederim.		,803	
4. Meyveli süt ürünlerindeki bahsedilen rengin meyveden kaynaklandığını düşünüyorum.		,636	
5. Meyveli süt ürünlerini, sadece meyvelerden üretilen doğal gıda boyaları ile retiliyse tercih ediyorum.		,503	
11. Ürünün etiket bilgilerinde kullanılan boyaya ait "E" kodu varsa kullanılan boyanın güvenilir olduğunu düşünüyorum.			,729
8. Gıda boyalarının kullanıldığı ürünlerin sürekli tketilmedike çocuklar için zararlı olmadığını düşünüyorum.			,727
13. Çocuğumun süt ürünlerini tüketmesine fayda sağlayacaksa boya içerse de tercih ederim.			,711

Çizelge 5'te de görüldüğü üzere döndürülmüş tüketici alışkanlıkları leği 12 soru ve 3 faktörlü bir yapıdan oluşmaktadır. Her bir faktör içerisinde yer alan sorular göz önünde bulundurulurken faktörler, Gıda Boyası Bilgisi (GBB), Meyveli Süt rn Tercih (MST) ve Gıda Boyasına Yönelik Güven (GBYG) olarak başlıklandırılmıştır.

Ölçek içerisindeki soruların tutarlı şekilde ölçüm yapıp yapmadığı ya da ölçek maddeleri arasında tutarlılık olup olmadığının belirlenmesi maksadı ile güvenilirlik analizi yapılmaktadır (Gürbüz ve Şahin, 2015). Ölçeklerin iç tutarlılığının belirlenmesinde Cronbach Alpha değeri baz alınmıştır. Çizelge 6'da Tüketici Alışkanlıkları ölçeğinin güvenilirlik analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere Tüketici Alışkanlıkları ölçeğinin güvenilirlik katsayısı (α) ,681'dir. Gıda Boyası Bilgisi faktörünün güvenilirlik katsayısı (α) ,811; Meyveli Süt Ürünü Tercihi faktörünün güvenilirlik katsayısı (α) ,661 ve Gıda Boyasına Yönelik Güven'in güvenilirlik katsayısı (α) ,600'dür. Bu bağlamda, Gıda Boyası Bilgili ölçeği yüksek, Gıda Boyasına Yönelik Güven ve Meyveli Süt Ürünü Tercihi ölçekleri orta derece güvenilirliğe sahiptir.

Çizelge 6. Tüketici alışkanlıkları ölçeği güvenilirlik analizi

Table 6. Consumer habits scale reliability analysis

	Cronbach's Alpha	Madde Sayısı
Tüketici Alışkanlığı	<u>.681</u>	12
Gıda Boyası Bilgisi (GBB)	<u>.811</u>	5
Meyveli Süt Ürünü Tercihi (MSÜT)	<u>.661</u>	4
Gıda Boyasına Yönelik Güven (GBYG)	<u>.600</u>	3

Fark analizi

İzmir il merkezinde yaşayan ebeveynlerin tüketici davranışları arasında fark olup olmadığını incelemek amacıyla iki bağımsız örneklem t-testi yapılmıştır. İki bağımsız örneklem t-testi ile iki ayrı örneklemin (cinsiyet (kadın/erkek), eğitim (var/yok), gıda boyası bilgisi (var/yok), etikete bakmak (evet/hayır), SKT'ye bakmak (evet/hayır)) belirli bir değişkene (tüketici alışkanlıkları) ait ortalamaları karşılaştırılmaktadır (Gürbüz ve Şahin, 2015). Bu doğrultuda, aşağıda belirtilen hipotezler oluşturulmuştur;

H₁: Ebeveynlerin cinsiyetine göre süt ürünleri tüketici alışkanlıkları; gıda boyası bilgisi (**H_{1a}**), meyveli süt ürünü tercihi (**H_{1b}**), gıda boyasına yönelik güven (**H_{1c}**) arasında farklılık vardır..

H₂: Ebeveynlerin gıda veya beslenme üzerine eğitim alıp almamasına göre süt ürünleri tüketici alışkanlıkları; gıda boyası bilgisi (**H_{2a}**), meyveli süt ürünü tercihi (**H_{2b}**), gıda boyasına yönelik güven (**H_{2c}**) arasında farklılık vardır.

H₃: Ebeveynlerin gıda boyası hakkında bilgisi olup olmamasına göre süt ürünleri tüketici alışkanlıkları; gıda boyası bilgisi (**H_{3a}**), meyveli süt ürünü tercihi (**H_{3b}**), gıda boyasına yönelik güven (**H_{3c}**) arasında farklılık vardır.

H₄: Ebeveynlerin ürün üzerindeki etiket bilgisine bakıp bakmamasına göre süt ürünleri tüketici alışkanlıkları; gıda boyası bilgisi (**H_{4a}**), meyveli süt ürünü tercihi (**H_{4b}**), gıda boyasına yönelik güven (**H_{4c}**) arasında farklılık vardır.

H₅: Ebeveynlerin SKT bakıp bakmamasına göre süt ürünleri tüketici alışkanlıkları; gıda boyası bilgisi (**H_{5a}**), meyveli süt ürünü tercihi (**H_{5b}**), gıda boyasına yönelik güven (**H_{5c}**) arasında farklılık vardır.

İzmir ili merkez ilçelerinde yaşayan anne ve babanın süt ürününe yönelik tüketici davranışları arasında farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi yapılmış ve sonucu Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Cinsiyete ilişkin bağımsız örneklem t-testi sonuçları**Table 7.** Independent sample t-test results on gender

		Levene Varyans Eşitliği		Ortalama Eşitliği İçin t-testi						
		F	Anlamlılık	T değeri (t)	Serbestlik Derecesi (df)	Anlamlılık	Ortalama Farkı	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı	
								Alt	Üst	
GBB	Eşit Varyans Varsayımı	6,161	,013	2,537	415	,012	,29237	,11522	,06588	,51887
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			2,343	149,711	,020	,29237	,12481	,04575	,53899
MST	Eşit Varyans Varsayımı	,195	,659	-1,406	415	,160	-,13677	,09726	-,32794	,05441
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			-1,372	162,290	,172	-,13677	,09965	-,33354	,06001
GBG	Eşit Varyans Varsayımı	8,915	,003	1,696	415	,091	,16875	,09950	-,02684	,36433
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			1,911	210,690	,057	,16875	,08831	-,00534	,34283

Bağımsız örneklem t-testi yorumlanırken, Levene test sonucunun anlamlı olup olmadığına bakılmaktadır. Eğer Levene test sonucu anlamlı ise ($p < 0,05$) ise, varyansların eşit olmayan varyans dağılımı satırı; test sonucu anlamsız ise ($p > 0,05$) eşit varyans varsayımı satırındaki p (anlamlılık değerine) bakılmaktadır. P değeri anlamlı ($0,05$ 'ten küçük ise) farklılık vardır, P değeri anlamsız ($0,05$ 'ten büyük ise) farklılık yoktur. Bu bağlamda Tablo 7'deki t-testi sonuçlarına göre, ilk olarak anna ve babanın gıda boyaları bilgisine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($t_{149} = 2,343$; $p < 0,05$ ($0,012$)). Annelerin gıda boyaları bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,58 iken, babaların gıda boyaları bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,29'dur. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{1a} hipotezi kabul edilir. Diğer bir ifade ile anneler babalara oranla gıda boyası hakkında daha fazla bilgiye sahiptir. İkinci olarak, anne ve babanın meyveli süt ürünleri tercihlerine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($t_{415} = -1,406$; $p > 0,05$ ($0,160$)). Annelerin meyveli süt ürünleri tercihlerine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,11 iken, babaların meyveli süt ürünleri tercihlerine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,24'tür. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{1b} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile anne ve babanın meyveli süt ürünlerine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Son olarak anne ve babanın gıda boyasına yönelik güven görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($t_{210} = 1,911$; $p > 0,05$ ($0,057$)). Annelerin gıda boyaları güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,19 iken, babaların gıda boyaları güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,02'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{1c} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile anne ve babanın gıda boyaları güvenine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

İzmir ili merkez ilçelerinde yaşayan gıda ve beslenme eğitimi alan ve almayan ebeveynlerin tüketici davranışları farkına yönelik t-testi analizi yapılmış ve sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8'deki t-testi sonuçlarına göre ilk olarak, üzere gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ve almayan ebeveynlerin gıda boyası bilgilerine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($t_{260} = 538$; $p > 0,05$ ($0,616$)). Gıda ve beslenme üzerine eğitim alan anne ve babaların gıda boyaları bilgilerine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,55 iken, almayan ebeveynlerin gıda boyaları bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,49'dur. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{2a} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ve almayan ebeveynlerin gıda boyaları bilgisine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur. İkinci olarak, gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ve almayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($t_{415} = 3,543$; $p < 0,05$ ($0,000$)). Gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ebeveynlerin meyveli

süt ürünleri tercihine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,37, almayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,05'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{2b} hipotezi kabul edilir. Diğer bir ifade ile gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihi daha yüksektir. Son olarak, gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ve almayan ebeveynlerin gıda boyasına güvene yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($t_{415}=1,320$; $p>0,05$ (0,187)). Gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ebeveynlerin gıda boyasına güvene yönelik görüşlerinin ortalaması 2,24 iken, almayan anne ve gıda boyasına yönelik güvene ilişkin görüşlerinin ortalaması 2,11'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{2c} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ve almayan ebeveynlerin gıda boyasına yönelik güvene ilişkin görüşleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

İzmir ili merkez ilçelerinde yaşayan gıda boyası hakkında bilgisi olan ve olmayan ebeveynlerin tüketici davranışları farkına yönelik t-testi analizi yapılmış ve sonuçları Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. Gıda ve beslenme eğitimine göre t-testi sonuçları

Table 8. T-test results according to food and nutrition education

	Levene Varyans Eşitliği		Ortalama Eşitliği İçin t-testi							
	F	Anlamlılık	T değeri (t)	Serbestlik Derecesi (df)	Anlamlılık	Ortalama Farkı	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı		
								Alt	Üst	
GBB	Eşit Varyans Varsayımı	4,785	,029	,503	415	,616	,05507	,10958	-,16032	,27046
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			,538	260,908	,591	,05507	,10229	-,14635	,25649
MST	Eşit Varyans Varsayımı	1,556	,213	3,543	415	,000	,32123	,09067	,14300	,49945
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			3,414	206,423	,001	,32123	,09410	,13571	,50674
GBG	Eşit Varyans Varsayımı	,027	,869	1,320	415	,187	,12418	,09405	-,06070	,30906
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			1,353	235,410	,177	,12418	,09177	-,05661	,30497

Çizelge 9. Gıda boyası bilgisine göre t-testi analiz sonuçları

Table 9. T-test analysis results according to food coloring information

	Levene Varyans Eşitliği		Ortalama Eşitliği İçin t-testi							
	F	Anlamlılık	T değeri (t)	Serbestlik Derecesi (df)	Anlamlılık	Ortalama Farkı	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı		
								Üst	Alt	
GBB	Eşit Varyans Varsayımı	,202	,654	2,079	415	,038	,20680	,09946	,01129	,40230
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			2,087	404,597	,038	,20680	,09909	,01200	,40159
MST	Eşit Varyans Varsayımı	3,47	,063	-,571	415	,568	-,04794	,08390	-,21287	,11699
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			-,565	379,515	,572	-,04794	,08481	-,21471	,11882
GBG	Eşit Varyans Varsayımı	2,93	,087	,188	415	,851	,01618	,08596	-,15279	,18516
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			,190	410,851	,849	,01618	,08514	-,15119	,18355

Çizelge 9'daki t-testi sonuçlarına göre ilk olarak, gıda boyası hakkında bilgisi olan ve olmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($t_{415}= 2,079$; $p<0,05$ (0,038)). Gıda boyası hakkında bilgisi olan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,60 iken, gıda boyası hakkında bilgisi olmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,40'dır. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{3a} hipotezi kabul edilir. Diğer bir ifade ile gıda boyası hakkında bilgisi olan anne ve babalar, olmayan anne ve babalardan daha fazla gıda boyası bilgisine sahiptir. İkinci olarak, gıda boyası hakkında bilgisi olan ve olmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($t_{415}= -,571$; $p>0,05$ (0,568)). Gıda boyası hakkında bilgisi olan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihlerine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,12 iken, gıda boyası hakkında bilgisi olmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,17'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{3b} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile gıda boyası hakkında bilgisi olan ve olmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünü tercihi arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Son olarak, gıda boyası hakkında bilgisi olan ve olmayan ebeveynlerin gıda boyasına yönelik güven görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($t_{415}= -,571$; $p>0,05$ (0,851)). Gıda boyası hakkında bilgisi olan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,16 iken, gıda boyası hakkında bilgisi olmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,14'dür. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{3c} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile gıda boyası hakkında bilgisi olan ve olmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

İzmir ili merkezinde yaşayan gıda ürünlerinin etiketini okuyan ve okumayan ebeveynlerin tüketici davranışları farkına yönelik t-testi analizi yapılmış ve sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Etiket okuma t-testi analiz sonuçları

Table 10. Label reading t-test analysis results

	Levene Varyans Eşitliği	Ortalama Eşitliği İçin t-testi								
		F	Anlamlılık	T değeri (t)	Serbestlik Derecesi (df)	Anlamlılık	Ortalama Farkı	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı	
								Üst	Alt	
GBB	Eşit Varyans Varsayımı	1,09	,296	3,051	415	,002	,46203	,15144	,16433	,75972
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı	7		2,930	61,624	,005	,46203	,15767	,14681	,77724
MST	Eşit Varyans Varsayımı	,006	,940	-1,249	415	,212	-,16034	,12833	-,41259	,09191
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			-1,229	62,482	,224	-,16034	,13045	-,42106	,10038
GBG	Eşit Varyans Varsayımı	2,05	,153	-,567	415	,571	-,07468	,13162	-,33341	,18405
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı	0		-,650	69,653	,518	-,07468	,11482	-,30371	,15435

Çizelge 10'daki t-testi sonuçlarına göre ilk olarak etiket bilgisine bakan ve bakmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık vardır ($t_{415}= 3,051$; $p<0,05$ (0,002)). Etiket bilgisine bakan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,57 iken, etiket bilgisine bakmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,10'dur. Bağımsız örneklem T-Testi sonuçlarına göre H_{4a} hipotezi kabul edilir. Diğer bir ifade ile etiket bilgisine bakan anne ve babalar, bakmayan anne ve babalara göre daha fazla gıda boyası bilgisine sahiptir. İkinci olarak, etiket bilgisine bakan ve bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik arasında anlamlı

bir farklılık yoktur ($t_{415} = -1,249$; $p > 0,05$ (0,212)). Etiket bilgisine bakan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,12 iken, etiket bilgisine bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,28'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{4b} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile etiket bilgisine bakan ve bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Son olarak etiket bilgisine bakan ve bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($t_{415} = -,567$; $p > 0,05$ (0,571)). Etiket bilgisine bakan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,14 iken, etiket bilgisine bakmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,22'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{4c} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile etiket bilgisine bakan ve bakmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

İzmir ili merkez ilçelerinde yaşayan gıda ürünlerinin son kullanma tarihine bakan ve bakmayan ebeveynlerin tüketici davranışları farkına yönelik t-testi analizi yapılmış ve sonuçları Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Son kullanma tarihine göre t-testi analiz sonuçları

Table 11. t-test analysis results by expiration date

	Levene Varyans Eşitliği		Ortalama Eşitliği için t-testi							
	F	Anlamlılık	T değeri (t)	Serbestlik Derecesi (df)	Anlamlılık	Ortalama Farkı	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı		
								Üst	Alt	
GBB	Eşit Varyans Varsayımı	4,629	,032	2,400	415	,017	,99562	,41486	,18014	1,81110
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			1,498	5,055	,194	,99562	,66448	-,70687	2,69811
MST	Eşit Varyans Varsayımı	,198	,656	-1,395	415	,164	-,48814	,34990	-1,17593	,19965
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			-1,313	5,130	,245	-,48814	,37178	-1,43660	,46032
GBG	Eşit Varyans Varsayımı	1,169	,280	-,820	415	,413	-,29440	,35890	-,99989	,41108
	Eşit Olmayan Varyans Varsayımı			-,615	5,081	,565	-,29440	,47854	-1,51863	,92983

Çizelge 11'deki t-testi sonuçlarına göre, ilk olarak son kullanma tarihine bakan ve bakmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($t_{5,055} = 1,498$; $p < 0,05$ (0,017)). Son kullanma tarihine bakan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 3,52 iken, son kullanma tarihine bakmayan ebeveynlerin gıda boyası bilgisine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,53'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{5a} hipotezi kabul edilmiştir. Diğer bir ifade ile son kullanma tarihine bakan ebeveynlerin gıda boyası bilgisi daha yüksektir. İkinci olarak, son kullanma tarihine bakan ve bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($t_{415} = -,395$; $p > 0,05$). Son kullanma tarihine bakan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,13 iken, son kullanma tarihine bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,62'dir. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre H_{5b} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile son kullanma tarihine bakan ve bakmayan ebeveynlerin meyveli süt ürünleri tercihine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Son olarak, son kullanma tarihine bakan ve bakmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($t_{415} = -,820$; $p > 0,05$). Son kullanma tarihine bakan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşlerinin ortalaması 2,15 iken, son kullanma tarihine bakmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik

görüşlerinin ortalaması 2,44'dr. Bağımsız rneklemler t-testi sonuçlarına göre H_{5c} hipotezi red edilir. Diğer bir ifade ile son kullanma tarihine bakan ve bakmayan ebeveynlerin gıda boyası güvenine yönelik görüşleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

SONUÇ

İzmir ili merkez ilçelerinde yaşıyan ebeveynlerin çoğunluğu (%54') gıda boyası hakkında bilgi sahibidir. Gıda boyalarına yönelik bilgiler çoğunlukla okul, internet ve televizyondan elde edilmiştir. Ebeveynlerin çoğunluğu alışveriş esnasında etiket bilgilerini okumakta, E kodunun ne anlama geldiğini bilmekte marka bilgisine dikkat etmektedir. Ayrıca gıda boyalarının alerjiye sebep olduğunu, sağlıksız ve yapay boyalardan elde edildiğini düşünmektedir.

Ebeveynlerin demografik özellikleri ile gıda boyası bilgisi, meyveli süt ürünü tercihi ve gıda boyasına yönelik güven arasındaki farklılıklar incelendiğinde; cinsiyete göre (anne ve baba olmak) gıda boyası bilgileri farklılık göstermektedir. Anneler babalardan daha fazla etiket bilgisine dikkat etmekte ve meyveli süt ürünlerindeki rengin yapay boyalardan elde edildiğini, gıda boyalarının sağlıksız ve hiperaktivite/alerji sebebi olduğunu düşünmektedir. Ebeveynlerin çoğunluğu (%71'i) gıda ve beslenme üzerine eğitim almamıştır. Eğitim alan ve almayan ebeveynlerin meyveli süt ürünü tercihleri farklılık göstermektedir. Gıda ve beslenme üzerine eğitim alan ebeveynler, eğitim almayan ebeveynlere oranla daha fazla meyveli süt ürünlerini tercih etmekte, lezzetli olduğunu/meyveli süt ürünlerinin renginin meyveden kaynaklandığını düşünmekte ve doğal gıda boyası ile retiliyse tercih etmektedir. Gıda boyası hakkında bilgisi olan ebeveynlerin etiket okuduğu, E kodunu, gıda boyası sağlığı hakkında bilgisi daha fazladır. Ebeveynlerin çoğunluğu çoğunluğu (%88) etiket bilgilerini okumaktadır. Etiket bilgilerini okuyan ebeveynlerin gıda boyasına yönelik bilgisi daha yüksektir. Ebeveynlerin rnlerin son kullanım tarihine bakanlar ile bakmayanlar arasında gıda boyası bilgisi farklılık göstermektedir. (%98) son kullanım tarihine dikkat etmektedir. Son kullanım tarihine bakanların gıda boyası bilgisi daha yüksektir. Bu bağlamda, kadınlar, gıda boyası hakkında bilgi sahibi olanlar, etiketleri okuyan ve son kullanım tarihine bakan ebeveynlerin gıda boyasına yönelik bilgi düzeyleri daha yüksektir. Gıda ve beslenme üzerine eğitim alanların meyveli süt tercihi oranı daha yüksektir. Gıda boyasına yönelik güven demografik özelliklere göre değişkenlik göstermemektedir. Gıda boyalarının sürekli tktilmemesi durumunda zararlı olmadığının, gıda boyasına yönelik 'E' kodu belirtilmişse güvenilir olduğunun ve boyalı dahi olsa süt tktimini artırıyor ise boyalı ürünlerin tercih edildiğine yönelik görüşler farklılık içermemektedir. Ebeveynlerin meyveli süt ürünlerini tercih etmesi, lezzetli oluşu, renginin doğal gıda boyaları ve meyvelerden retiliyse tercih edilmesi ile cinsiyet, etiket bilgisi okuma/okumama ve son kullanma tarihine bakma/bakmama arasında farklılık bulunmamaktadır.

Çalışma sırasında piyasa araştırması yapıldığında, çocuklar için çok fazla renkli süt ürünlerinin olduğu gözlemlenmiş ve bu doğrultuda mümkün olduğunca ürün çeşitliliğini artırmıştır. Araştırma sonuçlarına baktığımızda, etiketli ürünlerde, etiketinde sentetik boya kullanmadığını beyan ettiği hiç bir ambalajlı üründe sentetik boya tespit edilmemiştir. Etiket bilgisine kolayca ulaşılamayan pastane ürünlerinin bazılarında ise sentetik boya tespit edildiği rapor edilmiştir. Bu bağlamda, etiket beyanı olan ürünlerin daha güvenilir olduğu ifade edilebilir. Pastane rnleri gibi etiketi tüketiciler tarafından kolayca ulaşılamayan ürünlere yorum yapabilmek için ileriki zamanlarda sadece bu ürünleri kapsayan daha geniş bir çalışma yapılabilir. Sentetik boya tespit edilemeyen ürünlerin etiket beyanlarında daha çok, antosiyanin, beta karoten, pancar kökü kırmızısı gibi doğal boyalar kullanıldığı beyan edilmektedir. Analizini yaptığımız ürünlerde, ilgili yönetmeliğe göre doğal boyaların kullanımına yasal bir sınır koyulmamıştır. Bunların kullanımı ve sağlık üzerine etkileri detaylıca araştırılması gereken konular arasındadır. Anket yöntemi ile ebeveynlerin renkli ürünleri tercih etmedeki tüketiciler tutumları değerlendirildiğinde % 88 oranında etiket okuma ve % 54 oranında gıda renklendiricileri hakkında bilgi sahibi oldukları gözlemlenmiştir. Bu oranların artırılması amacıyla ebeveynlere daha fazla eğitim ve sosyal medya aracılığı ile daha fazla bilgilendirme yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

- Aksulu, İ., 2001. Tüketicide sağlığını koruma bilinci ve satın alma noktasında tüketici tutumları: ambalajlı gıda ürünleri üzerine araştırma. D.E.Ü.İ.B.F. Dergisi, 16 (1): 115-127.
- Atlı, B., 2010. Gıda Boyaları. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, VI+76 s.
- Branen, A.L. & R.J. Haggaerty, 2002. Introduction to Food Additives. New York, CRC Press, 11 s.
- Çağlar, C., 2019. Pastacıların Gıda Boyası Kullanımına İlişkin Tutumları ve Tüketici Tercihleri. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi Ankara, XIII + 196 s.
- Dinç, M., 2007. Gıdalara Katılan Bazı Suda Çözünen Sentetik Boyaların Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, VII+79 s.
- Erdem, K., 2016. Tüketicilerin Demografik Özellikleri ile Satın Alma Tarzları Arasındaki İlişki: Aydın İlindeki Tüketiciler Üzerine Bir Araştırma. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 85 s.
- Erdoğan, Ş., 2007. Ankara Piyasasında Satışa Sunulan Bazı Gıdalarda Sentetik Boya Miktarlarının Araştırılması. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 128 s.
- Gürbüz, S. & F. Şahin, 2015. Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri. 2. Baskı, Seçkin Yayınevi, Ankara, 479 s.
- Hair J. F., W. C. Black, B. J. Babin, R. E. Anderson & R. Tatham, 2006. Multivariate Data Analysis. Pearson Prentice Hall, New Jersey, USA, 449 pp.
- Kalyoncu, A. & M. Yurttağül, 1995. Ankara piyasasında satılan çeşitli dondurma, şekerleme ve pasta süslerine katılan sentetik gıda boyalarının kantitatif olarak araştırılması. Beslenme ve Diyet Dergisi, 24 (2): 279-291.
- Köksal, E., N. Bilgili & A.A. Topçu, 2003. Ankara ili Gülveren bölgesinde yaşayan ev hanımlarının besin satın alma ve etiket okuma konusundaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi. Sağlık ve Toplum, 13 (2): 77-83.
- Martins, N., C. L. Roriz, P. Morales, L. Barros & I.C.F.R., 2016 Food colorants: challenges, opportunities and current desires of agro industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. Trends In Food Science and Technology, 52: 1-15.
- Nordic Committee on Food Analysis, 1989. Colours Synthetic, Water-Soluble-Liquid Chromatographic Determination in Foods. No:130 667,28/543-544, 2 pp.
- Özgül, E. & İ. Aksulu, 2006. Ambalajlı gıda ürünlerinde tüketicilerin etiket duyarlılığındaki değişimler. Ege Akademik Bakış Dergisi, 6 (1): 1-10.
- Sağlam, F., A. Gümüş & B. Dokcan, 1999. Tüketicilerin besin satın alımına ilişkin bilgi, tutum ve davranışları. Beslenme ve Diyet Dergisi, 28 (1): 39-46.
- Saleem, N., Z. N. Umar & S.İ. Khan, 2013. Survey on the use of synthetic food colors in food samples procured from different educational institutes of Karachi City. The Journal of Tropical Life Science, 3 (1): 1-7.
- Sezek, F., E. Kaya & S. Doğan, 2008. Üniversite öğrencilerinin genel beslenme alışkanlıkları, katkılı besinler hakkındaki bilgi, görüş ve tutumları. Çankaya Üniversitesi Sanat ve Bilim Dergisi, 10: 117-134
- Topuzoğlu, A., S. Hıdıroğlu, P. Ay, F. Önsüz & H. İkışık, 2007. Tüketicilerin gıda ürünleri ile ilgili bilgi düzeyleri ve sağlık risklerine karşı tutumları. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6 (4): 253-258.
- Türk Gıda Kodeksi, 2013, Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 28693.
- Uzunöz, M., E. Oruç & G. Bal, 2008. Kırsal kadınların gıda güvenliği konusunda bilinç düzeyleri (Tokat ili örneği). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2): 35-46.
- Ünusan, N., 2007. Consumer food safety knowledge and practices in the home in Turkey. Food Control, 18: 45-51.
- Yalçın, A., 2012. Tüketicilerin Gıda Güvenliği ile İlgili Tutum ve Davranışları (Samsun İli Örneği). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans, Tokat, 128 s.
- Yanğır Yüksel, Ç. & N. Karagözlü, 2022. Tüketicilerin gıda güvenliği bilgi ve bilinçlerinin belirlenmesi: Ankara, Etimesgut örneği. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2022, 59 (4): 645-659
- Yanğır Yüksel, Ç. & N. Karagözlü, 2023. Tüketicilerin satın alma alışkanlıkları: Ankara, Etimesgut örneği. Ege Univ. Ziraat Fak. Derg., 60 (2): 291-302
- Yılmaz, E., Y. Oraman & İ. İnan, 2009. Gıda ürünlerine ilişkin tüketici davranışı dinamiklerinin belirlenmesi: "Trakya örneği". Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty, 6 (1): 1-10.

Review Article
(Derleme Makale)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (4):737-749

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1350359>

Pelin ÖZKAYA ¹ 

Seval DAĞBAĞLI ¹ 

Müge UYARCAN ^{1*} 

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, 45030, Yunussemre, Manisa,
Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author):

muge.akkara@cbu.edu.tr

Keywords: Bacterial cellulose, cellulose,
food industry, food waste

Anahtar sözcükler: Bakteriyel selüloz,
selüloz, gıda endüstrisi, gıda atıkları

Utilization of food waste in production of bacterial cellulose

Gıda atıklarının bakteriyel selüloz üretiminde kullanımı

Received (Alınış): 26.08.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 03.12.2023

ABSTRACT

Cellulose is defined as a polymer that exists in the cell walls of plant tissues and is widely used in many industrial fields. However, the recent threat of deforestation has led researchers to find alternative wood sources for cellulose production. For this reason, literature studies have focused on certain types of bacteria known to be capable of producing cellulose, such as *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Alcaligenes*, etc. It is stated that cellulose of plant origin and bacterial origin have a similar structure. Bacterial cellulose possesses a big economic and commercial potential depending on the purpose and the production method and is generally used in food applications as a fat substitute, rheology modifier, immobilization material for probiotics and enzymes, stabilizer of pickering emulsions, component of food coatings and green packaging film. Recently, it has become more prominent to use food waste as production inputs, such as beet and sugar cane molasses, fruit waste, dairy industry waste, etc. So, the utilization of industrial by-products, agro-forestry, and food industry residues as carbon sources has been providing significant advantages, such as increasing yield and reducing cost. The objective of this study was to present a general look related to bacterial cellulose production in combination with the use of food waste and future trends.

ÖZ

Selüloz, bitki dokularının hücre duvarında bulunan ve endüstrinin birçok alanında yaygın olarak kullanılan bir polimer olarak tanımlanmaktadır. Ancak son zamanlarda ormanların yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalması araştırmacıları selüloz üretimi için odun yerine alternatif kaynaklar bulmaya yönlendirmiştir. Bu nedenle literatür çalışmaları selüloz üretebildikleri bilinen *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Alcaligenes*, vb. gibi belirli bakteri türlerine odaklanmıştır. Bitki kaynaklı ve bakteriyel kaynaklı selülozun benzer yapıya sahip olduğu ifade edilmektedir. Bakteriyel selüloz, üretim amacına ve yöntemine bağlı olarak büyük bir ekonomik ve ticari potansiyele sahiptir ve gıda uygulamalarında genellikle yağ ikame maddesi, reoloji düzenleyici, probiyotik ve enzimler için immobilizasyon materyali, pickering emülsiyonlarının stabilizatörü, gıda kaplamaları ve yeşil ambalaj üretiminde film bileşeni olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda pancar ve şeker kamışı melası, meyve atıkları, süt sanayi atıkları gibi gıda atıklarının üretim girdisi olarak kullanılması ön plana çıkmıştır. Bu nedenle, endüstriyel yan ürünlerin, tarım-orman ve gıda endüstrisi atıklarının karbon kaynağı olarak kullanılması, verimi artırmak ve maliyeti düşürmek gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada bakteriyel selüloz üretiminde gıda atıklarının kullanımı ve gelecekteki eğilimler ile ilgili bilgiler derlenmiştir

INTRODUCTION

Cellulose is a plant-originated polymer that exists in the cell wall. It is obtained from plant tissues such as tree trunks. However, benefiting from trees as the primary source of cellulose production has been threatening the wealth of forests. Thus, the environmentalist approach has promoted the researchers to explore new sources and techniques for cellulose production (Akoğlu et al., 2010). So, Bacterial Cellulose (BC) is also described as an eco-friendly material with excellent structural and functional properties (Navya et al., 2022). BC is a good alternative to satisfy this need which is based on a specific microbial bioprocess. BC was first identified in 1886, while Brown was observing vinegar fermentation and reported it to be a substance called the “vinegar plant” or “mother”, whose composition, structure, and reactivity were the same as plant cellulose (Cacicedo et al., 2016). Moreover, it is easily recognized that BC is superior to standard cellulose due to its advantageous aspects. It has been reported that BC has high purity, highly hydrophilic nature (high liquid loading capacity), high crystallinity, high surface area/mass unit, high degree of polymerization, good biocompatibility and biodegradability and excellent mechanical properties (Revin et al., 2018). In addition, it has high chemical purity, shape stability (when it is folded), long chained structure with a thin network, favorable for modifications during production, high mechanical strength, high water holding capacity, being ability to be synthesized with various substrates (Poyrazoğlu Çoban & Bıyık, 2008). BC is the purest form of cellulose available from microorganisms, it does not contain lignin or other contaminants, so purification step and extra energy request are eliminated (Bandyopadhyay et al., 2018). However, BC pellets are sometimes claimed to have impurities such as metabolic substances, cells, or nutrient residues, while elimination of these seems to be easy by application of the following three steps: alkaline treatment at 100°C / 15-20 minutes to remove the cells, isolation of the BC pellets from the alkaline solution and finally washing it with distilled water to obtain the neutral pH (Zhong et al., 2020). BC is also independent from regional and climatic conditions. In addition, microorganisms can be genetically modified to obtain desired properties, and their growth rate can be controlled for production in the requisite quantities and time span (Shi et al., 2014).

Thanks to all these advantageous properties, BC has promising applications in various food processes. For instance, BC is claimed to be a good reinforcement material, emulsifier-stabilizer, heat-stable suspending agent, non-caloric agent, texture enhancer (reducing stickiness of pasty foods), source of dietary fiber, and potential fat replacer to reduce the energy density of several foods (salad dressings, meatballs, etc.). Moreover, it has recently been used as a component of packaging film materials (Azeredo et al., 2017; Ferrer et al., 2017; Khan & Kamal, 2021; Thivya et al., 2022). These film materials are generally produced in disassembled form. Then, it is converted to micro/nanofibrils or nanocrystals via mechanical or chemical techniques (Mishra et al., 2018; Cazon & Vazquez 2021). So, types of nanocellulose can be aligned as cellulose nanocrystals, nano fibrillated cellulose, and bacterial nanocellulose (Bharmalla et al., 2017). The type of production is also effective on the morphology of obtaining BC. The BC membrane (pellicles) is obtained by static fermentation, while BC fibers (pellets) are produced by agitated fermentation (El-Gendi et al., 2023).

BC can be produced by many aerobic bacteria such as *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Alcaligenes*, *Gluconacetobacter (Komagataeibacteria)*, *Rhizopium*, *Rhodobacter*, *Pseudomonas* and *Sarcina*, and *Dickeya*, while particular *algae (Vallonia)* and some moulds (*Saprolegnia*, *Dictyostelium discoideum*) are also capable of producing BC (Costa et al., 2017; Lin et al., 2020; Jang et al., 2023) and the cellulose ultrastructure together with its physical and mechanical properties are affected by cultivation techniques including static culture, agitated culture and bioreactor culture (Andriani et al., 2020). Additionally, it is a multivariate biotechnological process in which the process inputs (production media), selected bacterial culture, process conditions, and the yield of the process are changeable. So, it has not been possible to claim that there is one type of production, and the biosynthesis process is generally

complex. Nevertheless, the biosynthesis process of bacterial cellulose has recently attracted much attention due to its water retention capacity, high tensile strength, and ability to be modified with various elements, polymers, or bioactive materials (Jang et al., 2023). Moreover, production yield can also be enhanced via new developed media (Çakar et al., 2014; Mohammadkazami et al., 2015). However, the main drawback of such a production is its high cost (Azeredo et al., 2019). Thus, cost minimization requires finding alternative and valuable sources for the production which results in the valorization of waste as culture media (Esa et al., 2014; Zhong, 2020; Cazon & Vazquez 2021). As is known, the food industry produces waste continuously. Hence, waste management strategies and sustainable valorization of waste become as important as food production. In addition, handling these waste requires specific applications depending on the type of waste, because there have been a wide variety of waste materials from many kinds of production. The diversity of industrial waste generated from various food sources can be exemplified as solid waste (excreta, feathers, claws) or liquid waste (urine faeces, blood, and remnants of drugs and pesticides) from poultry processing; shells, roes, and trimmed parts from marine product processing; paneer whey skim milk, cheese whey, spilt milk, spoiled milk and curd chunks, buttermilk and ghee residue from dairy processing; husk, chaff, hull, bran and stalks from cereals and pulse processing; skin, pomace, peels, pith and stones from fruits and vegetable processing; hulks and stalks from spices and condiments, and so on (Kaur et al., 2023).

However, the valorization of food waste has not reached satisfactory levels yet. For instance, according to the data of the Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, 18 million tons of food is wasted annually (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). FAO also reports that around 1.3 billion tons of food are wasted annually, accounting for a third of all edible foodstuffs produced worldwide (FAO, 2019). This unsatisfactory state reflects the gap between theory and practice, which is mostly due to the technological and economic unfeasibility of many of the valorization strategies (Mou et al., 2023). But new progressive studies seem to be promising by providing waste management and the production of alternative products as a contribution to the circular economy at the same time. Hence, this review aims to show how to utilize food waste in the production of BC, which enables both the valorization of food/industrial waste and the sustainable & green production of cellulose instead of plant-originated cellulose.

BIOSYNTHESIS MECHANISMS OF BACTERIAL CELLULOSE

The biosynthesis of BC takes place as a result of synchronic, accurate and regulated reaction chains with plenty of enzymes and protein complexes (Caciedo et al., 2016). BC yield and properties depend on how the biosynthesis has been performed. Several factors such as selection of the BC producing bacteria, composition of the culture medium, cultivation process, and process variables influence properties and yield of BC obtained. These aspects need to be carefully considered to get BC with yields high enough to increase its viability for food and food packaging applications (Azeredo et al., 2019)

Selection of BC producing bacteria

Among the BC producing bacteria (*Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Alcaligenes*, *Komagataeibacteria*, *Rhizopium*, *Rhodobacter*, *Pseudomonas*, *Sarcina*, and *Dickeya*), members of *Komagataeibacteria* (former *Gluconacetobacter*) are generally preferred for production because of their high capacity to utilize a wide variety of nutritional sources. The *Komagataeibacter* species is defined as gram-negative, strictly aerobic, living mainly in fruits and vegetables in the decomposition process, which are capable of converting common carbon sources at 25-30°C and pH 3-7 with changing yields and properties (Caciedo et al., 2016). However, this ability is not sufficient to fulfill the industrial demand (Lin et al., 2020). So, genetic engineering practices contribute to enhancing BC production yield for better results. For instance, genetically modified cells have been able to grow in spite of low nitrogen conditions and low oxygen environments (Azeredo et al., 2019).

Production medium

Production medium is especially claimed to be influential on the physical properties and morphology of BC. However, production cost is considered as important as the nature of obtaining BC (Navya et al., 2022). The high production cost and low yield of BC are significant issues, that limited its industrial production and wide range of applications (Lin et al., 2020). Thus, alternatives to the conventional culture medium (HS medium) are still being investigated. These alternatives may include a wide variety of fruit juices, coconut water or milk, molasses, starch hydrolysate, brewery waste, etc., resulting in different contents that are effective on BC yield (Navya et al., 2022).

According to the studies, the most important factors affecting BC production are the carbon and nitrogen sources used. In addition to being effective of BC yield, the carbon sources also affect the production cost of BC (Akoğlu et al., 2010). Çakmakçı et al. (2008) investigated the effect of using glucose, fructose, maltose, and galactose as carbon sources on BC production. According to the results, the use of fructose, maltose, sucrose, and glucose as carbon sources was claimed to support BC biosynthesis, while galactose was not found to be a good substrate. On the other hand, it was reported that D-xylose was not effectively metabolized by the BC forming bacteria unlike D-glucose (Ishihara et al., 2002). Moreover, glucose is reported to be more active than other carbon sources, except for the two sugar alcohols (arabitol and mannitol) (Navya et al., 2022). The price of complex nitrogen sources also affects the cost of BC production. Nitrogen sources, yeast extract, peptone, etc. are generally preferred, but these are expensive and complex production sources. Actually, synthetic fermentation medium is recommended instead of glucose containing complex growth medium (Akoğlu et al., 2010). Hestrin and Schramm's medium (HS medium) is widely used for BC production, having a specific formulation (2%, w/v, glucose; 0.5%, w/v, peptone; 0.5%, w/v, yeast extract; 0.27%, w/v, Na₂HPO₄) (Hestrin and Schramm, 1954). However, modification of the type and proportion of culture media is usually practiced to figure out the yield, cost, and properties of BC. At this point, it is suggested to optimize variables in defined media, then switch carbon & nitrogen sources to determine whether BC production has progressed (Singhania et al., 2022).

Recent studies have focused on finding alternative fermentation media to substitute for these expensive materials and HS medium. Castro et al. (2011) succeeded to perform an alternative and feasible production with the use of sugar cane juice and pineapple peel. According to the results, it was highlighted that the carbon and nitrogen sources of these waste were found to be sufficient for microbial growth. In a more recent study conducted by Hasanin et al. (2023), mango peel waste hydrolysate was found to be a significant inducible fermentation medium with no need for extra nutrients and increasing the BC yield about 2.5 fold in comparison to the HS medium. So, it can be re-emphasized that the composition of the fermentation medium is a critical determinant factor in both the production yield and cost.

Valorization of wastes can be an attractive practice. However, wastes can not be directly used in BC production. For this reason, pretreatment of waste before production is great important (Akintunde et al., 2022; El-Gendi et al., 2023). An effective pretreatment application is expected to satisfy three criteria. The first one is enhancing sugar yield or the ability to form sugars via enzymatic hydrolysis. The second one is elimination of carbohydrate degradation and the final one is being cost effective. Chemical and physical pretreatment processes are employed for agricultural waste. Chemical pretreatment includes acid and alkali pretreatment. Acid pretreatment is performed by organic (acetic) or inorganic (nitric) acids and is used for decomposing biomass waste, increasing cellulose availability, but alkali treatment is more common and is performed for improving the digestibility of the lignocellulose via swelling it, resulting in a higher surface area for the process, reduction of crystallinity and disruption of lignin structure. However, the type of waste is a determinant on the chemical pretreatment, and waste such as switchgrass and wheat straw require ionic liquid pretreatment in which imidazolium-based ionic liquids are used to improve enzymatic saccharification. On the other hand, pretreatment is also claimed to be effective on hydrolysis, which is one of the main steps

of BC production. Hydrolysis is performed to make it easier for BC producing microorganisms to metabolize carbohydrates. Hydrolysis can be performed in two ways: acid hydrolysis and enzymatic hydrolysis. In acid hydrolysis, saccharification of waste is generally achieved by the use of diluted sulphuric acid. Although acid hydrolysis has some disadvantages and detrimental effects like corrosion of the equipment, high energy consumption, and the formation of some inhibitors during the reaction, this process eliminates the complexity of the carbon source, and formed simple sugars can easily be metabolized by the BC producer microorganisms. The problem about the formation of toxic (for microorganisms) chemicals can be eliminated by detoxification steps such as atmospheric cold plasma technique. These drawbacks are not seen in enzymatic hydrolysis and different enzymes can be used, including amylase, lactase, cellulase, etc., depending on the composition of the waste (El-Gendi et al., 2023). The practicability and applicability of the waste for several purposes can also be improved by some other biological (e.g. fungal pretreatment) and physicochemical (e.g. steam explosion pretreatment, extrusion pretreatment) methods, especially for lignocellulosic waste (Awogbemi and Kallon, 2022; Blasi et al., 2023).

Process variables

Process variables such as oxygen, pH, and temperature play a significant role in the biosynthesis of BC and have a direct impact on production yield due to their ability to promote microbial growth. The optimum pH range is explained to be 4-7, while the optimum process temperature is generally 28-30°C (except for some thermotolerant species that are isolated from some fruits and require high temperatures of 37-40°C) (Akoğlu et al., 2010). Monitoring and controlling the pH is suggested to achieve maximum BC yield since the pH of culture medium could change as time passes because of the deposition of secondary metabolites, such as acetic, lactic, or gluconic acids produced during the consumption of nitrogen and sugar sources (Azeredo et al., 2019). Oxygen is the other necessity for this process and approximately 10% of oxygen is reported to be needed (Akoğlu et al., 2010).

Another crucial process variable that must be controlled during cultivation is ventilation. Since the BC producing bacteria are highly aerobic, a sufficient supply of oxygen is essential in the process. When dissolved oxygen levels in the production environment are low, bacteria cannot grow and produce BC, but high oxygenation helps the production of gluconic acid (Azeredo et al., 2019). Especially in old-type fermentors, insufficient ventilation due to cellulose formation and an increase in viscosity are claimed to cause less performance (Akoğlu et al., 2010). So, these issues cause to design new alternative reactors such as airlift bioreactors (Navya et al., 2022).

Cultivation process

The process is considered as a determinant factor to obtain maximum BC production yield and recent studies have mostly focused on enhancing the yield, while controlling the costs at the same time. In this frame, type of reactor and the fermentation process are influential as well as the species and genetic modifications of bacteria, feedstock type & composition (Lin et al., 2020).

The selection of cultivation process involves static or agitated cultivation and these two types of production differ from each other at some points. For instance, agitated cultivation is found to be superior in terms of BC yield. However, this method may cause the mutation of BC producing microorganisms because of high shear stress and turbulence and this problem needs to be overcome by the addition of ethanol to the culture medium or by the use of different reactors. Moreover, obtaining fibrous BC is generally highly viscous and requires high agitation power and energy consumption for the same reason, but alternative reactor designs such as airlift bioreactors, which continuously supply oxygen from the bottom into the culture medium, seem to be promising to overcome this problem (high shear stress) with extra advantages (higher water holding capacity in comparison to BC obtained by the static cultivation method). However, in these reactors, BC is obtained in irregular form. On the other hand, static cultivation is a simple method and widely used but is also time consuming and inapplicable for meeting industrial

demand. Static cultivation system is based on static fermentation, resulting in the formation of 3D-interconnected reticular BC pellicles (Navya et al., 2022), floating on the surface due to entrapping CO₂ bubbles generated by the bacteria (Lin et al., 2013). Alternative bioreactor designs, such as horizontal-lift reactor and aerosol bioreactor provide better BC yield in this type of production, too (Azeredo et al., 2019). As a result, the reactors, in which the cultivation process takes place can have different designs. Examples of reactors operating at static conditions can be aligned as horizontal lift reactors, aerosol bioreactors and rotary disc reactor, while the reactors operating at agitated conditions can also have several kinds according to agitator configurations (turbine, maxblend, helical ribbon, screw with draft tube, gate with turbine) (Shi et al., 2014) or airlift bioreactors can be used (Singhania et al., 2022). However it should be mentioned that the operation should be well organized depending on the intended production capacity so that the application of cultivation processes may require large-scale, semi-continuous/continuous productions for commercialization (Azeredo et al., 2019).

In summary, it can be concluded that BC production is based on these fundamentals and especially nutritional conditions can dramatically affect production. This fact points out the importance of a fermentation medium, which contains a big potential for valorization of waste with plenty of alternatives, while production details may also bring some individual requirements (Caciedo et al., 2016).

PRODUCTION OF BACTERIAL CELLULOSE FROM FOOD WASTE

Obtaining the data from the information as reported by Seberini (2020), Caldeira et al. (2019) and FAO (2019) observations, it has been estimated that approximately 46% of the fruits, vegetables, tubers, and roots are wasted. On the other hand, 30% of cereals and 35% of fish and shellfish are wasted. The FAO has declared that this ratio accounted for the food produced on nearly 1.4 billion hectares, representing 28% of the world's agricultural area. If this issue is evaluated in detail, it would easily be seen that waste formation is proportional to the population of the countries. It was reported that according to the status of total food wastage around the world, Australia, Spain, Russia, the United Kingdom, France, Germany, Japan, the United States, India and China are aligned in increasing order. In the same research, worldwide wastage of several foods was reported as cereals, vegetables, fruits, fish waste, orange peels, oil crops, milk, tomatoes and bananas, onions, pineapples, and meat in descending order (Lahiri et al., 2023).

Wastage problem leads to new ideas and innovative applications such as bioconversion of the waste (e.g. dairy waste) into value-added products which contributes to the circular economy approach and promotes sustainable production with waste reduction (Usmani et al., 2022). Valorization of the waste is also advantageous instead of using overpriced pure substrates (Tsang et al., 2019). Normally, Hestrin-Schramm (HS) is a standard and the most appropriate medium for cultivation of BC, but it is expensive (Ghozali et al., 2021). So, this fact is considered as a starting point for many research studies, and obtaining cellulose is found to be substitutable with satisfactory or even superior characteristics as shown by recent studies (Table 1).

Table 1 summarizes the recent studies related to BC production from food or food industry waste and/or by-products. Ghozali et al. (2021) investigated the utilization of liquid tapioca waste for BC production. In their study, *Acetobacter xylinum* was used as fermentation culture, and different concentrations of sugar and urea were used as nitrogen sources for biosynthesis. According to the results, it was reported that Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and Scanning electron microscopy (SEM) analysis approved the bacterial cellulose structure and the usage of liquid tapioca waste is suitable for BC production, which has already been widely used (tapioca starch) as a non-staple food resource in many industrial fields due to its low cost and high availability.

Table 1. BC production with various food or food industry waste/by-products**Çizelge 1.** Çeşitli gıda veya gıda endüstrisi atıkları/yan ürünleri ile bakteriyel selüloz üretimi

Waste	Culture	Production Method	Results	Reference
Beer yeast waste	<i>Gluconacetobacter hansenii</i> CGMCC 3917	0,1 M NaOH treatment Ultrasonication High speed homogenizer Microwave treatment	Ultrasonication combined with mild acid hydrolysis was an effective pre-treatment and the resulting BC had good physicochemical attributes	Lin et al., 2014
Sugar cane juice and pineapple waste	<i>Gluconacetobacter medellinensis</i>	Static and dynamic culture conditions	The physicochemical attributes of BC produced from pineapple waste were comparable to those produced from standard culture media Different morphologies were biosynthesized under static and dynamic culture conditions	Algar et al., 2015
Waste water from candied jujube-processing industry	<i>Gluconacetobacter xylinum</i> CGMCC No.2955	Ammonium citrate treatment Acid hydrolysis	Acid hydrolysis increased the yield of BC but decreased the crystallinity index Ammonium citrate was enhancing the crystallinity index and yield of BC	Li et al., 2015
Acidic food industry by-products (alcohol and dairy industries)	<i>Gluconacetobacter sucrofermentans</i> B-11267	Cultivation of the bacterium on thin stillage and whey	The greatest yield of BC was obtained on thin stillage Cost-effective production was achieved with usage of thin wheat stillage and whey	Revin et al., 2018
Tobacco waste extract	<i>Acetobacter xylinum</i> ATCC 23767	Nicotine removal from the waste in different fermentation stage	Nicotine was found to be an inhibitory factor for synthesis Obtaining BC from the tobacco waste extract was similar to that of obtained by HS standard medium	Ye et al., 2019
Orange peel waste generated from catering services	<i>Komagataeibacter sucrofermentans</i>	Airlift bioreactor	68 kg BC obtained from 1 ton of orange peel (extra value-added products were phenolic-rich and pectin rich extracts, essential oils)	Tsouko et al., 2020
Citrus processing waste biorefinery	<i>Komagataeibacter sucrofermentans</i>	Ultrasound-assisted dilute acid hydrolysis process	5.82 g BC per 100 g waste was produced by fermentation process	Karanicola et al., 2021
Crude confectionery waste hydrolysates	<i>Komagataeibacter sucrofermentans</i>	Production of BC and BC nanostructure in static culture conditions	<i>K. sucrofermentans</i> cultivation in static cultures at carbon / free amino nitrogen ratio of 24.5 g/g and pH 5 produced 5.7 g/L BC. The obtained nanoBC analysis results showed that they could be used as reinforcing agents in innovative food formulations and biopolymers in various forms (hydrogels, aerogels, emulsions, nanocomposites) and bio-based films for food packaging application	Efthymou et al., 2022
Winery waste streams	<i>Actinobacillus succinogenes</i>	Holistic biorefinery scheme	The biorefinery produced 42,65 g BC and other value co-products from 1 kg of each waste stream	Filippi et al., 2022
Grape pomace hydrolysate	<i>Komagataeibacter melomenus</i> AV436 ^T and <i>Komagataeibacter xylinus</i> LMG 1518	Different culture conditions	<i>Komagataeibacter melomenus</i> AV436 ^T was found to be the most efficient microorganism in this process in comparison to <i>Komagataeibacter xylinus</i> LMG 1518	Gorgieva et al., 2023
Okara (a Japanese food product and a by-product of agro-industrial soybean waste)	<i>Gluconacetobacter xylinus</i>	Nanocellulose production by biosynthesis using acetic-acid modified okara protein, homogenized okara and okara protein	The higher cellulose yield was achieved by acetic-acid modified okara protein as compared to homogenized raw okara and okara protein	Taokaew et al., 2023

Table 1. Continued**Çizelge 1. Devamı**

Waste	Culture	Production Method	Results	Reference
Coffee by-products	<i>Kombucha</i> cultures	Production of BC by kombucha fermentation including coffee by-products	Obtaining BC was sustainable reinforcing and active filler for biopolymers	Agüera et al., 2023
Oil palm frond juice	<i>Acetobacter xylinum</i> 0416	Corn steep liquor addition as nitrogen sources Homogenization Ultrasonication	6-fold higher yield in BC (in comparison with HS standard medium) Combining ultrasonication and homogenization was an effective safe and simple method for converting BC obtained from oil palm frond juice to nanofibrillated BC	Azmi et al., 2023
Kitchen waste	<i>Komagataeibacter rhaeticus</i> (K15)	Production of BC by K15 culture isolated from kombucha tea	Obtaining BC has good crystallinity, and the K15 strain presents a highly viable alternative strategy to reduce the production costs using agro- industrial residues as nutrient sources	Li et al., 2021
Liquid tapioca waste	<i>Acetobacter xylinum</i>	Different glucose and nitrogen source composition	Obtaining good crystal structure with an economical process	Ghozali et al., 2021
Pomegranate peel extract	<i>Gluconacetobacter hansenii</i>	Pristine BC produced by HS standard medium Production of BC by pomegranate peel Ex situ preparation of BC/pomegranate peel extract (PGPE) composite	BC/PGPE composite was produced as a promising antibacterial wound dressing material	Ul-Islam et al., 2023
Sugar beet molasses	<i>Gluconacetobacter xylinus</i> NRRL B-759	Conventional static culture (CSC) with HS medium Conventional static culture with sugar beet molasses Series static culture (SSC) with sugar beet molasses	The use of developed SSC resulted in a 22.02% increase in BC production. High crystallinity index of BC obtained from CSC and SSC (in comparison with HS medium). Obtaining nano-sized cellulose fibrils with high mechanical strength and water holding capacity	Öz & Kalender, 2023
Industrial residue of cashew apple juice processing	<i>Komagataeibacter xylinus</i> ATCC 53582 and <i>Komagataeibacter xylinus</i> ARS B42	Different culture conditions	Despite its lower titer, the BC from <i>K. xylinus</i> ARSB42 presented a high thermal resistance and a remarkable absorption capacity (a potential superabsorbent biomaterial).	Guimaraes et al., 2023

Bacterial cellulose production methods had previously been classified as agitated/shaking culture, and bioreactor culture methods. However, in a recent study conducted by Öz & Kalender (2023), a new static cultivation system, which is being called as “series static culture (SSC)” was developed to solve the problem of air limitation in conventional static culture. This system includes plastic autoclavable containers for the culture medium, silicon tubes for medium transfer, valves, and peristaltic pump. It is based on transferring the fermentation broth at the bottom of the BC pellicle to the next empty sterile culture medium at the end of fermentation (10 days) until BC production has stopped. As a result, the culture medium under BC was transferred from one stage to the next using related valve and peristaltic pump. Purified BC was obtained, dried, weighed and characterization tests were carried out. The process is started with sugar beet molasses at 30°C / pH=5 and *Gluconacetobacter xylinus* NRRL B-759, while total BC production increased with increasing sugar level in the system (BC yield 22.02 % at initial sugar concentration of 100 g/L). It was determined that BC produced under these conditions had high water holding capacity mechanical strength, and crystallinity index. According to obtained results, it was concluded that the use of alternative carbon

sources which are also cheap, waste, and renewable provides a feasible process instead of synthetic media. So, sugar beet molasses is re-confirmed to be a good substrate for such a process that, it has already been used in many fermentation processes, since its content is suitable for such a purpose (containing fructose, sucrose, glucose, vitamins, and N, Fe, Ca, K, Mg).

In the last ten years, the studies indicated that any kind of food waste and/or industrial waste could be utilized as a good production substrate for the production of BC in addition to reducing the process cost. Among these studies, especially utilization of fruit and vegetable peels, tomato juice, pecan nutshell, or vegetable oil etc. in the BC production become prominent (Güzel & Akpınar, 2018; Bozdağ et al., 2021; Saleh et al., 2022; Varjani et al., 2023). Moreover, food industry by-products such as beet molasses, vinasse, and waste beer fermentation broth can also be valorized with some differences in structural properties when compared with BC obtained by HS-medium usage (Heydorn et al., 2023). Diversity of potential feedstocks can be re-emphasized with another recent study which was dealing with acidic dairy industry by-products as growth medium. The process was found to be feasible and a promising application and it was reported that the maximum BC yield was 2.42-fold higher than cellulose produced by HS medium under optimum conditions (after 15 days under static conditions at room temperature) (El-Bestawy et al., 2023). On the other hand, food waste can sometimes be utilized in different ways, too. For instance, *Novacetimonas hansenii* strain, which was capable of producing cellulose was isolated from rotten pomegranate for BC production in a recent research performed by Neelima et al. (2023). This is an example to a different type of utilization from waste where function of the waste has changed and become the source of culture instead of being production media. The research of Hasanin et al. (2023) is also a similar example that strawberry was reported as a source for isolation of newly BC producing bacteria. In general, the usage of waste seems to be widespread with an increasing trend and multifunctional utilization opportunities might draw more attention in the following years.

CONCLUSIONS and FUTURE TRENDS

Various cellulosic waste from agro-forestry residues or industrial by-products were utilized as carbon sources in BC production and those are claimed to improve the yield, while also reducing the economic cost. Thus, the main limitation of BC production is the requirement for highly priced substrates such as Hestrin-Schramm (HS) medium. On the other hand, the composition of different kinds of waste varies as well as the production type (at laboratory scale or in static/agitated reactors), resulting in different product (BC) properties. Hence, process conditions are specifically examined and optimized in the basis of the operation itself. That kind of process would promote the circular economy and sustainable & green technology approach in addition to obtaining high quality BC to be used in many fields of industry. In conclusion, the valorization of waste for BC production seems to be open to progress because there have been plenty of different substrates and cultures that verify production potentials. Additionally the process design can also be improved as in SSC (series static culture), while utilization of the waste might be in a different way, too. Obtaining BC producing cultures from food waste is a good example of this concept. As a result, all of the efforts are expected to reach a satisfactory level by supporting green production and waste management at the same time in the future.

REFERENCES

- Agüero, A., D. Lascano, J. Ivorra-Martinez, J. Gomez-Caturllaa, M.P. Arrieta & R. Balart, 2023. Use of bacterial cellulose obtained from kombucha fermentation in spent coffee grounds for active composites based on PLA and maleinized linseed oil. *Industrial Crops & Products*, 202: 116971. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116971>
- Akintunde, M.O., BC. Adebayo-Tayo, M.M. Ishola, A. Zamani & I.S. Horvath, 2023. Bacterial cellulose production from agricultural residues by two *Komagataibacter* sp. strains. *Bioengineered*, 13 (4): 10010-10025. <https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2062970>

- Akoğlu, A., A.G. Karahan, M.L. Çakmakçı & İ. Çakır, 2010. Bakteriyel selülozun özellikleri ve gıda sanayisinde kullanımı. *Gıda*, 35 (2): 127-134.
- Algar, I., S.C.M. Fernandes, G. Mondragon, C. Castro, C. Garcia-Astrain, N. Gabilondo, A. Retegi & A. Eceiza, 2015. Pineapple agroindustrial residues for the production of high value bacterial cellulose with different morphologies. *Journal of Applied Polymer Science*, 132 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1002/app.41237>
- Andriani, D., A.Y. Apriana & M. Karina, 2020. The optimization of bacterial cellulose production and its applications: a review. *Cellulose*, 27: 6747-6766. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03273-9>
- Awogbemi, O. & D.V.V. Kallon, 2022. Pretreatment techniques for agricultural waste. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6: 100229. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100229>
- Azeredo, H.M.C., H. Barud, C.S. Farinas, V.M. Vasconcellos & A.M. Claro, 2019. Bacterial cellulose as a raw material for food and food packaging applications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3: 1-14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00007>
- Azeredo, H.M.C., M.F. Rosa & L.H.C. Mattoso, 2017. Nanocellulose in bio-based food packaging applications. *Industrial Crops and Products*, 97: 664-671. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.013>
- Azmi, S.N.N.S., Z.A. Samsu, A.S.F.M. Asnawi, H. Ariffind & S.S.S. Abdullah, 2023. The production and characterization of bacterial cellulose pellicles obtained from oil palm frond juice and their conversion to nanofibrillated cellulose. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 5: 100327. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100327>
- Bandyopadhyay, S., N. Saha, U.V. Brodnjak & P. Saha, 2018. Bacterial cellulose based greener packaging material: a bioadhesive polymeric film. *Materials Research Express*, 5 (11): 115405. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aadb01>
- Bharimalla, A.K., S.P. Deshmukh, N. Vigneshwaran, P.G. Patil & V. Prasad, 2017. Nanocellulose-polymer composites for applications in food packaging: Current status, future prospects and challenges. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 56 (8): 805-823. <https://doi.org/10.1080/03602559.2016.1233281>
- Blasi, A., A. Verardi, C.G. Lopresto, S. Siciliano & P. Sangiorgio, 2023. Lignocellulosic agricultural waste valorization to obtain valuable products: An overview. *Recycling*, 8 (61): 1-46. <https://doi.org/10.3390/recycling8040061>
- Bozdag, G., O. Pinar, O. Gündüz & D. Kazan, 2021. Valorization of pea pod, celery root peel, and mixed-vegetable peel as a feedstock for biocellulose production from *Komagataeibacter hansenii* DSM 5602. *Biomass Conversion & Biorefinery*, 13 (9): 7875-7886. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01643-2>
- Cacicedo, M.L., M.C. Castro, I. Servetas, L. Bosnea, K. Boura, P. Tsafrakidou, A. Dima, A. Terpou, A. Koutinas & G.R. Castro, 2016. Progress in bacterial cellulose matrices for biotechnological applications. *Bioresource Technology*, 213: 172-180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.02.071>
- Çakar, F., A. Katı, I. Özer, D.D. Demirbağ, F. Şahin & A.Ö. Aytekin, 2014. Newly developed medium and strategy for bacterial cellulose production. *Biochemical Engineering Journal*, 92: 35-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2014.07.002>
- Çakmakçı M.L., A.G. Karahan, İ. Çakır, A. Gündoğdu & A. Akoğlu, 2008. Selüloz Üretiminde Kullanılacak Mikro-Organizmaların İzolasyonu, Moleküler Tanısı Ve Mikrobiyel Selülozun Gıda Sanayinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG Proje Raporu, Proje No: 105O156, 98 s.
- Caldeira, C., V. Laurentiis, S. Corrado, F. Holsteijn & S. Sala, 2019. Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: A mass flow analysis. *Resources, Conservation & Recycling*, 149: 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011>
- Castro, C., R. Zuluaga, J. Putaux, G. Caro, I. Mondragon & P. Ganán, 2011. Structural characterization of bacterial cellulose produced by *Gluconacetobacter swingsii* sp. from Colombian agroindustrial wastes. *Carbohydrate Polymers*, 84, 96-102. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.072>
- Cazon, P. & M. Vazquez, 2021. Bacterial cellulose as a biodegradable food packaging material: A review. *Food Hydrocolloids*, 113: 106530. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106530>
- Costa, A.F.S., F.C.G. Almeida, G.M. Vinhas & L.A. Sarubbo, 2017. Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* using corn steep liquor as nutrient sources. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02027>
- Efthymioua, M., E. Tsoukoa, C. Paterakia, A. Papagiannopoulos, P. Tzamalıs, S. Pispas, K. Bethanis, I. Mantala & A. Koutinas, 2022. Property evaluation of bacterial cellulose nanostructures produced from confectionery wastes. *Biochemical Engineering Journal*, 186: 108575. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108575>

- El-Bestawy, E., A.S. Eltaweil & N.S. Khallaf, 2023. Effective production of bacterial cellulose using acidic dairy industry by-products and agro wastes. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 33: 101064. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101064>
- El-Gendi, H., T.H. Taha, J.B. Ray & A.K. Saleh, 2023. Recent advances in bacterial cellulose.: a low-cost effective production media, optimization strategies and applications. *Cellulose*, 29: 7495-7533. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04697-1>
- Esa, F., S.M. Tasirin & N.A. Rahman, 2014. Overview of bacterial cellulose production and application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2: 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>
- FAO, 2019. The state of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. (Web page: <https://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>) (Date accessed: August 2023).
- Ferrer, A., L. Pal & M. Hubbe, 2017. Nanocellulose in packaging: Advances in barrier layer technologies. *Industrial Crops and Products*, 95: 574-582. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.012>
- Filippi, K., H. Papapostolou, M. Alexandri, A. Vlysidis, E.D. Myrtsi, D. Ladakis, C. Pateraki, S.A. Haroutounian & A. Koutinas, 2022. Integrated biorefinery development using winery waste streams for the production of bacterial cellulose, succinic acid and value-added fractions. *Bioresource Technology*, 343: 125989. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125989>
- Ghozali, M., Y. Meliana & M. Chalid, 2021. Synthesis and characterization of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* using liquid tapioca waste. *Materials Today: Proceedings*, 44: 2131-2134. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.274>
- Gorgieva, S., U. Jancic, E. Cepec & J. Trcek, 2023. Production efficiency and properties of bacterial cellulose membranes in a novel grape pomace hydrolysate by *Komagataeibacter melomenus* AV436T and *Komagataeibacter xylinus* LMG 1518. *International Journal of Biological Macromolecules*, 244: 125368. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125368>
- Guimaraes, D.T., M. Oliveira Barros, R. Araujo e Silva, S.M.F. Silva, J.S. Almeida, M. Freitas Rosa, L.R.B. Gonçalves & A.I.S. Brigida, 2023. Superabsorbent bacterial cellulose film produced from industrial residue of cashew apple juice processing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242: 124405. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124405>
- Güzel, M. & Ö. Akpınar, 2018. Bakteriyel selülozların üretimi ve özellikleri ile gıda ve gıda dışı uygulamalarda kullanımı. *Akademik Gıda*, 16 (2): 241-251. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.449633>
- Hasanin, M.S., M. Abdelraof, A.H. Hashem & H. El Saied, 2023. Sustainable bacterial cellulose production by *Achromobacter* using mango peel waste. *Microbial Cell Factories*, 22 (24): 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02031-3>
- Hestrin, S. & M. Schramm, 1954. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. 2. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose. *Biochemical Journals*, 58 (2): 345-352. <https://doi.org/10.1042/bj0580345>
- Heydorn, R.L., D. Lammers, M. Gottschling & K. Dohnt, 2023. Effect of food industry by-products on bacterial cellulose production and its structural properties. *Cellulose*, 30: 4159-4179. <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05097-9>
- Ishihara M., M. Matsunaga, N. Hayashi & V. Tisler, 2002. Utilization of D-xylose as carbon source for production of bacterial cellulose. *Enzyme & Microbial Technology*, 31 (7): 986-991. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(02\)00215-6](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00215-6)
- Jang, E.J., B. Padhan, M. Patel, J.K. Pandey, B. Xu & R. Patelf, 2023. Antibacterial and biodegradable food packaging film from bacterial cellulose. *Food Control*, 153: 109902. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109902>
- Karanicola, P., M. Patsalou, P. Stergiou, A. Kavallieratou, N. Evripidou, P., Christou, G., Panagiotou, C., Damianou, E.M. Papamichael & M. Koutinas, 2021. Ultrasound-assisted dilute acid hydrolysis for production of essential oils, pectin and bacterial cellulose via a citrus processing waste biorefinery. *Bioresource Technology*, 342: 126010. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126010>
- Kaur, M., A.K. Singh & A. Singh, 2023. Bioconversion of food industry waste to value added products: Current technological trends and prospects. *Food Bioscience*, 55: 102935. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102935>
- Khan, S.B. & T. Kamal, 2022. *Bacterial Cellulose Synthesis, Production, and Applications* (1st edition). CRC Press, Boca Raton, FL, 228 pp.

- Lahiri, A., S. Daniela, R., Kanthapazhamb, R., Vanaraj, A. Thambiduraia & L.S. Petera, 2023. A critical review on food waste management for the production of materials and biofuel. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 10: 100266. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100266>
- Li, Z., F. Azi, Z. Ge, Y. Liu, X. Yin & M. Dong, 2021. Bio-conversion of kitchen waste into bacterial cellulose using a new multiple carbon utilizing *Komagataeibacter rhaeticus*: Fermentation profiles and genome-wide analysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 191: 211-221. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.077>
- Li, Z., L. Wang, J. Hua, S. Jia, J. Zhang & H. Liu, 2015. Production of nano bacterial cellulose from waste water of candied jujube-processing industry using *Acetobacter xylinum*. *Carbohydrate Polymers*, 120: 115-119. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.11.061>
- Lin, D., P. Lopez-Sanchez, R. Li & Z. Li, 2014. Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* CGMCC 3917 using only waste beer yeast as nutrient source. *Bioresource Technology* 151: 113-119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.10.052>
- Lin, D., Z. Liu, R. Shen, S. Chen & X. Yang, 2020. Bacterial cellulose in food industry: Current research and future prospects. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158: 1007-1019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.230>
- Lin, S.P., I. L. Calvar, J. F. Catchmark, J.R. Liu, A. Demirci & K.C. Cheng, 2013. Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose. *Cellulose*, 20: 2191-2219. <https://doi.org/10.1007/s10570-013-9994-3>
- Mishra, R.K., A. Sabu & S.K. Tiwari, 2018. Materials chemistry and the futurist eco-friendly applications of nanocellulose: Status and prospect. *Journal of Saudi Chemical Society*, 22 (8): 949-978. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2018.02.005>
- Mohammadkazemi, F., M. Azin & A. Ashori, 2015. Production of bacterial cellulose using different carbon sources and culture media. *Carbohydrate Polymers*, 117: 518-523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.008>
- Mou, J., Z. Qin, Y. Yang, S. Liu, W. Yan, L. Zheng, Y. Miao, H. Li, P. Fickers, C.S.K. Lin & X. Wang, 2023. Navigating practical applications of food waste valorisation based on the effects of food waste origins and storage conditions. *Chemical Engineering Journal*, 468: 143625. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143625>
- Navya, P.V., V. Gayathrib, D. Samanta & S. Sampatha, 2022. Bacterial cellulose: A promising biopolymer with interesting properties and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 220: 435-461. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.056>
- Neelima, S., S. Sreejith, S. Shajahan, A. Raj, L. Vidya, V.M. Aparna, E.K. Radhakrishnan & C. Sudarsanakumar, 2023. Highly crystalline bacterial cellulose production by *Novacetimonas hansenii* strain isolated from rotten fruit. *Materials Letters*, 333: 133622. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.133622>
- Öz, Y.E. & M. Kalender, 2023. A novel static cultivation of bacterial cellulose production from sugar beet molasses: Series static culture (SSC) system. *International Journal of Biological Macromolecules*, 225: 1306-1314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.190>
- Poyrazoğlu Çoban, E. & H.H. Bıyık, 2008. Asetik asit bakterilerinden elde edilen alternatif selüloz. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 6 (2): 19-26.
- Revin, V., E. Liyaskina, M. Nazarkina, A. Bogatyreva & M. Shchankin, 2018. Cost-effective production of bacterial cellulose using acidic food industry by-products. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49S: 151-159. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.12.012>
- Saleh, A.K., H. El-Gendi, E.M. El-Fakharany, M.E. Owda, M.A. Awad & E.A. Kamoun, 2022. Exploitation of cantaloupe peels for bacterial cellulose production and functionalization with green synthesized Copper oxide nanoparticles for diverse biological applications. *Scientific Reports*, 12: 19241.
- Seberini, A., 2020. "Economic, social and environmental world impacts of food waste on society and zero waste as a global approach to their elimination". The 19th International Scientific Conference Globalization and its Socio-Economic Consequences 2019 - Sustainability in the Global-Knowledge Economy SHS Web of Conferences, (October 9-10, Rajecke Teblice) papers. SHS Web of Conferences, Volume: 74, 03010. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207403010>
- Shi, Z., Y. Zhang, G.O. Phillips & G. Yang, 2014. Utilization of bacterial cellulose in food. *Food Hydrocolloids*, 35: 539-545. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.012>
- Singhanian, R.R., A.K. Patel, Y. Tseng, V. Kumar, C. Chen, D. Haldar, J.K. Saini & C. Dong, 2022. Developments in bioprocess for bacterial cellulose production. *Bioresource Technology*, 344: 126343.

- Taokaew, S., N. Nakson, J. Thienchaimongkol & T. Kobayashi, 2023. Enhanced production of fibrous bacterial cellulose in *Gluconacetobacter xylinus* culture medium containing modified protein of okara waste. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 135 (1): 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2022.10.007>
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022. Çöpe atılan 18 milyon ton gıda artığı hayvan yemine dönüşecek. (Web page: <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/5354/Cope-Atilan-18-Milyon-Ton-Gida-Artigi-Hayvan-Yemine-Donusecek>) (Date accessed: August, 2023).
- Thivya, P., S. Akalyab & V.R. Sinija, 2022. A comprehensive review on cellulose-based hydrogel and its potential application in the food industry. *Applied Food Research*, 2 (2): 100161. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100161>
- Tsang, Y.F., V. Kumar, P. Samadar, Y. Yang, J. Leed, Y.S. Ok, H. Song, K. Kim, E.E. Kwon & Y.J. Jeon, 2019. Production of bioplastic through food waste valorization. *Environment International*, 127: 625-644. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.076>
- Tsouko, E., S. Maina, D. Ladakis, I.K. Kookos & A. Koutinas, 2020. Integrated biorefinery development for the extraction of value-added components and bacterial cellulose production from orange peel waste streams. *Renewable Energy*, 160: 944-954. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.108>
- Ul-Islam, M., W. Alhajaim, A. Fatima, S. Yasir, T. Kamal, Y. Abbas, S. Khan, A.H. Khan, S. Manan, M.W. Ullah & G. Yang, 2023. Development of low-cost bacterial cellulose-pomegranate peel extract-based antibacterial composite for potential biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 231: 123269. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123269>
- Usmani, Z., M. Sharma, J. Gaffey, M. Sharma, R.J. Dewhurst, B. Moreau, J. Newbold, W. Clark, V. Kumar Thakur & V. Kumar Gupta, 2022. Valorization of dairy waste and by-products through microbial bioprocesses. *Bioresource Technology*. 346: 126444. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126444>
- Varjani, S., W. Yan, A. Priya, F. Xin & C.S.K. Lin, 2023. Management and valorisation strategies for transforming food waste into bio-based products: Roadblocks and the way forward. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 41: 100806. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100806>
- Ye, J., S. Zheng, Z. Zhang, F. Yang, K. Ma, Y. Feng, J. Zheng, D. Mao & X. Yang, 2019. Bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* ATCC 23767 using tobacco waste extract as culture medium. *Bioresource Technology*, 274: 518-524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.028>
- Zhong, C., 2020. Industrial-scale production and applications of bacterial cellulose. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8: 605374. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.605374>