



KSÜ Tarım ve Doğa Derg

KSU J. Agric Nat

e-ISSN : 2619-9149

T.C.

KAHRAMANMARAŞ

SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

# TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Journal of Agriculture and Nature

Cilt-Volume 24 Sayı-Number 1 Yıl-Year: 2021



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Dergimiz aşağıdaki indeksler tarafından taranmaktadır (This journal is indexed and abstracted by )

- Emerging Sources Citation Index
- TUBİTAK-TR Dizin
- CAB Abstracts
- CiteFactor
- DRJI (Directory of Research Journal Indexing)
- Google Scholar
- Index Copernicus
- International Directory of Agriculture, Food and The Environment
- Journal Index
- Scientific Indexing Services (SIS)
- The International Plant Names Index

**Yazışma Adresi / Corresponding Address**  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Tarım ve Doğa Dergisi,  
46100 – Kahramanmaraş/TÜRKİYE  
Tel : (+90-344) 300 2108

E-mail: [dogabilimleri@ksu.edu.tr](mailto:dogabilimleri@ksu.edu.tr)  
Web: <http://dergipark.org.tr/ksudobil>  
<http://dogadergi.ksu.edu.tr>

Bu dergi hakemli olup yılda 6 kez yayınlanır.  
This journal is peer-reviewed and published 6 issues per year.

Dergimiz, herhangi bir başvuru veya yayımlama ücreti almamaktadır  
*The Journal doesn't have APC or any submission charges.*

**Derginin Eski Adı/Previous Name of Journal**

KSU Fen ve Mühendislik Dergisi  
KSU Journal of Science and Engineering  
KSU Doğa Bilimleri Dergisi  
KSU Journal of Natural Science  
**Derginin Eski ISSN Numarası/Previous ISSN Number**  
1301-2053



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### Sahibi/ Owner

Prof.Dr. Niyazi CAN  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörü

### Editörler / Editors

[Prof.Dr. Ali KAYGISIZ](#) (Baş Editör/Editor in Chief)  
KSÜ Ziraat Fak. Zootehni Böl.  
dogabilimleri@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. İ. Ersin AKINCI](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Bahçe Bitkileri Böl.  
akinci.ie@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. Adil AKYÜZ](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Biyosistem Müh. Böl.  
adilakyuz@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. Sakine Serap AVGIN](#)  
KSÜ Eğitim Fak.  
Biyoloji Böl.  
ssavgin@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. İsmail AKYOL](#)  
Ankara Üniv. Ziraat Fak.  
Zootehni Böl.  
ismail.akyol@ankara.edu.tr

[Prof.Dr. Kerim Mesut ÇİMRİN](#)  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak.  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl.  
mcimrin@mku.edu.tr

### Alan Editörleri

**İngilizce Editörü/English Editor**  
[Prof.Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Bitki Koruma Böl.  
cetintas@ksu.edu.tr

**İstatistik Editörü/Statistics Editor**  
[Prof.Dr. Mustafa ŞAHİN](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Tarımsal Biyoteknoloji Böl.  
ms66@ksu.edu.tr

**Alan Editörü/Associate Editor**  
[Doç.Dr. Mustafa KÜSEK](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Bitki Koruma Böl.  
mkusek@ksu.edu.tr



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### Uluslararası Danışmanlar Kurulu (International Advisory Board)

Prof. Dr. Larisa CAISIN  
State Agrarian University, MOLDOVA

Prof. Dr. Mohammed H. Abu-DİEYEH  
Qatar University, QATAR

Assist. Prof. Dr. Eslam FAID-ALLAH  
Minoufiya University, EGYPT

Prof. Dr. Wayne GARDNER  
The University of Georgia, USA

Prof. Dr. Stanislaw HURUK  
Jan Kochanowski Univ. POLAND

Prof. Dr. Khalid JAVED  
University of Veterinary and Animal  
Sciences, PAKİSTAN

Prof. Dr. A Salah KHATTAB  
Tanta University, EGYPT

Prof. Dr. K Mahmood KHAWAR  
Ankara Üniversitesi, ANKARA

Prof. Dr. Alisa PİRLOG  
State Agrarian University, MOLDOVA

Assist. Prof. Dr. Mehdi RAHİMİ  
Graduate University of Advanced  
Technology, İRAN

Dr. Ahmad K. SALAMA  
Autonomous University of Barcelona,  
SPAIN

Dr. Vivekanandarajah SARAVANAN  
KnowledgeLink Group, Inc.,  
SRI LANKA

Prof. Dr. Vytautas TAMUTIS  
Universytet Aleksandra, LITVANIA

Prof. Dr. Muhammed Masood TARIQ  
Balochistan University, PAKİSTAN

Dr. Thobela Louis TYASI  
University of Limpopo Polokwane,  
SOUTH AFRICA

Prof. Dr. Abdulmojeed YAKUBU  
Nasarawa State University, NIGERIA

Doç. Dr. Daniel ZABORSKI  
West Pomeranian University of  
Technology, POLAND

Prof. Dr. Navid GHAVİ HOSSEİN-ZADEH  
University of Guilan, Rasht, İRAN

Prof. Dr. Jose Cola ZANUNCIO  
Federal Univ. of Vicosa, BRAZIL

### Ulusal Danışmanlar Kurulu (Advisory Board)

Doç. Dr. Tuğay AYASAAN  
Korkutata Üniversitesi OSMANİYE

Prof. Dr. Fikri BALTA  
Ordu Üniv. ORDU

Prof. Dr. Levent BAT  
Sinop Üniv. SİNOP

Prof. Dr. H. Murat BÜYÜKÇAPAR  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.  
KAHRAMANMARAŞ

Prof. Dr. Mahfuz ELMASTAŞ  
Sağlık Bilimleri Üniv. İSTANBUL

Prof. Dr. İlhami GÜLÇİN  
Atatürk Üniv. ERZURUM

Prof. Dr. Rüştu HATİPOĞLU  
Çukurova Üniversitesi, ADANA

Prof. Dr. Murat KÜTÜK  
Gaziantep Üniv. GAZİANTEP

Prof. Dr. Ramazan MERAL  
Bingöl Üniv. BİNGÖL

Prof. Dr. Yeşim Yalçın MENDİ,  
Çukurova Üniversitesi, ADANA

Prof. Dr. Fatih SATIL  
Balıkesir Üniv. Balıkesir

Prof. Dr. Hüseyin SÜZEK  
Muğla Sıtkı Koçman Üniv. MUĞLA

Prof. Dr. Nazım ŞEKEROLU  
Kilis 7 Aralık Üniv. KİLİS

Prof. Dr. İbrahim YILMAZ  
Akdeniz Üniv. ANTALYA

Prof. Dr. Kadir YILMAZ  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.  
KAHRAMANMARAŞ





# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### İÇİNDEKİLER

#### ARAŞTIRMA MAKALESİ - RESEARCH ARTICLE

- Lemon Peel Extract for Synthesizing Non-Toxic Silver Nanoparticles through One-Step Microwave-Accelerated Scheme  
Mikrodalga Hızlandırılmalı Yöntemi İle Limon Kabuk Ekstraksiyonu Kullanarak Non-toksik Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi  
Israt JAHAN, İbrahim İŞILDAK 1-10
- Alpha-synuclein' in PreNAC(46-56) Fibril Bölütünün Moleküler Dinamik Simülasyon Yöntemi ile Konformasyonel Değerlendirmesi  
Conformational Evaluation for PreNAC(46-56) Fibril Segment of Alpha-synuclein using Molecular Dynamic Simulation Method  
Hakan ALICI 11-21
- The Use of Fourier-Transform Infrared Spectroscopy to Determine Potential Starch-based Prebiotics  
Nişasta Bazlı Potansiyel Prebiyotiklerin Belirlenmesi için Fourier-Transform Kızılötesi Spektroskopisinin Kullanımı  
Rafiq GURBANOV, Sinem TUNÇER 22-30
- Benchmarking of the Effects of Salinity on Antioxidant Enzymes Activities, Lipid Peroxidation and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Levels in the Leaves of Two Zinnia Species  
İki Zinnia Türünün Yapraklarında Tuzluluğun Antioksidan Enzim Aktiviteleri, Lipid Peroksidasyonu ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Düzeyleri Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması  
Sara YASEMİN, Aysin GÜZEL DEĞER, Sertan ÇEVİK, Nezihe KÖKSAL 31-39
- Variation of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Tea (*Camellia sinensis* L. O. *Kuntze*) Genotypes  
Çay (*Camellia sinensis* L. O. *Kuntze*) Genotiplerinde Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik İçeriğindeki Varyasyon  
Yusuf ŞAVSATLI, Aysel ÖZCAN, Oğuzhan CİVELEKOĞLU 40-48
- Investigation of the Cytotoxic Effect of Ethyl Pyruvate on Various Cancer Cell Lines  
Etil Piruvatın Çeşitli Kanser Hücre Hatları Üzerindeki Sitotoksik Etkisinin İncelenmesi  
Elif AYAZOĞLU DEMİR, Selim DEMİR, İbrahim TURAN 49-56
- Erkenci Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Embriyo Kültürü ve Embriyo Canlılığı Üzerine Çalışmalar  
Studies on Embryo Culture and Embryo Viability in Early Ripening Cultivars (*Vitis vinifera* L.).  
Onur ERGÖNÜL, Cengiz ÖZER, Zeliha ORHAN, Tamer UYSAL, İlknur KORKUTAL 57-63
- Effects of Farm Manure, Vermicompost and Plant Growth Regulators on Yield and Fruit Quality in Watermelon  
Çiftlik Gübresi, Vermikompost ve Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Karpuz Meyvesinde Verim ve Meyve Kaliteye Etkileri  
Ceren Ayşe BAYRAM, Gökhan BÜYÜK, Armagan KAYA 64-69
- Effect of Rhizospheres Bacteria Isolated from Kahramanmaraş Pepper Fields Against *Phytophthora capsici*  
Kahramanmaraş Biber Alanlarından İzole Edilen Toprak Bakterilerinin *Phytophthora capsici*'ye Karşı Etkisinin Belirlenmesi  
Zeynep Hümeyra ARDIÇ, Mustafa KÜSEK, Ceyda CEYHAN 70-75



- Isıtmasız Sera Koşullarında Yapılan Yenidünya Aşlarında Aşı Başarısının Belirlenmesi**  
Determination of Budding Success in Loquat Budding Done in Unheated Greenhouse Conditions 76-82  
Atıla Aytekin POLAT
- Italia Üzüm Çeşidinde Salkımlarda Torbalama Uygulamalarının Olgunluk, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri**  
The Effects of Bagging Applications on Maturation, Yield and Quality in cv. Italia Grape. 83-89  
Onur ERGÖNÜL, Serkan AYDIN, Cengiz ÖZER, Zeliha ORHAN ÖZALP, Ahmet YAŞASIN, Mehmet GÜLCÜ, İlknur KORKUTAL
- Sulugöl (Tokat-Niksar) Çevresi Rekreasyon Alanına Yönelik Öneri Peyzaj Tasarımı**  
The Impact of Natural Water on Design: Landscape Design Proposal for Sulugöl (Tokat-Niksar) Recreation Area 90-98  
Nurhan KOÇAN, Gizem CENGİZ GÖKÇE
- Sebze Tipi Sakız Fasulyesinde Tuza Toleranslı Genotiplerin Araştırılması**  
Investigation of Salt Tolerant Genotypes in Edible Cluster Bean 99-107  
Sevim AKÇURA
- Response of Germination and Seedling Development of Cotton to Salinity under Optimal and Suboptimal Temperatures**  
Normal ve Düşük Sıcaklıklarda Pamuğun Çimlenme ve Fide Gelişimine Tuzluluğun Etkisi 108-115  
Nurgül ERGİN, Engin KULAN, Mehmet GÖZÜKARA, Muhammed KAYA, Şaban ÇETİN, Mehmet Demir KAYA
- Effects of Genotype, Sowing Time and Seed Fungicide Pre-Treatments on Root and Crown Rot and Grain Yield in Bread Wheat**  
Ekmeklik Buğdayda Genotip, Ekim Zamanı ve Tohum Fungusiti Ön Uygulamalarının Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü ve Tane Verimi Üzerine Etkileri 116-121  
İsmet BAŞER, İlker GİDER, Oğuz BİLGİN, Alpay BALKAN
- Sumbas İlçesi Koşullarında Yetiştirilen Yerel Cin Mısır (*Zea mays everta*) Popülasyonlarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi**  
Determination of Quality Criteria of Local Popcorn (*Zea mays everta*) Populations Grown in Sumbas District Conditions 122-129  
Leyla İDİKUT, Mustafa ÖNEM, Gülay ZULKADİR
- Orta Anadolu Kuru Şartlarında Ekmeklik Buğdayda Optik Sensöre Dayalı Mevsim İçi Azotlu Gübre Kalibrasyon Optimizasyonu**  
Calibration Optimization For Sensor-Based In-Season Nitrogen Management of Rainfed Winter Wheat in Central Anatolian Conditions 130-140  
Erdinc SAVASLI, Oğuz ÖNDER, Cemal CEKİC, Hasan Müfit KALAYCI, Ramis DAYIOĞLU, Yaşar KARADUMAN, Fatma YILMAZ, Nesim DURSUN, Sait GEZGİN
- Macar Fiği (*Vicia pannonica Crantz.*) Tohumunun Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Ozonlu Sulama Suyu ve Sıcaklığın Etkileri.**  
Effects of Ozoned Irrigation Water and Temperature on Germination and Seedling Development of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica*) Seed 141-145  
Ömer Süha USLU, Adem EROL, Osman GEDİK, Ali Rahmi KAYA, Fatma AKBAY
- Geleneksel Yaprak Peynirinin Bazı Karakteristik Özellikleri**  
Some Characteristic Properties of Traditional Yaprak Cheese 146-155  
Bilal KESKİN, Şerafettin ÇELİK



- Doğal ve Mekanik Yöntemlerle Kurutularak Farklı Şekillerde Paketlenen Hamsi Balıklarında (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi  
Determination of Quality Changes on Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Dried with Natural and Mechanical Methods and Packaged in Various Forms. 156-164  
Fatih YAVUZ, Mehmet ERDEM, Bayram KÖSTEKLİ, İrfan KESKİN, Asiye EYUBOĞLU
- Insecticidal Efficacy of Native Diatomaceous Earth against Potato Tuber Moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (*Lepidoptera*: Gelechiidae)], Pupae  
Yerli Diatom Toprağının Patates Güvesi [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (*Lepidoptera*: Gelechiidae)] Pupasına Karşı Böcek Öldürücü Etkisi 165-170  
Turgut ATAY, Mustafa ALKAN, Sait ERTÜRK
- Seasonal Population Fluctuations and Damage Rates of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (*Diptera*: Tephritidae) on Pomegranate Orchards in Osmaniye Province  
Osmaniye ili Nar Bahçeleri'nde *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (*Diptera*: Tephritidae)'nin Mevsimsel Popülasyon Dalgalanmaları ve Zarar oranları 171-176  
Nihat DEMİREL, Murat ÇARDAK
- Türkiye'deki Anadolu Çöl Sığıcı Meriones tristrami (*Mammalia*: Rodentia) Altpopulasyonlarında Yayılışa Bağlı Biyometrik Farklılaşmalar Üzerine Bir Değerlendirme  
An assessment on biometric differentiation depend on distribution of the Anatolian Jird Meriones tristrami (*Mammalia*: Rodentia) Subpopulations in Turkey 177-185  
Nuri YİĞİT,ERCÜMENT ÇOLAK, Fulya SAYGILI YİĞİT, Reyhan ÇOLAK, Derya ÇETİNTÜRK
- Acoustical Investigation of Bats in Selçuklu District of Konya Province  
Konya İli Selçuklu İlçesindeki Yarasa ların Akustik Olarak Araştırılması 186-195  
Mesut BAŞ, Atilla ARSLAN
- Antioxidant Potential and Element Content of Wild Mushroom *Tricholoma imbricatum*.  
Doğal Mantar *Tricholoma imbricatum*'un Antioksidan Potansiyeli ve Element İçerikleri 196-199  
Celal BAL
- The Nexus Between Pilfering Menace and Crop Farmers' Income Shock: Evidence From Nigeria  
Theophilus Miebi GBİGBİ 200-211
- Türkiye'de İpek Böcekçiliğinin Çok Boyutlu Ölçekleme ve Kümeleme Analizleri ile İncelenmesi  
Investigation of the Sericulture in Turkey by Multidimensional Scaling and Cluster Analyses 212-220  
Duran GÜLER
- Effect of Sex on Fattening Performance and Carcass Characteristics in Kivircik Lambs  
Kivircik Kuzularında Besi Performansı ve Karkas Özellikleri Üzerine Cinsiyetin Etkisi 221-230  
Mehmet KOYUNCU, Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ, Serdar DURU, Önder CANBOLAT
- Muş İlindeki Besi İşletmelerinde Memnuniyet ve Etkileyen Faktörler  
Satisfaction and Affecting Factors in Fattening Farms in Muş Province 231-241  
Galip BAKIR, Mustafa KİBAR
- Prediction of Egg Weight Using MARS data mining Algorithm through R  
R kullanarak Mars Veri Madenciliği Algoritması ile Yumurta Ağırlığı Tahmini 242-251  
Demet ÇANGA, Esra YAVUZ, Ercan EFE





# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### HAKEMLER/Referees\*

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Burak AĞIR	KSÜ Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Kahramanmaraş
Prof.Dr. Bekir Erol AK	Harran Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Şanlıurfa
Doç.Dr. İlğaz AKATA	Ankara Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Ankara
Prof.Dr. Erhan AKÇA	Adıyaman Üniv. Teknik Bilimler MYO El Sanatları Böl. Adıyaman
Prof.Dr. İzzet AKÇA	On dokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Samsun
Prof.Dr. Hasan AKGÜL	Akdeniz Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Antalya
Doç.Dr. Davut Soner AKGÜL	Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Adana
Prof.Dr. Gülşen ÇOPUR AKPINAR	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Hatay
Doç.Dr. Said ALTİKAT	Kütahya Sağlık Bilimleri Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Kütahya
Doç.Dr. Hacer Handan ALTINOK	Erciyes Üniv. Seyrani Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Kayseri
Dr. Öğr. Üyesi Ayla ARSLANER	Bayburt Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Bayburt
Prof.Dr. Mahmut Murat ASLAN	KSÜ Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Kahramanmaraş
Prof.Dr. Mahmut Murat ASLAN	KSÜ Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Kahramanmaraş
Doç.Dr. Barış Bülent AŞIK	Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Bursa
Prof.Dr. Mehmet ATAK	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Hatay
Prof.Dr. Ekrem ATAĞAN	Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Adana
Doç.Dr. Ali İhsan ATALAY	Iğdır Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Iğdır
Doç.Dr. Tugay AYAŞAN	Osmaniye Korkut Ata Üniv. Kadirli Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Osmaniye
Prof.Dr. İhsan BAKIRCI	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Erzurum
Prof.Dr. Cahit BALABANLI	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Isparta
Prof.Dr. Nursel BAYDEMİR	Kırıkkale Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Kırıkkale
Prof.Dr. Mikail BAYLAN	Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Adana
Dr. Öğr. Üyesi A-Şükrü BENGÜ	Bingöl Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Bingöl
Prof.Dr. Serdar BİLEN	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Erzurum
Doç.Dr. Hatice BİLİR EKBİÇ	Ordu Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Ordu
Prof.Dr. Sefer BOZKURT	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Hatay
Dr. Öğr. Üyesi Şafak BULUT	Hitit Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Moleküler Biyoloji ve Genetik Böl. Çorum
Doç.Dr. Gökhan BÜYÜK	Adıyaman Üniv. Tarım Bilimleri ve Tek. Fak. Ziraat Mühendisliği Böl. Adıyaman
Prof.Dr. Feza CAN	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Hatay
Dr. Sławomir CHMIELEWSKI	Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, Al. Hrabaska, Raszyn, POLAND
Prof.Dr. Ali COŞKAN	Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl. Isparta
Prof.Dr. Yüksel COŞKUN	Dicle Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Diyarbakır
Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin CÖMERTPAY	KSÜ Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. Kahramanmaraş
Doç.Dr. Emre ÇAĞLAK	Recep Tayyip Erdoğan Üniv. Su Ürünleri Fak. Rize
Dr. Öğr. Üyesi Gülgün ÇAKMAK ARSLAN	Düzce Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Düzce
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ÇALIŞLAR	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Kahramanmaraş

\* Soyada göre sıralanmıştır.



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- Doç.Dr. Şenol ÇELİK  
Doç.Dr. Şenol ÇELİK  
Doç.Dr. Tülay ÇELİK  
Doç.Dr. Esra AYDOĞAN ÇİFCİ  
Prof.Dr. Süleyman ÇİLEK  
Prof.Dr. Osman ÇOPUR  
Doç.Dr. Ömer Lütfü ÇORBACI  
Doç.Dr. Selim DEMİR  
Prof.Dr. Semra DEMİR  
Prof.Dr. Murat DEMİREL  
Prof.Dr. Serdal DİKMEN  
Doç.Dr. Abdulahad DOĞAN  
Prof.Dr. Hakan DOYGUN  
Prof.Dr. Bülent EKİZ  
Prof.Dr. İbrahim ERDAL  
Prof.Dr. İbrahim ERDAL  
Prof.Dr. Ömer ERİNCİK  
Prof.Dr. Ecevit EYDURAN  
Prof.Dr. Hüseyin GÖZÜBENLİ  
Prof.Dr. Ahmet GÜNER  
Doç.Dr. Adem GÜNEŞ  
Prof.Dr. İ. Safa GÜRCAN  
Prof.Dr. Fuat GÜRDOĞAN  
Dr. Ör Üyesi Abdussamat GÜZEL  
Dr. Ör Üyesi Abdussamat GÜZEL  
Prof.Dr. Serra HEPAKSOY  
Prof.Dr. Ali Arda ISIKBER  
Prof.Dr. Leyla İDİKUT  
Prof.Dr. Emine İKİKAT TÜMER  
Prof.Dr. Adem KAMALAK  
Doç.Dr. Kanber KARA  
Doç.Dr. Erkan KARACABEY  
Prof.Dr. Emine KARADEMİR  
Prof.Dr. Mehmet Bora KAYDAN  
Prof.Dr. Haluk KEFELİOĞLU  
Doç.Dr. Cumali KESKİN  
Prof.Dr. Mahmut KESKİN  
Prof.Dr. Mustafa KIRALAN  
Doç.Dr. Emine KIZIL AYDEMİR  
Doç.Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT
- Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Bingöl  
Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Bingöl  
Aydın Adnan Menderes Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Aydın  
Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Bursa  
Kırıkkale Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Kırıkkale  
Harran Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Şanlıurfa  
Recep Tayyip Erdoğan Üniv. Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fak. Rize  
Karadeniz Teknik Üniv. Sağlık Bilimleri Fak. Beslenme ve Diyetetik Böl. Trabzon  
Van Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Van  
Van Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Van  
Bursa Uludağ Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Bursa  
Van Yüzüncü Yıl Üniv. Eczacılık Fak. Eczacılık Temel Bilimleri Böl. Van  
İzmir Demokrasi Üniv. Mimarlık Fak. Peyzaj Mimarlığı Böl. İzmir  
İstanbul Üniv. Cerrahpaşa Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. İstanbul  
Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl. Isparta  
Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl. Isparta  
Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Aydın  
İğdır Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. İşletme Böl. Iğdır  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Hatay  
Selçuk Üniv. Veteriner Fak. Besin Hijyeni ve Teknolojisi Böl. Konya  
Erciyes Üniv. Seyrani Ziraat Fak. Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Böl. Kayseri  
Ankara Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Ankara  
Fırat Üniv. Sivrice MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Böl. Elazığ  
İnönü Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Malatya  
İnönü Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Malatya  
Ege Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. İzmir  
KSÜ Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Kahramanmaraş  
KSÜ Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Kahramanmaraş  
KSÜ Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Kahramanmaraş  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Kahramanmaraş  
Erciyes Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Kayseri  
Süleyman Demirel Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Isparta  
Siirt Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Siirt  
Çukurova Üniv. İmamoğlu MYO Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Böl. Adana  
Ondokuz Mayıs Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Samsun  
Mardin Artuklu Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Tek. Böl. Mardin  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Hatay  
Balıkesir Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Balıkesir  
Bilecik Şeyh Edebali Üniv. Ziraat ve Doğa Bilimleri Fak. Tarla Bitkileri Böl. Bilecik  
Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl.





# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Doç.Dr. Serkan KORAL  
Prof.Dr. Demir KÖK  
Prof.Dr. Kağan KÖKTEN  
Prof.Dr. Kağan KÖKTEN  
Prof.Dr. Şener KURT  
Prof.Dr. Şener KURT  
Prof.Dr. Erdogan KÜÇÜKÖNER  
Dr. Ö. Üyesi Gül OLGUN KARACAN  
Doç.Dr. Mehmet MAMAY  
Prof.Dr. Nihat MERT  
Prof.Dr. Mustafa MİRİK  
Dr. Ö. Üyesi Yusuf NİKPEYMA  
Asc. Prof.Dr. Albert OFUOKU  
Prof.Dr. Ergin ÖZTÜRK  
Ass.Prof.Dr. Mehdi RAHİMİ  
Dr. Ö. Üyesi Kutsal D. SEÇİNTİ  
Prof.Dr. İpek SÜNTAR  
Dr. Ö. Üyesi Onur ŞAHİN  
Prof.Dr. Mustafa ŞAHİN  
Prof.Dr. Nazım ŞEKEROĞLU  
Dr. Ö. Üyesi Kasım TAKIM  
Prof.Dr. Mustafa TAN  
Prof.Dr. Ali TOPAL  
Dr. Ö. Üyesi Sinem TUNÇER  
Prof.Dr. Feyzi UĞUR  
Prof. Dr. Serhan URUŞ  
Prof.Dr. Veli UYGUR  
Prof.Dr. Veli UYGUR  
Doç.Dr. Fatih ÜÇKARDEŞ  
Prof.Dr. Levent ÜNLÜ  
Prof.Dr. Halit YETİŞİR  
Dr. Ö. Üyesi Akin YİĞİN  
Prof.Dr. Ayhan YILDIZ  
Prof.Dr. Nesrin YILDIZ  
Prof.Dr. Hasan YILMAZ  
Doç.Dr. Onur YILMAZ  
Prof.Dr. Nuri YİĞİT

İzmir Katip Çelebi Üniv. Su Ürünleri Fak. Su Ürünleri Avlama ve İşleme Tek. Böl. İzmir  
Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Tekirdağ  
Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Bingöl  
Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Bingöl  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Hatay  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Hatay  
Süleyman Demirel Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Isparta  
Aksaray Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Aksaray  
Harran Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Şanlıurfa  
Van Yüzüncü Yıl Üniv. Veteriner Fak. Temel Bilimler Böl. Van  
Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Tekirdağ  
KSÜ Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Kahramanmaraş  
Delta State Univ., Dept. of Agricultural Economics and Extension Asaba NIGERIA  
Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Samsun  
Graduate University of Advanced Technology, Department of Biotechnology Kerman İRAN  
KSÜ Tıp Fak. Cerrahi Tıp Bilimleri Böl. Kahramanmaraş  
Gazi Üniv. Eczacılık Fak. Eczacılık Meslek Bilimleri Böl. Ankara  
Muş Alparslan Üniv. Uygulamalı Bilimler Fak. Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Böl. Muş  
KSÜ Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. Kahramanmaraş  
Kilis 7 Aralık Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. KİLİS  
Harran Üniv. Veteriner Fak. Temel Bilimler Böl. Şanlıurfa  
Trakya Üniv. Havsa MYO Park ve Bahçe Bitkileri Böl. Trakya  
Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Konya  
Bilecik Şeyh Edebali Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Bilecik  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Çanakkale  
KSÜ Fen-Edebiyat Fak. Kimya Böl. Kahramanmaraş  
Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl. Isparta  
Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl. Isparta  
Adıyaman Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Adıyaman  
Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Konya  
Erciyes Üniv. Seyrani Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Kayseri  
Harran Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Şanlıurfa  
Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Aydın  
Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Erzurum  
Atatürk Üniv. Mimarlık Ve Tasarım Fak. Peyzaj Mimarlığı Böl. Erzurum  
Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Aydın  
Ankara Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Ankara



## Düzeltilme Yazısı / Erratum

Kaya AR 2020. Ana Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Soya Fasulyesi (*Glycine max. (L.) Merrill*) Çeşitlerinin Önemli Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 23 (4): 1012-1020. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.691990

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Avşar Yerleşkesi  
Onikişubat/Kahramanmaraş. <https://orcid.org/0000-0003-0318-6034>  
✉: alirahmikaya@ksu.edu.tr

KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi'nin 2020 yılı 23. Cilt 4. Sayısında yer alan "Kaya AR 2020. Ana Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Soya Fasulyesi (*Glycine max. (L.) Merrill*) Çeşitlerinin Önemli Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 23 (4): 1012-1020. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.691990" referanslı makalede yazar tarafından makalenin dizgisi sırasında sehven bazı yazım hatalarının yapıldığı tespit edilmiştir. Makalede yer alan hatalı yazımların giderilmesi amacıyla yapılan düzeltme ve açıklamalar aşağıda sunulmuştur

- Türkçe özetinde yer alan "Mayıs 5414" ifadesi "**May 5414**" olarak, "TU 88" ifadesi "**SA 88**" olarak düzeltilmiştir.
- Materyal ve Metod, Deneme Yerinin Toprak Özellikleri başlığı altında yer alan "hafif alkali toprak" ifadesi "**hafif alkalın toprak**" olarak, "su ile doygunluğu tınlı" ifadesi "**tınlı**" olarak düzeltilmiştir.
- Materyal ve Metod, Deneme metodu başlığı altında yer alan, "7.00 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>" ifadesi "**5.00 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**" olarak düzeltilmiştir.

## Lemon Peel Extract for Synthesizing Non-Toxic Silver Nanoparticles through One-Step Microwave-Accelerated Scheme

Israt JAHAN<sup>1\*</sup>, Ibrahim ISILDAK<sup>2</sup>

Department of Bioengineering, Yıldız Technical University, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4166-1617>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9654-1386>

✉: [sonia.israt@yahoo.com](mailto:sonia.israt@yahoo.com)

### ABSTRACT

In this study, biofunctionalized globular or oval shaped silver nanoparticles were obtained by using aqueous extract of lemon peel (*Citrus limon*) via microwave-accelerated heating system. While UV-visible spectroscopy, FTIR and XRD analyses were applied to recognize the formation of nano-silver, TEM and Zeta analysis were employed to reveal their morphological features. UV-vis spectrum of fabricated AgNPs indicated its characteristic maximum absorbance at 445 nm. Phytosynthesized silver nanoparticles were poly-dispersed with Z-average value of 41.86 nm, and showed excellent stability for several months with no aggregation and agglomeration. The non-toxic nature of the developed Ag nanoparticles was further confirmed by applying on healthy mouse fibroblast L929 cell line, which may expand their potentials for further studies related to medical science and other biological applications.

### Research Article

#### Article History

Received : 13.05.2020

Accepted : 03.07.2020

#### Keywords

Lemon peel  
Microwave-assisted green synthesis  
Non-toxic AgNPs  
Nanoscience

## Mikroalga Hızlandırılmalı Yöntemi İle Limon Kabuk Ekstraksiyonu Kullanarak Non-toksik Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi

### ÖZET

Bu çalışmada, mikroalga hızlandırılmalı ısıtma sistemi yöntemi ile limon kabuk (*Citrus limon*) ekstraksiyonu kullanarak biyofonksiyonel küre şeklinde veya oval şekilli gümüş nanopartiküller elde edilmiştir. Çalışmada gümüş nanopartiküllerin oluşumunu tanımak için UV-vis absorpsiyon spektroskopisi, FTIR ve XRD analizleri uygulanırken, nanopartiküllerin morfolojik özelliklerini ortaya çıkarmak için TEM ve Zeta analizi uygulanılmıştır. Üretilmiş AgNP'lerin UV-vis spektrumu, 445 nm'de karakteristik maksimum absorbansını göstermiştir. Fitosentezlenmiş gümüş nanopartiküller, Z-ortalama değeri 41,86 nm olan poli-dispersiyon haline getirilmesi ile birlikte herhangi bir agregasyon ve agglomerasyon olmadan birkaç ay boyunca mükemmel stabilite sergilemiştir. Daha sonra, sağlıklı fare fibroblast hücreleri (L929 hücre çizgisi) üzerindeki biyosentezlenmiş bu Ag NP'lerin non-toksik özelliği doğrulanmıştır. Bu durum, tıp bilimlerin yanı sıra çeşitli biyolojik uygulamalarda da bu nanopartiküllerin potansiyellerini göstermektedir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 13.05.2020

Kabul Tarihi : 03.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Limon kabuğu  
Mikroalga destekli yeşil sentez  
Non-toksik AgNP'ler  
Nanoteknoloji

**To Cite :** Jahan I, Isildak I 2021. Lemon Peel Extract for Synthesizing Non-Toxic Silver Nanoparticles through One-Step Microwave-Accelerated Scheme. KSU J. Agric Nat 24 (1): 1-10. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.737063>.

## INTRODUCTION

Nanotechnology based researches are generating an emergent sense of great enthusiasm in every aspect of science and technology in today's world (Mohanpuria et al., 2008). Due to improved magnetic, optical, catalytic, and electrical properties as well as precise and unique morphological features, noble metallic nanoparticles and their nano oxides are being utilized in multidisciplinary processes for producing diverse merchandises (Tsuji et al., 2005). Among all metallic

NPs, nano-silver (AgNPs) is one of the most attractive nanomaterials which have different types of profitable applications. They have particularly been exploited for many antimicrobial purposes as well as the applications of anti-inflammatory and antiseptic treatments (Ahamed et al., 2010). Besides, several studies also observed the *in vitro* anti-carcinogenic effects of nano silver (Ahamed et al., 2010). They further are being used as a valuable product of electronic manufacturing, for optical devices and

various kinds of sensors as well as in the purpose of food packaging and storing, in textile sectors during coating process (Furno et al., 2004; Murphy et al., 2008; Zhang et al., 2016). Referring the production of silver and other metallic nanoparticles, most conventional physical schemes are costly and demand enormous consumption of energy, whereas chemical approaches sometime require toxic solvents such as sodium borohydride, dimethylformamide (DMF), paraffin wax, polyvinylpyrrolidone (PVP) etc., which might cause serious damage to the surrounding environment (Lee et al., 2007; Iravani et al., 2014). Hence, exploitation of green, non-hazardous, biocompatible, and environmentally benign biological synthesis methods using lower organisms and plant materials for nanoparticle production earns advantages over other established approaches. However, plant-mediated synthesis of nanoparticles could be the best choice since the use of lower group of organisms for NP production is very complex and time consuming due to the fact that isolation and maintenance of microbes requires multiple steps, which might also increase the cost of whole process (Lin et al., 2010). Besides, a wide range of microorganisms are pathogenic or harmful to human being that limits their feasibility (Silver, 2003; Ahmed et al., 2003). On the other hand, vast quantities of plants and plant parts boasted with various primary and secondary metabolites are easily accessible and abundant naturally, and therefore, plant extracts can provide an inexpensive, fast and competent synthesis scheme for the production of crystalline metallic nanoparticles with desirable shapes and sizes (Thakkar et al., 2010; Rai and Yadav, 2013).

This study utilized lemon (*Citrus limon*) peel extract as reducing and stabilizing agents for the production of silver nanoparticles. This is due to the fact that citrus fruits are one of the prominent fruit crops, and globally, their production is increasing day by day. Commercially, 34% of annually produced oranges and lemons are being consumed for juice production, resulting approximately 44% peel as waste product (Li et al., 2006). Lemon and other citrus peel is a rich source of various active phytochemicals such as polyphenols, carotenoids, essential oils, amino acids, dietary fibers, minerals and vitamins, with very high functional properties (Bocco et al., 1998).

For increasing reaction rate within a short period of time, microwave heating was adjusted during the synthesis based on temperature and time which was very facile and affordable. For nanoparticle synthesis, microwave-assisted heating system has become an effective and fruitful practice, lately. This is due to the fact that the microwave system supplies rapid initial heating which facilitates immediate utilization of reactants by amplifying reaction kinetics. It also offers standardized nucleation and homogenous growth

conditions in the synthesis medium, which accelerate rapid reducing and capping rates, and thus, helps to yield higher production of NPs within a short period of time (Jahan et al., 2019). Moreover, it was observed that microwave heating-based synthesis reduced the aggregation rate of NPs compared to synthesizing at room temperature (Kudle et al., 2013).

Succeeding the biosynthesis of AgNPs, detail characterization was conducted through different techniques to reveal their shape, size and other morphological features. Moreover, cytotoxic effect of phytosynthesized silver nanoparticles was also investigated to measure their biocompatibility.

## MATERIALS and METHODS

### Plant Extract Preparation and Fabrication of Ag-Nanoparticles

In this study, silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) and other required chemicals were analytical grade, which were collected from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Properly dried and autoclaved instruments were used in every step of this experiment. Fresh lemon fruits were washed thoroughly with ultra-purified deionized water. Afterwards, yellow colored fruit peel was cut off and chopped into small pieces using a sterilized kitchen paring knife.

Around 5 g of the sliced peel were put into 50 ml of ultra-purified deionized water (1:10 ratio), and placed into the laboratory-grade microwave closed vessel (Milestone Microsynth microwave labstation) system for approximately 2 minutes at the irradiation level of 700 W. Afterwards, Whatman No. 1 filter paper (pore size: 11  $\mu\text{m}$ ) was employed for removing debris from the extract solution was then filtered using and kept at 4°C. The ratio of plant material and water taken in this study, and selection of the shortest extraction time with highest irradiation wavelength (700 W) were due to increase the extraction yield with minimal evaporation of reagents, which also prevented the degradation of phenolic and other biocompounds (M'hiri et al., 2014).

Fabrication of silver nanoparticles was started combining 10 ml extract, 90ml ultra-purified water and 0.017 g of silver nitrate (1mM), which was placed in a laboratory-grade microwave for 25 minutes at 90°C by the highest heating level of 300 W with continuous stirring.

Following the color changing, Whatman Grade No.5 filter paper with 2.5  $\mu\text{m}$  pore size was used to eliminate large discarded particles from the sample solutions; then centrifuged 3-4 times at 5000 rpm for 15 minutes at 4°C. Lastly, the purified precipitate was dried under vacuum condition; and powdered AgNPs stocked in a dark colored vial and stocked up at 4°C for further experimentation. Following the color changing, the solution was filtered using Whatman Grade No.5 filter



paper with 2.5 µm pore size to eliminate large discarded particles from the sample solutions and then centrifuged 3-4 times at 5000 rpm for 15 minutes at 4°C for further purification. Lastly, to avoid the photo-oxidation (Grillet et al., 2013), the purified precipitate was dried under vacuum condition, and using a dark colored vial, the powdered AgNPs was stocked at 4°C.

### Characterization of Synthesized AgNPs

Optical property of developed NPs was investigated by UV-vis spectroscopy (UV-1700 spectrophotometer, Shimadzu, Europe) in which ultra-purified water was taken as blank and spectral peaks were collected in the range of 200 - 800 nm. Shimadzu IR Prestige-21 FTIR-ATR instrument was used to read IR spectroscopic graph. XRD patterns with a step size of 0.02 was taken at the range of 2θ from 10° to 80° via X-ray diffraction (PANalytical Empyrean model) plan for recognizing crystalline nature of synthesized NPs; XRD graph was regenerated by the Origin 8.5 software. Transmission Electron Microscopy (TEM 1400, JEOL, Tokyo, Japan) at increased speed voltage of 120 kV was used for imaging to reveal morphological features of AgNPs. Finally, particle average size distribution, and potential value of developed NPs were determined using Zeta sizer (model name: Zetasizer nano ZS, Malvern Instruments Ltd., UK).

### Cytotoxicity Study of silver nanoparticles

The cytotoxic activity of biosynthesized AgNPs was evaluated on L929 mouse fibroblast cell lines. Using XTT assay [2, 3-bis-(2-methoxy-4-nitro-5-sulphophenyl)-2H-tetrazolium-5-carboxanilide] the percentage of viable cells in culture media was determined by observing optical intensity of these viable cells. For maintaining the culture of cell line, DMEM-F12 medium was utilized supplemented with 10% fetal bovine serum and penicillium-streptomycin, which

was incubated at 37°C with 5% CO<sub>2</sub> air flow. After incubation, completely affluent cells were detached from the upper layers of the cell containing vessels using Trypsin. Afterward, by staining with Trypan blue, the viable cells were identified, and counted from the detached cultured cells. Prior to applying silver nanoparticles into cell medium, 1 mL medium was used to adjust the density of obtained viable cells to 10<sup>6</sup>. Aiming this adjustment, 100 µL of cell suspension was plated in every well of sterile 96-well flat bottom microplate (BD, Biosciences) within a short period of time. Before incubating at 37°C, the biosynthesized AgNPs was added to cultured cells with an increasing concentration (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5 and 5 µg/mL). After 24 hours of incubation, old medium was removed, and 100 µL XTT solution (with 0.5 mg/ml DMEM, which was adjusted to Phenazine methosulfate (7.5 µg/mL)) containing 100ml fresh medium was added, and again incubated for 4 hours at the same temperature. Later on, a multiplate reader (model: Lab-Line Instruments, Melrose Park, IL, USA) at 450 nm was employed for measuring optical density (OD) of active viable cells from the suspension. Lastly, the cell viability was calculated in percentage (%) following this equation (Sahu et al., 2016):

$$\text{Cell viability (\%)} = \frac{\text{OD of specimen}}{\text{OD of control}} \times 100$$

### RESULTS and DISCUSSION

The main objective of this study was to synthesize silver nanoparticles by lemon peel extract using the lowest concentration of AgNO<sub>3</sub> solution within a significantly shortest period of time. For optimizing the synthesis protocol, different synthesis cycles were designed according to the variation of the ratio of plant extract and salt solution as well as temperature at different wavelengths and time durations. The color change in the synthesis media was used as the indication of the completion of reaction (Figure 1).

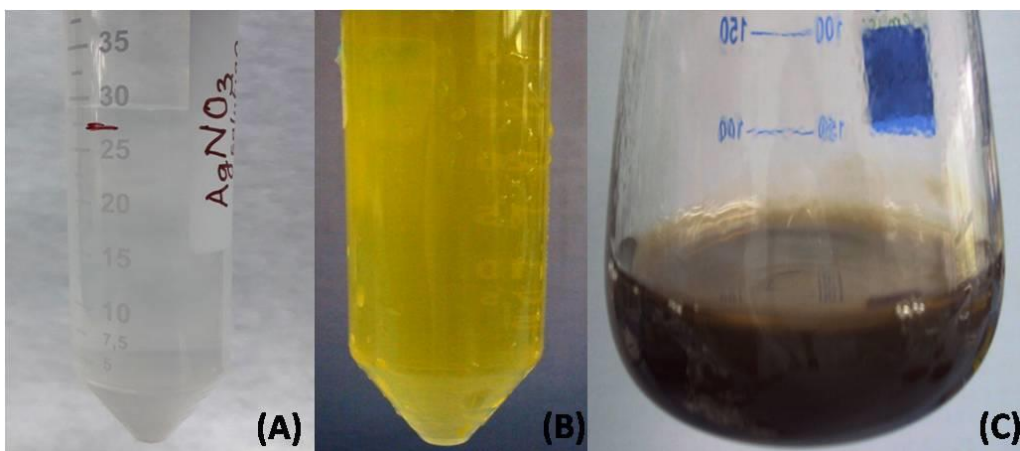


Figure 1. Silver nitrate solution (A), aqueous extract of lemon peel (B) and color changed after the synthesis of silver nanoparticles (C).

Şekil 1. Gümüş nitrat çözeltisi (A), limon kabuğu (B) 'nin sulu ekstraktı ve gümüş nanopartiküllerin (C) sentezinden sonra renk değişikliği



Since metallic nanoparticles show their characteristic and distinctive absorbance peak due to surface plasmon resonance (Iravani, 2011), the formation of AgNPs in the reaction medium was confirmed shortly after the synthesis through UV-vis spectroscopy. The

UV-vis spectrum of fabricated AgNPs in aqueous colloidal solution revealed its maximum absorbance at 445 nm (Figure 2), which is expected characteristic surface plasmon of nano-silver (Yin et al., 2002; Kaviya et al., 2011).

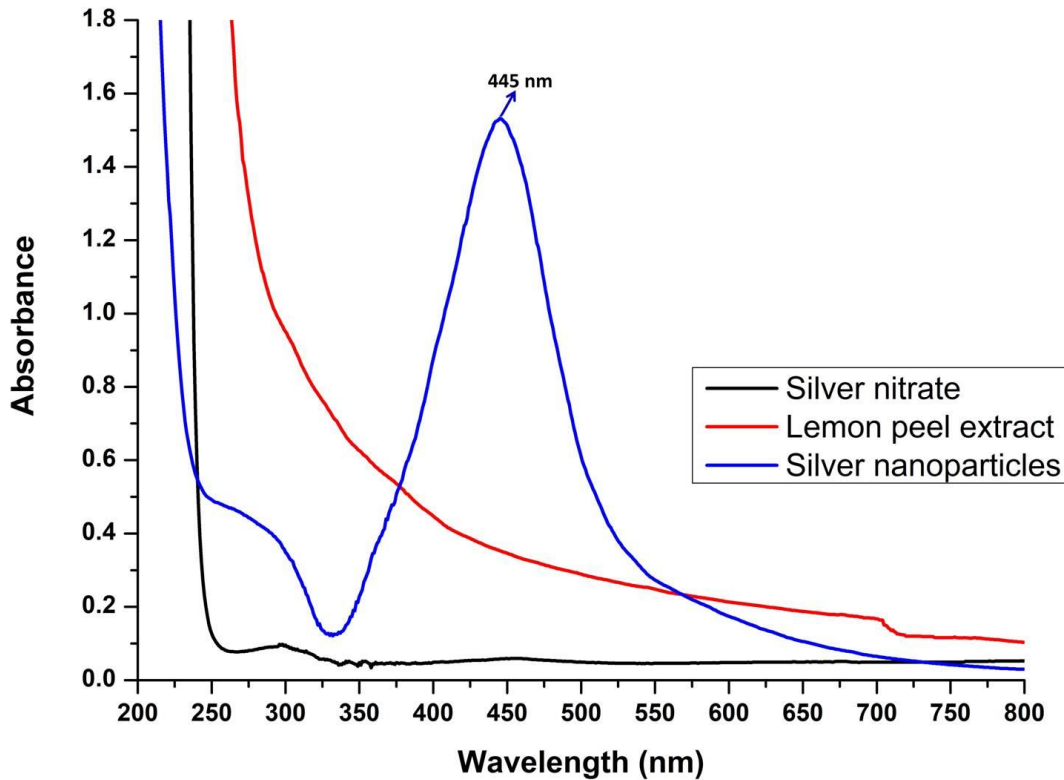


Figure 2. UV-Vis spectra of biosynthesized silver nanoparticles using lemon peel extract.

*Şekil 2. Limon kabuğu ekstraktı kullanılarak biyosentezlenmiş gümüş nanopartiküllerinin UV-Vis spektrumları.*

Furthermore, X-ray diffraction (XRD) study of synthesized silver NPs corroborated the presence of crystalline metallic silver as shown in Figure 3. XRD graph revealed four significant reflections at 38.11°, 44.30°, 64.54° and 77.50° which matched respectively with the characteristic Bragg's diffraction plans i.e. (111), (200), (220) and (311) for face-centered cubic crystalline structures of metallic silver, based on the database of the JCPDS file no: 04-0783 (Hamed et al., 2017). Moreover, it is noticeable and striking that the matching of these significant peaks with standard data was found for their relevant peak positions and relative intensities (Roy et al., 2014). In addition, the existence of only distinctive peaks devoid of any additional reflections is convincing in term of confirming the presence of pure nano-silver, phytosynthesized by lemon peel extract.

Figure 4 demonstrates a TEM image that has been traced from the drop-coated specimen layer of silver nanoparticles accomplished from lemon peel extract. The AgNPs in the TEM image are dispersed as roughly globular, spherical and oval in shape with the size

ranged from 7.5 nm to 69.83 nm. Besides, Figure 5 revealed particle size distribution and zeta potential measurement of biosynthesized AgNPs using lemon peel extract. Particle dimension distribution in term of Z-average value was measured as 41.86 nm, which was consistent with TEM outcomes. On the other hand, average zeta potential value that refers the surface charge of nano-silver in colloidal solution was determined as -18.70 mV. In a suspension, high negative or positive potential value confirmed excellent physical consistency of colloidal nanoparticles as a result of electrostatic repulsion of individual particles (Kumar and Dixit, 2017). Besides, z-values larger than  $\pm 30$  mV indicate monodisperse nature of colloidal nano-suspension, whereas lower potentials, less  $\pm 5$  mV signify the presence of aggregation and agglomeration (Gumustas et al., 2017). Based on TEM and Zeta analyses, it can be concluded that AgNPs biosynthesized using lemon peel extract showed their polydisperse nature, which were distributed with the absence of aggregation and agglomeration.

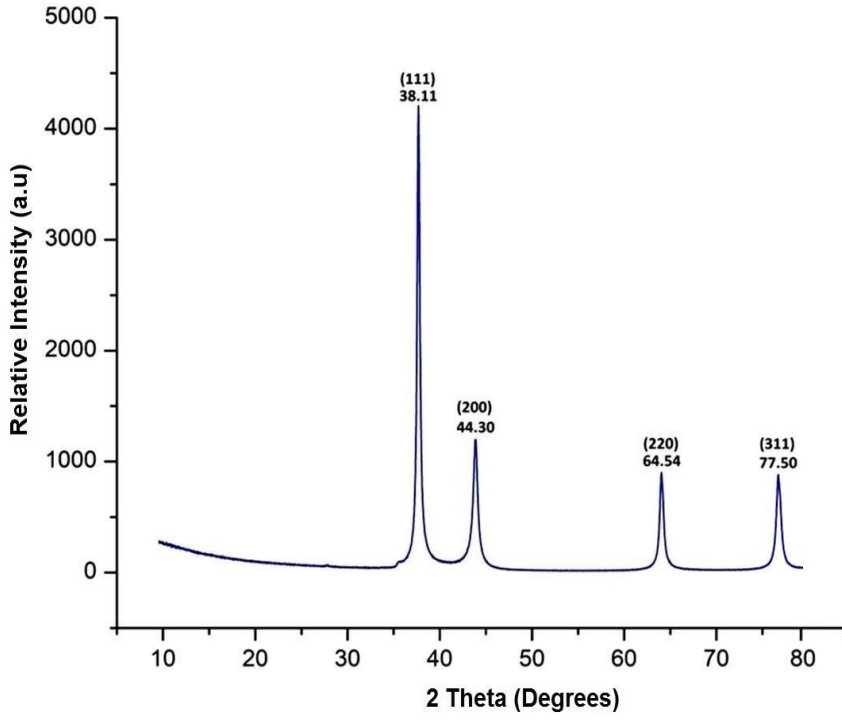


Figure 3. XRD graph of phytosynthesized silver nanoparticles.

Şekil 3. Fitosentezlenmiş gümüş nanoparçacıkların XRD grafiği

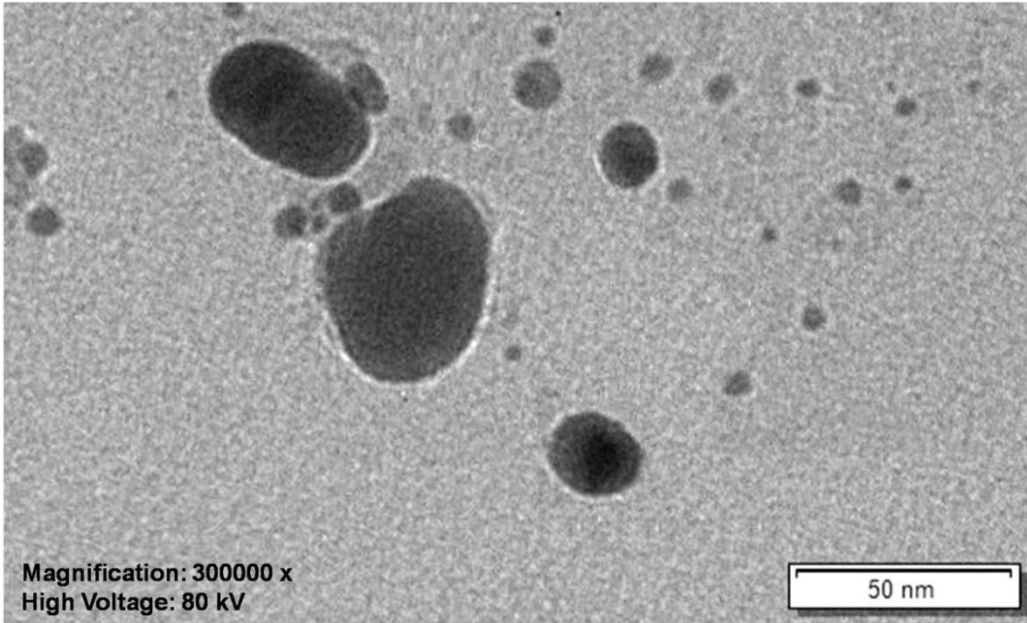


Figure 4. TEM image of biosynthesized silver nanoparticles at 50 nm scale.

Şekil 4. 50 nm ölçeğinde biyosentezlenmiş gümüş nanoparçacıkların TEM görüntüsü

There are some previous studies synthesized AgNPs by using *Citrus* spp. extracts (Basavegowda and Lee, 2013; Kahrilas et al., 2014; Nisha et al., 2014; Ayinde et al., 2019). Among them, so far one study has been conducted by lemon peel extract revealing spherical and irregular shaped AgNPs with the size range between 17.3 and 61.2 nm, by keeping the synthesis medium at room temperature for 5 hours (Nisha et al.,

2014). However, this study has been so far the first attempt of microwave-assisted green synthesis using lemon peel extract which is comparatively very new and faster method yielding significantly smaller AgNPs in roughly globular, spherical and oval shape; which are more functional in their application due to their high surface area.

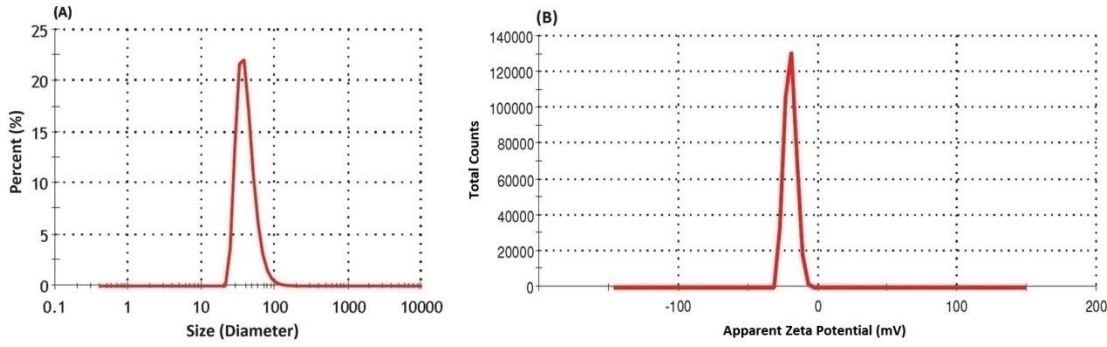


Figure 5. Particle size distribution (A) and zeta potential value (B) of fabricated silver nanoparticles.

Şekil 5. Fabrikasyon gümüş nanoparçacıkların parçacık boyutu dağılımı (A) ve zeta potansiyel değeri (B).

Fourier transform infrared (FTIR) analysis was applied to identify different functional groups of biomolecules available in lemon peel extract which played as reducer and stabilized by creating a coating layer on the surface of the NPs (Usha et al., 2017). The FTIR spectrum of AgNPs (Figure 6) showed the band at  $3392.79\text{ cm}^{-1}$  corresponds to carboxylic acid and other intermolecular bonded strong O-H stretching. Peaks were observed mainly at  $2926.01\text{ cm}^{-1}$  is responsible for saturated alkane (-C-H) medium stretching and the spectrum at  $1641.42\text{ cm}^{-1}$  is

responsible for strong alkene monosubstituted (C=C) stretching. A strong C-O stretching of primary alcohol bond represents at the peak of  $1058.92\text{ cm}^{-1}$ ; the spectrum at  $974.05\text{ cm}^{-1}$  represents a strong alkene disubstituted (trans) bonds and finally, the peak at  $786.96\text{ cm}^{-1}$  demonstrated medium alkene (C=C) trisubstituted bond. FTIR spectra therefore suggested that fabricated AgNPs were attached by various active phytochemicals of lemon peel extract, which created coating layer encapsulating the NPs to stabilize them and thereby, prevent aggregation, and agglomeration (Hind et al., 2001; Faraji et al., 2010).

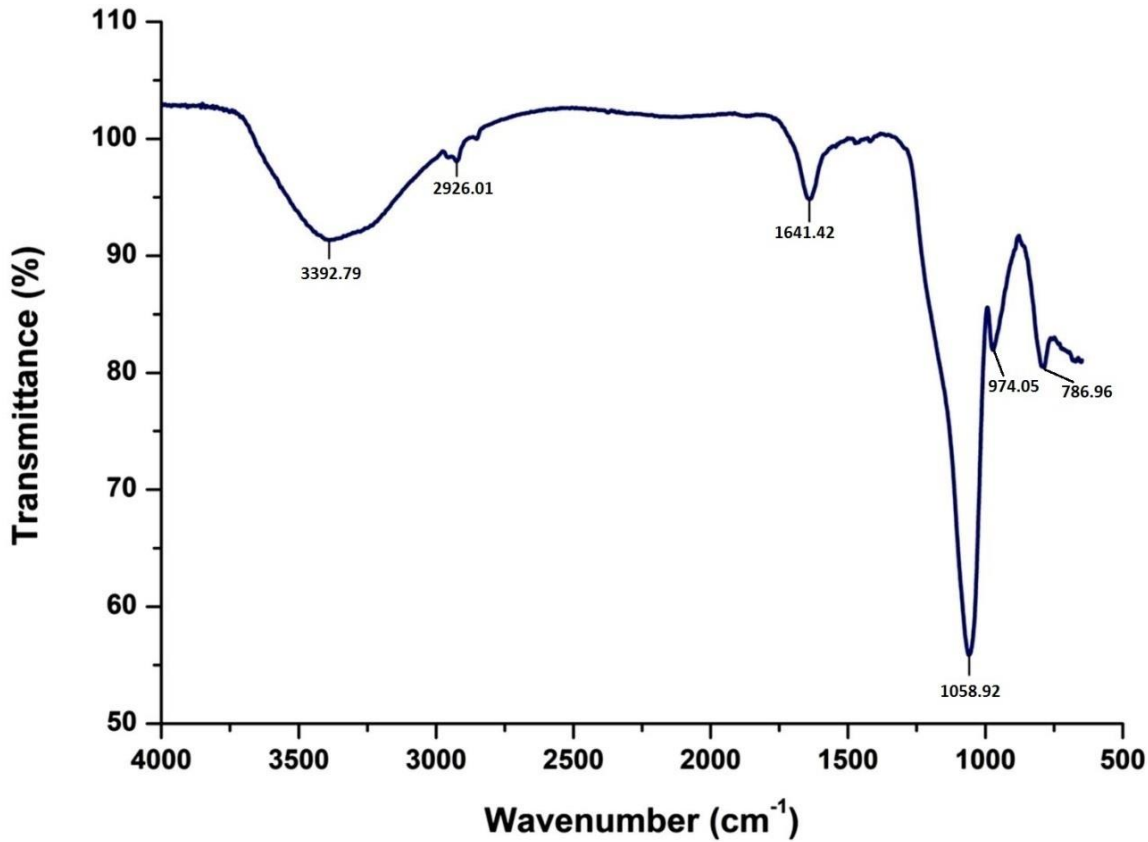


Figure 6. Graphical presentation of IR spectra of biosynthesized silver nanoparticles.

Şekil 6. Biyosentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin IR spektrumlarının grafik sunumu

Finding the level of biocompatibility is very significant for NPs to estimation their suitability for any kind of biological application. Green synthesis of nanomaterials can offer the privilege of producing non-hazardous and biocompatible NPs since no toxic chemicals are required in this process. However, different nanomaterials especially the metallic NPs themselves can be toxic to human body or other mammal cells because of their remarkable and significant actions against diverse microbial strains attributable to their remarkable chemical, physical and biochemical properties (Dizaj et al., 2014; Seil and Webster, 2012). Aiming this, cytotoxic effect of

biosynthesized AgNPs with different concentration (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5 and 5 µg/mL) were measured in this study by using healthy regular mouse fibroblasts cell line (L929). After treated with silver nanoparticles, pigmentation rate of functional mitochondrial enzymes of viable cells was observed by using XTT reagent. Cell viability in terms of mitochondrial enzyme activities was measured as the absorbance of optical density, which is directly proportional to the cell viability. Following the cell viability (%) formula, the percentage of cell viability was more than 90% in each concentration of nanoparticles (Figure 7), which is considered as non-toxic (López-García *et al.* 2014).

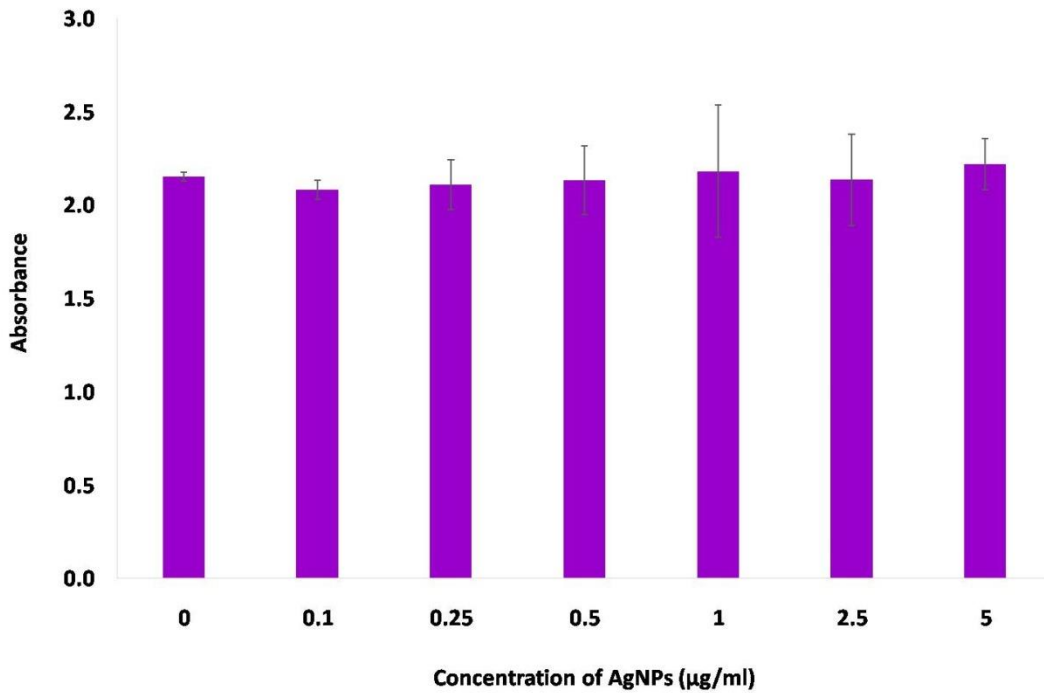


Figure 7. Graph showing the non-toxic nature of biosynthesized silver nanoparticles on healthy regular mouse fibroblasts cell line (L929) via the absorbance of viable cells.

Şekil 7. Canlı hücrelerin absorbansı yoluyla sağlıklı düzenli fare fibroblast hücre hattı (L929) üzerinde biyosentezlenmiş gümüş nanoparçacıkların toksik olmayan doğasını gösteren grafik.

The concentration-dependent cytotoxicity of silver nanoparticles can be influenced by the size and shape of the particles as well as the synthesizing method (Liu et al., 2010). For instance, in A549 cells silver nanowires showed more adverse effects on cytotoxic parameters than spherical and different other shaped silver nanoparticles (Stoehr et al., 2011). On the other hand, particle size was reported to be directly proportional to the cell viability; among 5 nm, 25 nm, 50 nm, and 110 nm AgNPs, 5 nm sized particles were the most toxic whereas 110 nm showed the least cytotoxicity on cochlear cells (HaCaT and HEI-OC1 cell lines) at the concentration below 3 µg / ml (Perde-Schrepler et al., 2019), which is even lower

concentration presented in this study. Additionally, aggregated AgNPs could form hydrodynamic diameter larger than macro or bulk particles, which lead them to show fewer effects on the cellular level; and therefore, high concentration is required to confirm their cytotoxicity (Lankoff et al., 2012). Here, it is important that the obtained NPs in this study did not show any aggregation which might be one of the possible reasons for supporting its non-toxic nature at such lower concentration.

The exposure time of the NPs to the cell is also a vital factor for showing their dose-dependent toxicity. For example, the toxicity threshold (TT) of AgNPs in U937 cell line was found at 2.0 ppm after 4 hours of



treatment, but the percentage of cell viability started to decline significantly at 0.05 ppm after 24 hours of treatment (Kaba and Egorova, 2015). Since the mouse fibroblasts cell line (L929) was treated over 24 hours with different concentration (0, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5 and 5 µg/mL) and none of them showed any toxicity in this study, it could be the strong indication for non-toxic nature of the obtained AgNPs.

Considerable number of other studies also reported the toxic effect of silver nanoparticles at 5 ppm or lower concentration on different mammalian cell lines including mouse spermatogonial, mouse macrophages (RAW 264.7), healthy lung epithelial (L132), human liver cancer (HepG2), human ovarian cancer (A2780), human breast cancer (MCF-7 and MDA-MB 231) cell lines (Braydich-Stolle et al., 2005; Park et al., 2010; Faedmaleki et al., 2014; Akter et al., 2018).

## CONCLUSION

This study developed a rapid, simple, inexpensive, and environment friendly approach of microwave-assisted fabrication of silver nanoparticles using lemon (*Citrus limon*) peel extract. The reduction of ionic silver to their nanoparticles and succeeding capping for stabilizing nano-silvers was suggested to happen throughout the participation of various active phytochemicals of this extract. The biosynthesized AgNPs produced in this study showed their polydisperse nature, and confirmed excellent stability for several months with the absence of aggregation and agglomeration. Besides, the non-toxic nature of this AgNPs at the given concentration may expand their relevance for further studies related to medical science, healthcare, veterinary medicine, cosmetics, food industry, nanobiotechnology etc.

## Researchers Contribution Rate Declaration Summary

The authors declare that they have contributed equally to the article.

## Conflicts of Interest Statement

None of the authors had any financial or personal relationships with other individuals or organizations that might inappropriately influence their work during the submission process.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was produced as part of the PhD dissertation of the first author. The authors would like to express their gratefulness to all the lab members of the Polymeric Biomaterials and Macromolecular Synthesis laboratory at Yıldız Technical University for their precious support and assistance. The authors also present special thanks to Dr. Fatih Erci and Dr. Rabia Çakır Koç for their immense support.

## REFERENCES

- Ahamed M, Alsalhi MS, Siddiqui MK, 2010. Silver nanoparticle applications and human health. *Clinica Chimica Acta; International Journal of Clinical Chemistry*, 411(23-24): 1841-1848. DOI:10.1016/j.cca.2010.08.016
- Ahmed A, Mukherjee P, Senapati S, Mandal D, Khan MI, Kumar R, Satyr M, 2003. Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Fusarium oxysporum*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 28(4): 313-318. DOI: 10.1016/S0927-7765(02)00174-1
- Akter M, Sikder MT, Rahman MM, Ullah AKMA, Hossain KFB, Banik S, Hosokawa T, Saito T, Kurasaki M, 2018. A systematic review on silver nanoparticles-induced cytotoxicity: physic chemical properties and perspectives. *Journal of Advanced Research*, 9: 1-16.
- Ayinde WB, Gitari WM, Samie A, 2019. Optimization of microwave-assisted synthesis of silver nanoparticle by *Citrus paradisi* peel and its application against pathogenic water strain. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 12(3): 225-234. DOI: 10.1080/17518253.2019.1627427
- Basavegowda N, Lee YR, 2013. Synthesis of silver nanoparticles using Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) peel extract: a novel approach towards waste utilization. *Materials Letters*, 109: 31-33. DOI: 10.1016/j.matlet.2013.07.039
- Bocco A, Cuvelier ME, Richard H, Berset C, 1998. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(6): 2123-2129. DOI: 10.1021/jf9709562
- Braydich-Stolle L, Hussain S, Schlager JJ, Hofmann MC, 2005. In vitro cytotoxicity of nanoparticles in mammalian germline stem cells. *Toxicological Sciences: An Official Journal of the Society of Toxicology*, 88(2): 412-419. doi:10.1093/toxsci/kfi256
- Dizaj SM, Lotfipour F, Barzegar-Jalali M, Zarrintan MH, Adibkia K, 2014. Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles. *Materials Science & Engineering. C, Materials for Biological Applications*, 44: 278-284. DOI: 10.1016/j.msec.2014.08.031
- Faedmaleki F, Shirazi FS, Salarian A-A, Ashtiani HA, Rastegar H, 2014. Toxicity effect of silver nanoparticles on mice liver primary cell culture and HepG2 cell line. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1): 235-242.
- Faraji M, Yamini Y, Rezaee M, 2010. Magnetic nanoparticles: synthesis, stabilization, functionalization, characterization, and applications. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 7(1): 1-37. DOI: 10.1007/BF03245856



- Furno F, Morley KS, Wong B, Sharp BL, Arnold PL, Howdle SM, Bayston R, Brown PD, Winship PD, Reid HJ, 2004. Silver nanoparticle and polymeric medical device: A new approach to prevention of infection? *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 54(6):1019-1024. DOI: 10.1093/jac/dkh478
- Grillet N, Manchon D, Cottancin E, Bertorelle F, Bonnet C, Broyer M, Lermé J, Pellarin M, 2013. Photo-oxidation of individual silver nanoparticles: a real-time tracking of optical and morphological changes. *The Journal of Physical Chemistry C*, 117(5): 2274–2282. DOI: 10.1021/jp311502h
- Gumustas M, Sengel-Turk CT, Gumustas A, Ozkan SA, Uslu B, 2017. Effect of polymer-based nanoparticles on the assay of antimicrobial drug delivery systems. In: Grumezescu AM (Ed.), *Multifunctional Systems for Combined Delivery, Biosensing and Diagnostics*, Elsevier, Amsterdam, pp. 67-108. DOI: 10.1016/B978-0-323-52725-5.00005-8
- Hamedi S, Shojaosadati SA, Mohammadi A 2017. Evaluation of the catalytic, antibacterial and anti-biofilm activities of the *Convolvulus arvensis* extract functionalized silver nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 167: 36-44. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2016.12.025
- Hind AR, Bhargava SK, McKinnon A, 2001. At the solid/liquid interfaces: FTIR/ATR—the tool of choice. *Advances in Colloid and Interface Science*, 93(1-3):91-114. DOI: 10.1016/S0001-8686(00)00079-8
- Iravani S, 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10): 2638–2650. DOI: 10.1039/C1GC15386B
- Iravani S, Korbekandi H, Mirmohammadi SV, Zolfaghari B, 2014. Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 9(6): 385–406.
- Jahan I, Erci F, Isildak I, 2019. Microwave-assisted green synthesis of non-cytotoxic silver nanoparticles using the aqueous extract of *Rosa santana* (rose) petals and their antimicrobial activity. *Analytical Letters*, 52(12): 1860-1873. DOI: 10.1080/00032719.2019.1572179
- Kaba SI, Egorova EM, 2015. In vitro studies of the toxic effects of silver nanoparticles on HeLa and U937 cells. *Nanotechnology, Science and Applications*, 8:19-29. DOI: 10.2147/NSA.S78134
- Kahrilas GA, Wally LM, Fredrick SJ, Hiskey M, Prieto AL, Owens JE, 2014. Microwave-assisted green synthesis of silver nanoparticles using orange peel extract. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2 (3): 367-376.
- Kaviya S, Santhanalakshmi J, Viswanathan B, Muthumar J, Srinivasan K 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Citrus sinensis* peel extract and its antibacterial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 79(3): 594-598. DOI: 10.1016/j.saa.2011.03.040
- Kudle KR, Donda MR, Merugu R, Kudle MR, Rudra MPP, 2013. Microwave assisted green synthesis of silver nanoparticles using *Boswellia Serrata* flower extract and evaluation of their antimicrobial activity. *International Research Journal of Pharmacy*, 4 (6), 197-200.
- Kumar A, Dixit CK, 2017. Methods for characterization of nanoparticles. In: S Nimesh, R Chandra & N Gupta (Eds.), *Advances in Nanomedicine for the Delivery of Therapeutic Nucleic Acids*, Elsevier, Amsterdam, pp. 43-58. DOI: 10.1016/B978-0-08-100557-6.00003-1
- Lankoff A, Sandberg WJ, Wegierek-Ciuk A, Lisowska H, Refsnes M, Sartowska B, Schwarze PE, Meczynska-Wielgosz S, Wojewodzka M, Kruszewski M, 2012. The effect of agglomeration state of silver and titanium dioxide nanoparticles on cellular response of HepG2, A549 and THP-1 cells. *Toxicology Letters*, 208(3): 197-213. DOI: 10.1016/j.toxlet.2011.11.006
- Lee KJ, Jun BH, Choi J, Lee Y, Joung J, Oh YO, 2007. Environmentally friendly synthesis of organic-soluble silver nanoparticles for printed electronics. *Nanotechnology*, 18(33): 335601. DOI: 10.1088/0957-4484/18/33/335601
- Li S, Lo CY, Ho CT, 2006. Hydroxylated polymethoxy-flavones and methylated flavonoids in sweet orange (*Citrus sinensis*) peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(12): 4176-4185. DOI: 10.1021/jf060234n
- Lin L, Wang W, Huang J, 2010. Nature factory of silver nanowires: Plant-mediated synthesis using broth of *Cassia fistula* leaf. *Chemical Engineering Journal*, 162: 852-858. DOI: 10.1016/j.cej.2010.06.023
- Liu W, Wu Y, Wang C, Li HC, Wang T, Liao CY, Cui L, QF Zhou, Yan B, Jiang GB, 2010. Impact of silver nanoparticles on human cells: Effect of particle size. *Nanotoxicology*, 4(3): 319-330. DOI: 10.3109/17435390.2010.483745
- López-García J, Lehocký M, Humpolíček P, Sába P, 2014. HaCaT keratinocytes response on antimicrobial atelocollagen substrates: extent of cytotoxicity, cell viability and proliferation. *Journal of Functional Biomaterials*, 5(2): 43-57. DOI: 10.3390/jfb5020043
- M'hiri N, Ioannou I, Ghoul M, Boudhrioua N M, 2014. Extraction methods of citrus peel phenolic compounds. *Food Reviews International*, 30(4): 265-290. DOI: 10.1080/87559129.2014.924139
- Mohanpuria P, Rana NK, Yadav SK, 2008. Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications. *Journal of Nanoparticle Research*, 10: 507–517. DOI: 10.1007/s11051-007-9275-x

- Murphy CJ, Gole AM, Hunyadi SE, Stone, JW, Sisco PN, Alkilany A, Kinard BE, Hankins P, 2008. Chemical sensing and imaging with metallic nanorods. *Chemical Communities*, 5: 544-557. DOI: 10.1039/B711069C
- Nisha SN, Aysha OS, Syed J, Rahaman N, Kumar PV, Valli S, Nirmala P, Reena A, 2014. Lemon peels mediated synthesis of silver nanoparticles and its antidermatophytic activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 124: 194-198. DOI: 10.1016/j.saa.2013.12.019
- Park EJ, Yi J, Kim Y, Choi K, Park K, 2010. Silver nanoparticles induced toxicity by a Trojan-horse type mechanism. *Toxicology in Vitro*, 24(3):872-878. DOI: 10.1016/j.tiv.2009.12.001
- Perde-Schrepler M, Florea A, Brie I, Virag P, Fischer-Fodor E, Vâlcău A, Gurzău E, Lisencu C, Maniu A, 2019. Size-dependent cytotoxicity and genotoxicity of silver nanoparticles in cochlear cells *in vitro*. *Journal of Nanomaterials*, 2019: Article ID 6090259. DOI: 10.1155/2019/6090259
- Rai M, Yadav A, 2013. Plants as potential synthesizer of precious metal nanoparticles: progress and prospects. *IET Nanobiotechnology*, 7(3):117-124. DOI: 10.1049/iet-nbt.2012.0031
- Roy K, Sarkar CK, Ghosh CK, 2014. Green Synthesis of silver nanoparticles using fruit extract of *Malus domestica* and study of its antimicrobial activity. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 9(3): 1137-1147.
- Sahu D, Kannan GM, Tailang M, Vijayaraghavan R 2016. In-Vitro Cytotoxicity of Nanoparticles: A Comparison between Particle Size and Cell Type. *Journal of Nanoscience*, ID: 4023852 (9 pages). DOI: 10.1155/2016/4023852
- Seil JT, Webster TJ, 2012. Antimicrobial applications of nanotechnology: Methods and literature. *International Journal of Nanomedicine*, 7: 2767-2781. DOI: 10.2147/IJN.S24805
- Silver S, 2003. Bacterial silver resistance: molecular biology and uses and misuses of silver compounds. *Federation of European Microbiological Societies*, 27(2-3):341-353. DOI: 10.1016/S0168-6445(03)00047-0
- Stoehr LC, Gonzalez E, Stampfl A, Casals E, Duschl A, Puentes V, Oostingh GJ, 2011. Shape matters: effects of silver nanospheres and wires on human alveolar epithelial cells. *Particle and Fibre Toxicology*, 8 (36): 1-15. DOI: 10.1186/1743-8977-8-36
- Thakkar KN, Mhatre SS, Parikh RY, 2010. Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 6 (2): 257–262. DOI: 10.1016/j.nano.2009.07.002
- Tsuji M, Hashimoto M, Nishizawa Y, Kubokawa M, Tsuji T, 2005. Microwave-assisted synthesis of metallic nanostructures in solution, *Chemistry*, 11(2): 440-452. DOI: 10.1002/chem.200400417
- Usha S, Ramappa KT, Hiregoudar S, Vasanthkumar GD, Aswathanarayana DS, 2017. Biosynthesis and characterization of copper nanoparticles from tulasi (*Ocimum sanctum* L.) leaves. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (11):2219-2228. DOI:10.20546/ijcmas.2017.611.263
- Yin YL, Zhong Z, Gates B, Venkateswaran S 2002. Synthesis and characterization of stable aqueous dispersions of silver nanoparticles through the Tollens process. *Journal of Materials Chemistry*, 12: 522-527. DOI: 10.1039/B107469E
- Zhang XF, Liu ZG, Shen W, Gurunathan S, 2016. Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Properties, Applications, and Therapeutic Approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9): E1534. DOI: 10.3390/ijms17091534

## Alpha-synuclein' in PreNAC(46-56) Fibril Bölütünün Moleküler Dinamik Simülasyon Yöntemi ile Konformasyonel Değerlendirmesi

Hakan ALICI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 67100 Merkez-Zonguldak

<https://orcid.org/0000-0001-5105-8331>

✉: [hakanalici@beun.edu.tr](mailto:hakanalici@beun.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada, Parkinson hastalığı ile ilişkilendirilen apha-synuclein (AS)' in PreNAC(46-56) fibril bölütü Moleküler Dinamik Simülasyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmadaki, ilk amaç PreNAC üzerine gelecekte yapılması muhtemel çalışmalar için en uygun kuvvet alanının belirlenmesidir. Literatürde biyomoleküllerin simülasyonlarında sıklıkla kullanılan yedi kuvvet alanı üzerinden yapılan değerlendirmede, başta CHARMM27 ve GROMOS53A6 olmak üzere AMBER99SB ve AMBER99SB-ILDN kuvvet alanlarının ileriki çalışmalarda ele alınmasının uygun olacağı tespit edilmiştir. Çalışmanın diğer amacı ise PreNAC arayüz için konformasyonel özelliklerin moleküler seviyede aydınlatılmasıdır. Bu kapsamda gözlemlenen önemli bulgulardan biri His50 amino asidinin en fazla konformasyonel değişim gösteren amino asit olmasıdır. Ayrıca literatürde birden fazla ailesel mutasyon içerdiği tespit edilen 53. konumdaki Thr amino asidinin yüksek konformasyonel kararlılığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunlara ilaveten, ele alınan PreNAC arayüz için tabakalar arası elektrostatik etkileşimlerin ara yüzün kararlılığı için başlıca etkileşim tipleri olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, elde edilen bulguların AS' nin PreNAC ve benzeri fibril bölütlerinin gelecek çalışmalarına ışık tutması beklenilmektedir.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 14.05.2020

Kabul Tarihi : 03.07.2020

### Anahtar Kelimeler

Kuvvet alanı  
Moleküler dinamik  
Parkinson  
PreNAC  
Simülasyon

## A Conformational Evaluation for PreNAC(46-56) Fibril Segment of Alpha-synuclein using Molecular Dynamic Simulation Method

### ABSTRACT

In this study, the PreNAC (46-56) fibril segment of Alpha-Synuclein (AS) associated with Parkinson's disease was examined using the molecular dynamic simulation method. The first goal of the study was to determine the most suitable force field for future studies on PreNAC. In this regard, we covered seven force fields that were widely used in biomolecule simulations, and it was determined that it is appropriate to treat the AMBER99SB and AMBER99SB-ILDN force fields, mainly CHARMM27 and GROMOS53A6, for future studies. Another goal of the study was to illuminate the conformational properties of the PreNAC interface at the molecular level. One of the most important discoveries observed in this context was that His50 was the most unstable amino acid. In addition, it was observed that amino acid 53, which is known to contain more than one family mutation, sustained high conformational stability. In addition, inter-sheet electrostatic interactions were the dominant interaction type for the stability of PreNAC interface. As a result, the findings in this study are expected to shed light on future studies of PreNAC of AS and its similar fibril segments.

### Research Article

### Article History

Received : 14.05.2020

Accepted : 03.07.2020

### Keywords

Force field  
Molecular dynamic  
Parkinson's disease  
PreNAC  
Simulation

**Atıf İçin:** Alıcı H 2021. Alpha-synuclein' in PreNAC(46-56) Fibril Bölütünün Moleküler Dinamik Simülasyon Yöntemi ile Konformasyonel Değerlendirmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 11-21. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.737200>.

**To Cite** Alıcı H 2021. A Conformational Evaluation for PreNAC(46-56) Fibril Segment of Alpha-synuclein using Molecular Dynamic Simulation Method. KSU J. Agric Nat 24 (1): 11-21. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.737200>.

## GİRİŞ

Amiloid fibril agregalarının hücre içi ve hücre dışındaki varlığı birçok dejeneratif hastalık ile ilişkilendirilmektedir (Glennner ve ark., 1984; Lang ve Lozano, 1998). Alzheimer hastalığından (AD) sonra en sık rastlanılan dejeneratif hastalık olan Parkinson hastalığının (PD) gelişim aşamasında, insan beyninde anormal şekilde biriken alpha-synuclein (AS) agregaları çok önemli rol oynamaktadır (Çınar ve ark., 2019; De Lau ve Breteler, 2006). Bu bağlamda AS fibril agregaları, PD hastalığının teşhisindeki başlıca patolojik işaretlerden biri olarak kabul edilirler (Goedert ve ark., 2013; Spillantini ve ark., 1997).

AS proteinin tek bir amino asit zinciri 140 amino asit içermektedir (Ulmer ve ark., 2005) ve çok sayıda AS proteinin düzenli bir şekilde istiflenerek oluşturdukları AS fibril agregalarını düşündüğümüzde ise fibril yapının sahip olduğu amino asit sayısının on binlere hatta yüz binlere ulaşabileceği hayal edilmesi zor bir durum değildir. AS fibrillerinin sahip olduğu bu yüksek moleküler ağırlıkları, onların tam bir üç boyutlu (3-B) konformasyonel yapısının deneysel olarak ortaya konulmasını zorlaştıran başlıca faktörlerden biridir. Bundan dolayı literatürdeki AS konformasyonun tespiti için mevcut deneysel çalışmalarda, AS'nin tam amino asit zinciri yerine çoğunlukla küçük AS fibril bölütlerini tespit etmeye odaklanılmıştır. Ayrıca bu küçük amiloid fibril agregalar en muhtemel sitotoksik biyolojik yapılar olarak kabul edilmektedir (Berhanu ve Hansmann, 2012). Son zamanlarda Rodriguez ve arkadaşları tarafından AS'nin PreNAC(47-56) olarak adlandırılan küçük bir fibril bölütünün 3-B kristal yapısı rapor edilmiştir (Rodriguez ve ark., 2015). PreNAC(47-56) toplam on adet amino asitten oluşmaktadır ve üç harfli kodlamayla amino asit dizilimi Gly47-Val48-Val49-His50-Gly51-Val52-Thr53-Thr54-Val55-Ala56 şeklindedir. Ayrıca, PreNAC bölütünün kapsadığı bu amino asit bölgesi, PD hastalığının şu ana kadar bilinen yedi ailesel mutasyondan beşinin (H50Q (Appel-Cresswell ve ark., 2013), G51D (Lesage ve ark., 2013), A53T (Polymeropoulos ve ark., 1997), A53E (Pasanen ve ark., 2014) and A53V (Yoshino ve ark., 2017)) amino asit konumlarını üzerinde barındırmaktadır. Hatta bu bölüt doğrudan A53T mutasyonu için tespit edilmiştir. Sahip olduğu bu kritik özellikler bu bölütün önemini daha da artırmaktadır.

Diğer taraftan, yapılan birçok çalışmaya rağmen karşılaşılan deneysel zorluklar AS fibril agregasyon sürecinin ve AS fibril agregaları arası etkileşme mekanizmasının yeterince anlaşılmasına neden olmuştur. Bu yüzden, PD için geliştirilmiş tam anlamıyla engelleyici ya da tedavi edici bir terapötik uygulama yoktur. Bu noktada, AS fibril agregalarının konformasyonel dinamiklerinin özellikle teorik

yöntemlerle moleküler düzeyde incelenmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca iyi bilindiği üzere, MD simülasyon (MD) yönteminin proteinlerin termodinamik ve katlanma özelliklerini incelemek için kullanılan başlıca teorik araçlardan biridir.

Bu çalışmada PreNAC fibril arayüz yapısı (iki protofibril arası karşılıklı etkileşim içeren fibril yapısı) ele alınmış ve farklı kuvvet alanları (force field; enerji fonksiyonları) için karşılaştırmalı MD simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Sunulan çalışmanın başlıca amaçlarından biri, gelecekte yapılması muhtemel ilaç ve fibril bölütünden (ilgilenilen PreNAC ve ya benzeri AS fibril bölütleri olabilir) oluşan protein kompleks sistemleri ile ilgili MD simülasyon çalışmaları için en uygun kuvvet alanlarının belirlenmesidir. Böylece PD ve ailesel mutasyonları üzerine yeni ilaç geliştirme çalışmalarında önemli bir araştırma ilerlemesi sağlanabilir. Ayrıca diğer temel amaçlarından birisi de ilgilenilen PreNAC ara yüz yapısının konformasyonel özellikleri ve arayüz etkileşmelerini araştırarak, PD ve diğer dejeneratif hastalıkların fibril etkileşme mekanizmasının anlaşılmasına yardımcı olmaktır. Sonuç olarak, çalışmada elde edilen önemli bulguların, PD hastalığının tedavisinde kullanılması muhtemel rasyonel terapötik uygulamalar için yeni fırsatlar sağlaması umut edilmektedir.

## MATERYAL ve METOD

### Simülasyon Detayları

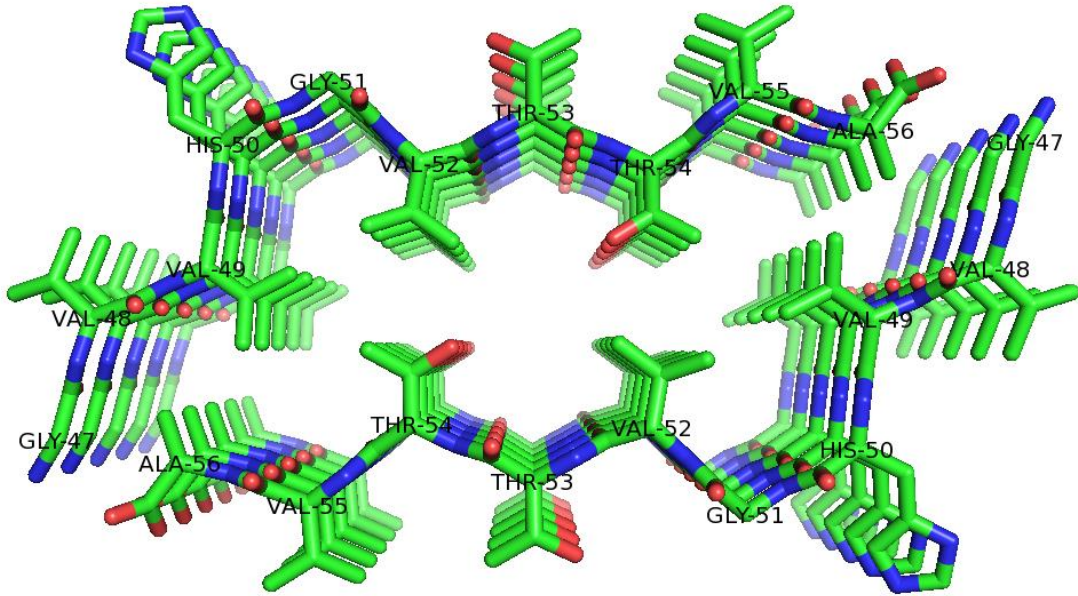
Ele alınan AS' nin PreNAC(47-56) fibril ara yüzü için, Rodriguez ve arkadaşları tarafından belirlenip Protein Data Bank (PDB)' a 4ZNN kodu ile depo edilen fibril bölütünün kristal yapısı kullanıldı (Rodriguez vd. 2015). Daha sonra PyMOL programı (DeLano 2002) ile birbirine anti paralel olarak oluşturulan bu ara yüzün üç boyutlu (3-D) yapısı şekil 1 de sergilendi. İlgilendiğimiz bu ara yüz şekilden de görüleceği üzere çift yapraklı (sheet) bir formda olup, her bir yaprak başına beş iplik (strand) olmak üzere toplamda on tane (10-mer) birbirinin aynısı olan iplikten oluşan yapısal bir motife sahiptir.

Bu çalışmada, PreNAC fibril arayüz yapısı üzerine gelecekte yapılması muhtemel simülasyon çalışmaları için uygunluğunu test etmek üzere MD simülasyonlarında sıklıkla tercih edilen yedi popüler kuvvet alanı ele alındı. Seçilen kuvvet alanları ve onlar için önerilen su modeli kombinasyonları; AMBER03 (Duan ve ark., 2003)/TIP3P, AMBER99SB (Hornak ve ark., 2006)/TIP3P, AMBER99SB-ILDN (Lindorff-Larsen ve ark., 2010)/TIP3P, CHARMM27 (Best ve ark., 2012; MacKerell Jr ve ark., 1998)/TIP3P, GROMOS53A6 (Oostenbrink ve ark., 2004)/SPC, GROMOS54A7 (Schmid ve ark., 2011)/SPC (Berendsen ve ark., 1981) ve OPLS-AAL(Kaminski ve ark., 2001)/TIP3P (Jorgensen ve ark., 1983)' dir. Ayrıca, sunulan çalışmadaki MD simülasyonların



tümü GROMACS 4.6.5 (Pronk ve ark., 2013) programı kullanılarak gerçekleştirildi. MD simülasyonlarda integrasyon algoritması olarak Verlet algoritması

kullanıldı ve moleküler dinamik zaman adımı tüm simülasyonlarda 2 fs olarak seçildi (Verlet 1967).



Şekil 1. PreNAC(47-56) fibril arayüzünün 3-B görseli  
*Figure 1. 3-D visualization of PreNAC(47-56) fibril interface*

Simülasyonlara başlamadan önce ilk olarak oluşturulan 10-mer PreNAC başlangıç yapısı 6.3x6.3x6.3 nm boyutlarında kübik bir simülasyon kutusunun merkezine yerleştirildi. Bu yerleştirmede 10-mer yapının herhangi bir atomu ile simülasyon kutusu arasındaki minimum uzaklık 1 nm olarak alındı. Daha sonra simülasyon kutusunun içerisine, kullanılan kuvvet alanına uygun su modelleri kullanılarak sistemlere su molekülleri eklendi. İçerisine su molekülleri eklenmiş bu sistemlerdeki, kötü temasları ve uygun olmayan geometrileri yok etmek için iki aşamalı enerji minimizasyonları uygulandı. Bu işlem 50 kJ mol<sup>-1</sup>nm<sup>-1</sup> enerji gradyenti elde etmek için önce "Steepest Descent" ardından "Conjuge Gradient" metodları ile 2000 zaman adımı kullanılarak yapıldı. Minimizasyon aşamalarından sonra, enerjisi minimize olmuş yapılar, 2 aşamalı dengeleme simülasyonlarına tabi tutuldu. Bilindiği gibi, ilgilenilen sistemlerin başlangıç yörünge ve koşulları, ürün simülasyonuna başlamadan önce faz uzayında beklenen yörünge konumu civarında bulunamayabilir. Sistemlerin faz uzayı üzerinde istenilen yörüngelere yerleşmesi ve durağan durumlarını elde etmek için dengeleme simülasyonları yapılmaktadır. Bu doğrultuda gerçekleştirilen dengeleme simülasyonlarının ilk aşaması NVT kümede 1 ns simülasyon süresince gerçekleştirildi. Bu aşamada sıcaklığı sabit tutmak için v-rescale termostatu kullanıldı (Bussi ve ark., 2007) ve çiftlenim parametresi 0.1 ps olarak seçildi. Bu aşama yapılırken

sisteme konum sınırlaması getirildi. Konum sınırlaması (position restrain), sabit pozisyonda tutulan özelleşmiş atomların harmonik etkileşimleridir. Çözücü eklenen sistemde konum sınırlaması ile, su moleküllerinin simülasyon kutusu içerisinde serbestçe dolaşmasına imkan verilirken, atom pozisyonları da sınırlandırılarak, makromoleküllerin içinin su ile kaplanması sağlandı. Her bir kuvvet alanının NVT dengeleme simülasyonlarında gerçekleştirilen en önemli husus ise, bu simülasyonların başında rastgele hız dağılımlarından üç bağımsız yörünge dosyası (trajectory) üretilmesidir. Böylece, her bir kuvvet alanı sistem için birbirinden bağımsız gerçekleştirilen simülasyonlar ile hem simülasyonların güvenilirliği garanti altına alınmak istendi hem de her bir kuvvet alanı için üç adet analiz seti elde edildi. NVT dengeleme simülasyonları aşmalarından sonra, dengeleme simülasyonlarının ikinci aşaması ise NPT kümede yine 1 ns simülasyon süresince gerçekleştirildi. Bu aşamada sıcaklık yine v-rescale termostatu ile 310 K' de, basınç Parrinello-Rahman barostatu (Parrinello ve Rahman, 1981) ile 1 bar da sabit tutuldu. Bu termostat ve barostat için çiftlenim sabitleri sırasıyla 0.1 ps ve 1 ps olarak seçildi. Bu aşamada kullanılan simülasyon protokollerinin aynaları kullanılarak ürün simülasyonlarına geçildi ve NPT kümede her bir kuvvet alanı için 100 ns simülasyon zamanı uzunluğunda üç adet birbirinden bağımsız ürün simülasyonları gerçekleştirildi. Başka bir deyişle ele alınan her bir kuvvet alanı sistemi için



3x100 ns lik simülasyonlar yapıldı. Böylece her bir sistemin analizi için birbirinden bağımsız üç adet yörünge dosyası elde edildi.

Bunlara ilaveten, dengeleme ve ürün simülasyon aşamalarında uzun erimli (long-range ) etkileşimleri betimlemek için Particle Mesh Ewald (PME) (Darden ve ark., 1993) metodu kullanıldı ve kesim mesafeleri (cut-off), coulomb etkileşmelerinde 0.9 nm ve van der Walls etkileşmelerinde ise 1.0 nm olarak seçildi. Ayrıca, sistemlerdeki hidrojenler P-LINCS (Hess ve ark., 1997) algoritması ile su molekülleri SETTLE (Miyamoto ve Kollman 1992) algoritması kullanılarak sınırlandırıldı. Simülasyonlardaki MD yörüngeleri, daha detaylı analizler yapabilmek için 4 ps aralıklarla kaydedildi.

### Veri Analizleri

Kaydedilen veriler GROMACS program paketi içeriğindeki analiz araçları kullanılarak analiz edildi. Yapılan analizlerden simülasyon zamanına bağlı olarak kare ortalama karekök yer değiştirme (RMSD, root mean square deviation) hesabı Eşitlik 1. kullanılarak yapılır.

$$RMSD(t) = \left[ \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i |r_i(t) - r_i^{ref}|^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Burada  $r_i(t)$  i. atomun ilgili simülasyon zamanındaki,  $r_i^{ref}$  ise i. atomun referans yapısındaki konumunu gösterir. Ayrıca  $M$  yapının toplam kütlelerini,  $m_i$  i. atomun kütleleridir. Tüm analizler için referans yapısı olarak enerjisi minimize olmuş yapı kullanıldı. Diğer bir analiz kare ortalama karekök dalgalanma (RMSF, root mean square fluctuations) hesaplamaları ise Eşitlik 2. kullanılarak hesaplanır.

$$RMSF_i = \left[ \frac{1}{T} \sum_{t_j=1}^T |r_i(t_j) - r_i^{ref}|^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

Burada  $T$  toplam simülasyon süresi,  $r_i(t_j)$  i. atomun j. simülasyon zamanındaki konumu ve  $r_i^{ref}$  i. atomun referans yapısındaki konumudur. Yapılan analizlerden bir diğeri ise sistemlerin jirasyon yarıçap (Rg, Radius of gyration) değerleridir. Bu değerler aşağıda verilen Eşitlik 3. ile elde edilir ve eşitlikteki  $m_i$  i. atomun kütlelerine ve  $r_i$  i. atomun konumuna karşılık gelir.

$$R_g = \sqrt{\frac{\sum_i m_i r_i^2}{\sum_i m_i}} \quad (3)$$

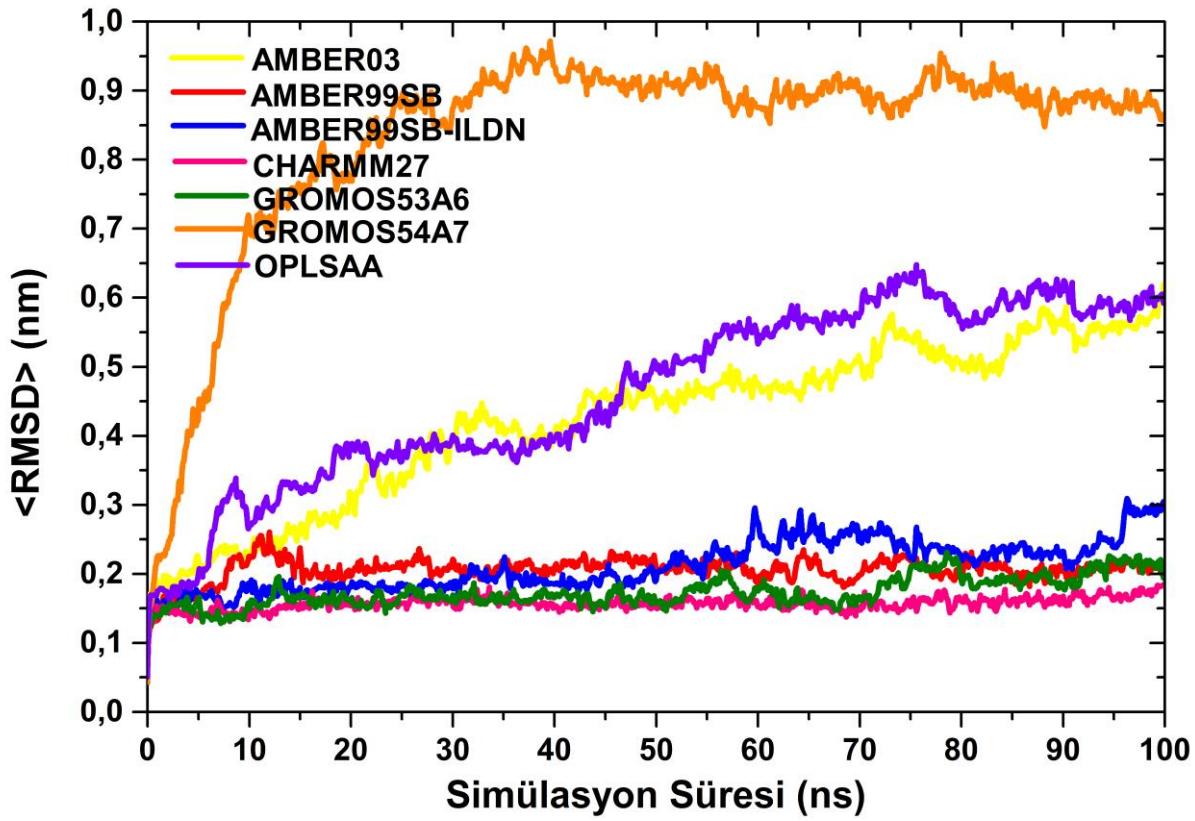
Ayrıca her bir residünün çözeltiye maruz kalan yüzey alanı (SASA, solvent accessible surface area) hesabı Gromacs programının  $g\_sas$  modülü kullanılarak yapıldı. Bunlara ilaveten, PreNAC' ın fibril tabakaları arasındaki bağlanma serbest enerjisi, Rashmi Kumari ve arkadaşları (Kumari ve ark., 2014) tarafından geliştirilen MM-PBSA (Molecular mechanics Poisson–Boltzmann surface area) yaklaşım yöntemi kullanılarak hesaplandı.

Grafiklerde sergilenen metrik analizlerin sonuçları,

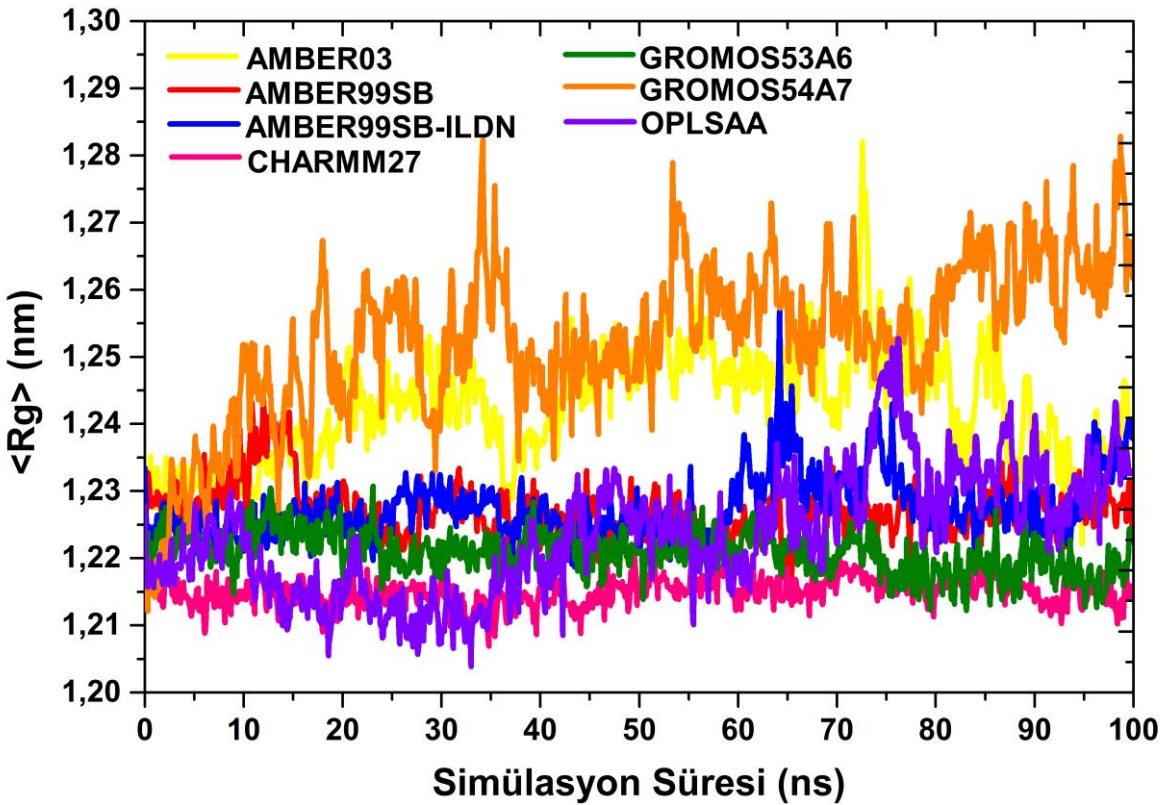
her bir kuvvet alanı sistemi için üretilen üç farklı yörünge ortalaması alınarak sunuldu. Ayrıca, üç boyutlu (3B) yapıların görüntüleme ve görselleştirilmesi PyMOL programı yardımı ile yapıldı (DeLano 2002).

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, hem ilgilenilen popüler kuvvet alanlarının ele alınan PreNAC arayüz yapısının kararlılığı üzerine etkisini incelemek hem de bu arayüzün konformasyonel özellikleri hakkında bilgi sahibi olabilmek için ilk olarak RMSD analizi yapılmış ve sonuçlar Şekil 2' de sergilenmiştir. Protein atomlarının simülasyon boyunca doğal konformasyonel yapılarındaki konumlarından ne kadar uzaklaştığı hakkında bilgi veren RMSD sonuçları, biyolojik yapıların konformasyonel kararlılık çalışmaları için kullanılan başlıca analiz araçlarından biridir (Berhanu ve Hansmann, 2012; Xi ve ark., 2018). Şekil incelendiğinde, simülasyon boyunca en istikrarlı (en az dalgalanan) ve en düşük ortalama RMSD değerleri CHARMM27 kuvvet alanı için elde edilirken, bu kuvvet alanına en yakın sonuçlar sırasıyla GROMOS53A6, AMBER99SB ve AMBER99SB-ILDN için elde edilmiştir. Diğer taraftan, bu kuvvet alanlarından yaklaşık 6 kat ile en yüksek ortalama RMSD değerleri GROMOS54A7 kuvvet alanı için elde edilirken, GROMOS54A7 den sonra en yüksek değerler sırası ile AMBER03 ve OPLSAA kuvvet alanı için elde edilmiştir. Bu haliyle RMSD sonuçları başta GROMOS54A7 olmak üzere AMBER03 ve OPLSAA kuvvet alanlarının ilgilenilen fibril arayüz yapısı için kararlı konformasyonel özelliklere sahip sistemler üretmediğini gösterirken, kararlı sistemler ürettiğini varsayabileceğimiz diğer kuvvet alanlarından CHARMM27' nin bir miktar daha öne çıktığı söylenebilir. Literatürdeki AS' nin (68-78) ve (69-77) fibril bölütü bölgeleri için gerçekleştirilen bir çalışmada, bizim çalışmamızdakine benzer şekilde en düşük ortalama RMSD değeri CHARMM27 için elde edilmiştir. Ek olarak, bizim çalışmamızda en yüksek RMSD değerlerine sahip olduğunu tespit edilen GROMOS54A7 kuvvet alanının bahsi geçen çalışmada en yüksek değere sahip iki kuvvet alanından bir tanesi olması da dikkat çekicidir (Alıcı 2020). Ayrıca, Alzheimer ile ilişkilendirilen Amiloid-Beta (AB) 16-22 fibril bölütü için yapılan diğer bir çalışmada ise iki yapraklı arayüzler için en düşük değerler genellikle AMBER kuvvet alanları için elde edilirken, CHARMM27' nin ise GROMOS ve OPLSAA kuvvet alanlarına kıyasla daha makul değerler sağladığı rapor edilmiştir (Berhanu ve Hansmann, 2012). Özetle, dejeneratif hastalıkların fibril bölütleri için ortalama RMSD değerleri üzerinden yapılan tüm bu çıkarımlar dikkate alındığında, yapılarının konformasyonel kararlılığı bakımından CHARMM27' nin genel anlamda ön plana çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 2. PreNAC arayüz için ortalama RMSD değerlerinin simülasyon zamanına bağlı olarak değişimi  
Figure 2. Time evolution of the average RMSD for PreNAC interface



Şekil 3. PreNAC arayüz için ortalama Rg değerlerinin simülasyon zamanına bağlı olarak değişimi.  
Figure 3. Time evolution of the average Rg for PreNAC interface

Tüm bunlara ilaveten AB' nin katlanma özelliklerinden yola çıkılarak yapılan bir diğer çalışmada ise, CHARMM27 (CHARMM22\*)' nin deneysel NMR parametrelerini üretme konusunda diğer kuvvet alanlarına göre daha başarılı olduğu rapor edilmiştir (Carballo-Pacheco ve Strodel, 2017).

Sunulan çalışmada daha sonra ise ilgilenilen fibril yapısının kompaklığının simülasyon boyunca değişiminin bir ölçüsü olarak sistemlerin Rg değerleri incelenmiştir. Jirasyon yarıçapı değerleri protein sistemindeki her bir atomun, protein sistemin geometrik merkezine olan uzaklıklarının kare ortalama karekök değerlerini veren ve böylelikle protein konformasyonunun boyutları hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayan bir analiz yöntemidir (Lobanov ve ark., 2008). Ele alınan fibril ara yüzünün doğal Rg değeri 1.22 nm dir. Buna göre doğal değerle kıyaslandığında, sistemlerdeki Rg değerlerindeki artış, ya 10 iplikli yapıdaki ipliklerin bir veya daha fazlasının sistemin kütle merkezinden uzaklaşarak 10-mer yapının dağılmasına ya da her bir ipliğin düzenli istif dizilimlerindeki sıralanışlarının bozulduğu ve yapıdaki ipliklerin iç içe girerek düzenli istif yapının yok olmasına atfedilebilir. Kısacası, her iki durumda da yapının düzenli istiflenmiş 10-mer bütünlüğünün bozulması söz konusu olmalıdır. Çünkü AS' nin farklı fibril bölütleri için rapor edilen çalışmada, AMBER99SB-ILDN kuvvet alanının diğer kuvvet alanlarına göre önemli ölçüde yüksek değerlere sahip olduğu ve bu duruma konformasyonel bütünlüğün bozulmasının eşlik ettiği gözlemlenmiştir (Alıcı 2020). Şekil incelendiğinde, özellikle CHARMM27 ve GROMOS53A6 doğal değere en yakın sonuçlar üreten ve simülasyonlar boyunca en az dalgalanan yani PreNAC arayüz için en kararlı konformasyonel davranışlar üreten kuvvet alanlarıdır. Burada GROMOS54A7 ve AMBER03 için, doğal değere kıyasla yüksek ve oldukça fazla dalgalanan değerler, ele alınan fibril ara yüzünün 10-mer bütünlüğünün bu kuvvet alanları için bozulduğunun açık göstergesidir. Hem bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi hem de PreNAC ara yüzün 10-mer yapısının bütünlüğü hakkında daha detaylı bilgi görsel izlenim edinebilmek için her bir kuvvet alanı sistemi için yapılan üçer adet simülasyon setine ait PreNAC arayüz için simülasyon sonundaki anlık görüntüler (snapshots) Şekil 4 de sergilenmiştir. Bu anlık görüntüler incelendiğinde, PreNAC' ın düzenli istiflenmiş 10-mer konformasyonun GROMOS54A7, AMBER03 ve OPLSAA kuvvet alanlarının her bir simülasyonunda önemli derecede bozulduğu gözlemlenmektedir. Bundan dolayı bu kuvvet alanlarının muhtemel ilaç-arayüz simülasyonların da, ilaç hedef bölgeleri üzerinde ele alınan ilaç moleküllerinden kaynaklanmayan olumsuz konformasyonel etkilere sebebiyet verebilme

ihtimalinden dolayı gelecekteki yapılması düşünülebilecek simülasyon çalışmaları için uygun olmayabilecekleri düşünülebilir. Diğer taraftan, CHARMM27 simülasyonlar sonunda en kararlı konformasyonlara sahip olsa da, tıpkı RMSD bulgularında olduğu gibi GROMOS53A6, AMBER99SB ve AMBER99SB-ILDN kuvvet alanlarının da makul kararlı konformasyonel sonuçlar ürettiği gözlemlenmektedir.

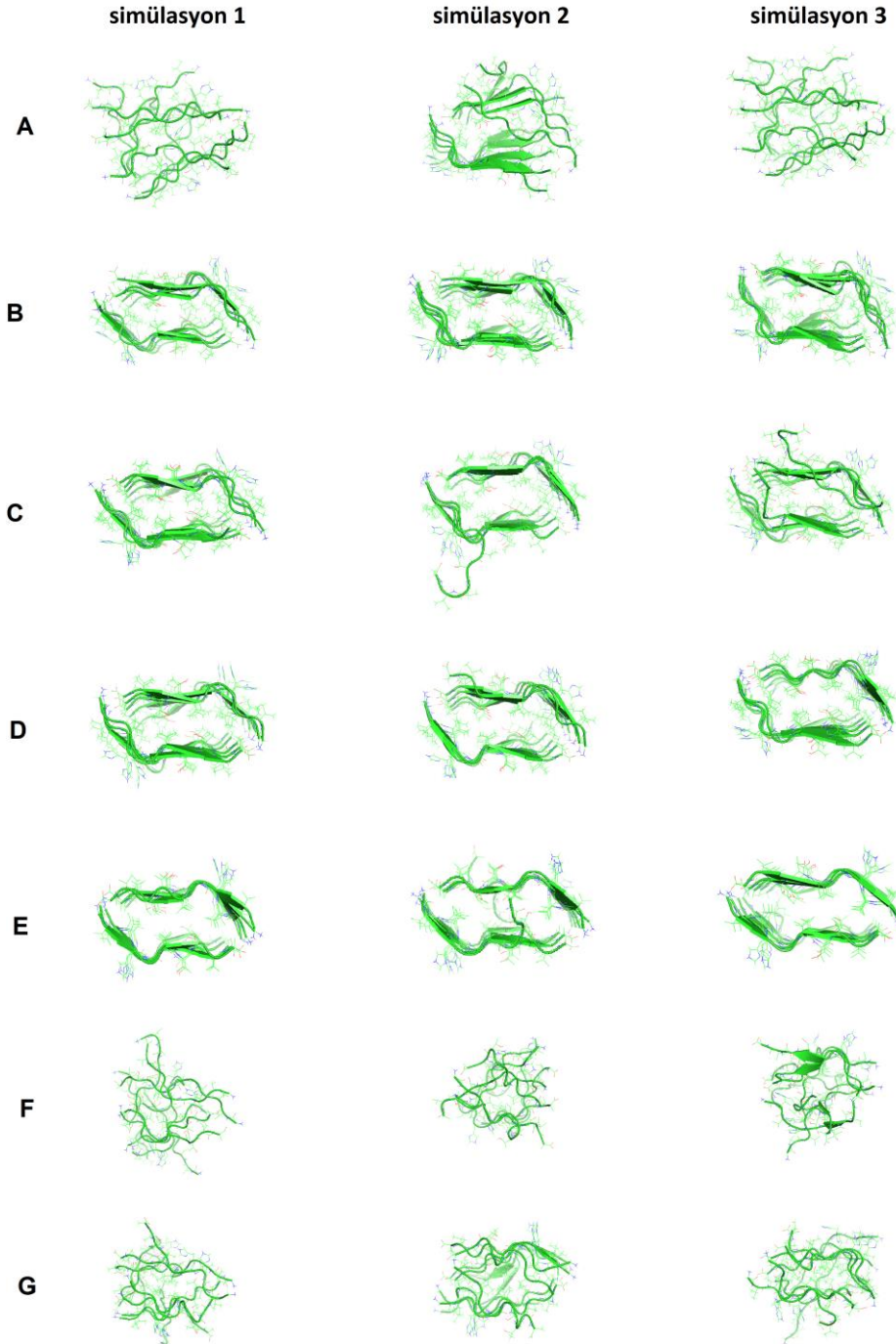
Araştırma üzerine daha da detaylı ve derinlemesine bilgiler edinebilmek için RMSF analizi yapılmış ve Şekil 5' de sergilenmiştir. Bu analiz simülasyonlar boyunca protein yapılarının her bir amino asidinin ayrı ayrı doğal konformasyona göre konumlarındaki değişimlerinin bir ölçüsüdür, başka bir deyişle bu analizle proteinlerin amino asit zincirlerindeki konformasyonel değişimleri bölgesel olarak değerlendirilebilmek mümkündür (Yu ve ark., 2017; Demir ve ark., 2018). Şekil incelendiğinde GROMOS54A7, AMBER03 ve OPLSAA kuvvet alanları için diğer kuvvet alanlarına göre elde edilen yüksek değerler önceki analizlerde olduğu gibi bu kuvvet alanlarının ele alınan PreNAC ara yüz yapısının konformasyonlarını istikrarsızlaştırdığını göstermektedir. Öte yandan diğer kuvvet alanları için PreNAC ara yüzün her bir amino asidi için elde edilen değerler benzerlik göstermektedir. Ayrıca, bu türden fibril yapıları için uç bölgelerdeki amino asitlerin merkezi bölgelerdeki amino asitlere göre daha yüksek değerlere sahip olması beklenen bir durum olup, bu davranış genellikle uç bölgelerdeki amino asitlerin merkezi bölgelerdeki amino asitlere kıyasla daha fazla çözeltilmeye maruz kalmasına atfedilmektedir (Zheng ve ark., 2006). Burada, simülasyonlarda kullanılan tüm kuvvet alanları için ele alınan PreNAC ara yüzünün uç bölgelerinde konumlanan Gly47, Val48, Val55 ve Ala56 amino asitleri için elde edilen değerler bu genel davranış eğilimini destekleyen tutum sergilemektedir. Bu analizde dikkat çeken diğer bir nokta ise His50' nin tüm kuvvet alanları için, merkezi amino asit bölgesindeki en yüksek değerlere sahip amino asit olmasıdır. Bu uzun radikal gruba sahip ve hidrofilik amino asitin ele alınan PreNAC fibril ara yüz üzerinde su molekülleriyle kolay etkileşebilecek bir konumda bulunması gerçeği, ki bu durum Şekil 1' den de açıkça görülmektedir, bu amino asitin hidrofobik etkileşim kaynaklı konformasyonel değişime uğradığının bir işareti olabilir. Ayrıca His50 için elde edilen bu bulgu, ele alınan PreNAC fibril ara yüzünün omurga yapısı üzerindeki ilk bölgesel bozulmaların bu amino asit kaynaklı olabileceğinin bir göstergesi olabilir.

Ayrıca yukarıda bahsedilen çözeltilmeye maruz kalınmasından kaynaklı konformasyonel değişimlere açıklık getirebilmek için çözeltilmeye maruz kalan yüzey alanı (SASA, solvent accessible surface area) analizi gerçekleştirilmiş ve Şekil 6 da sergilenmiştir. Şekil



incelendiğinde, yukarıda bahsedilen uç bölge amino asitlerinin yüksek SASA değerlerine sahip olması hemen göze çarpmaktadır. Ayrıca His50 amino asidi tüm kuvvet alanları için PreNAC' ın en yüksek SASA değerine sahip amino asidi olup, buradaki sonuçlar bir önceki RMSF analizinde ki sezgisel beklentimizi çok güçlü bir şekilde desteklemektedir. Burada 53 nolu ailesel mutasyon amino asidi için elde edilen yüksek

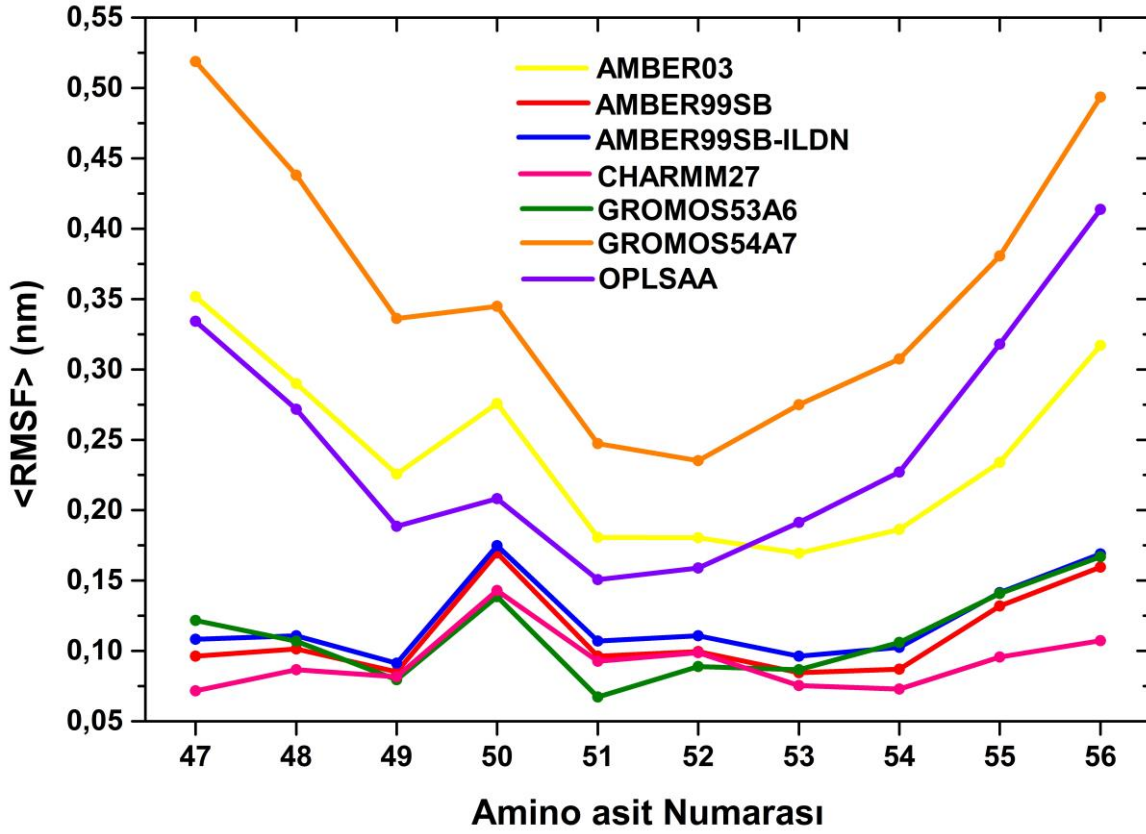
SASA değerleri ise dikkat çekici diğer bir nokta olmakla birlikte, bu bulgu bu amino asidin RMSF değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde çözelti etkisinin bu amino asit üzerinde önemli bir konformasyonel değişim yaratmadığını göstermektedir. Bu sonuç, belki de bu amino asit üzerinde birden fazla ailesel mutasyonun oluşmasının nedenin bir işareti olabilir.



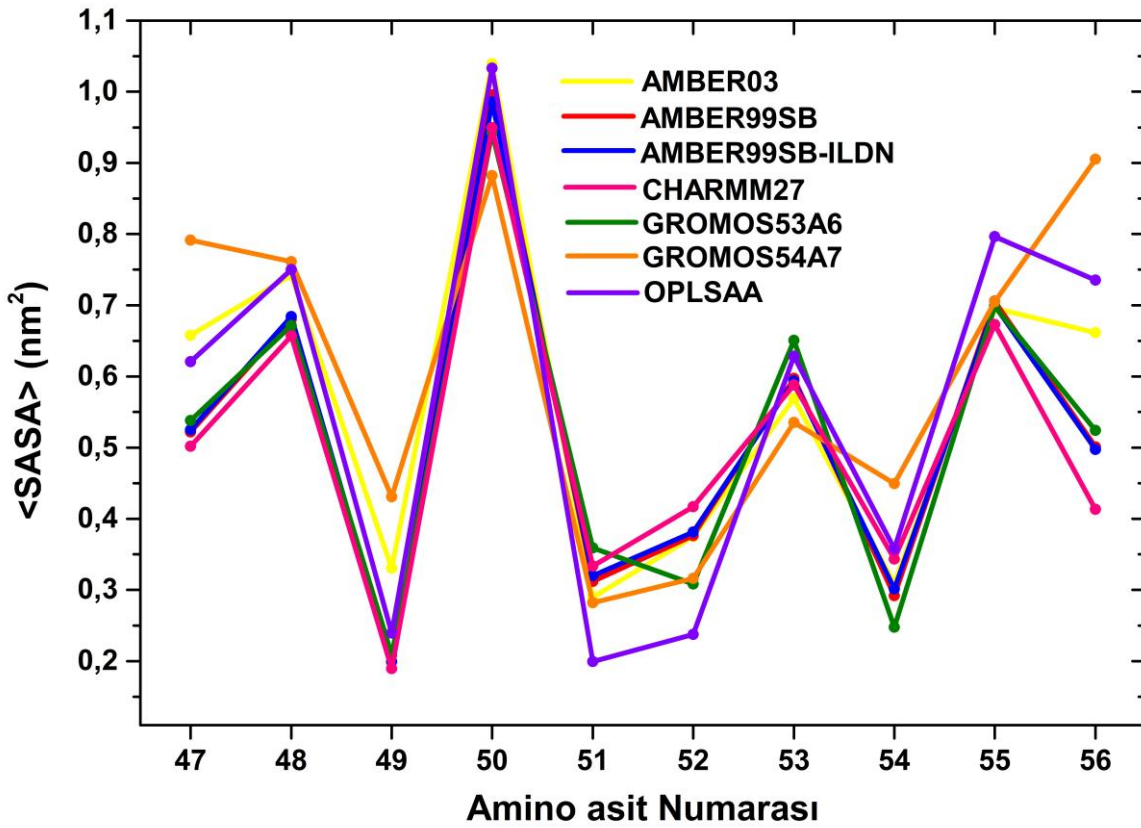
Şekil 4. İlgilenilen kuvvet alanlarının her bir simülasyonu için simülasyon sonundaki (100 ns) PreNAC ara yüzlerinin anlık görüntüleri. Burada; (A) AMBER03, (B) AMBER99SB, (C) AMBER99SB-ILN, (D) CHARM27, (E) GROMOS53A6 (F) GROMOS54A7 ve (G) OPLSAA kuvvet alanlarıdır

Figure 4. Final configurations for the PreNAC interface at the end of the (100 ns) MD simulations. In here; (A) AMBER03, (B) AMBER99SB, (C) AMBER99SB-ILN, (D) CHARM27, (E) GROMOS53A6 (F) GROMOS54A7 and (G) OPLSAA force fields





Şekil 5. PreNAC' in her bir amino asidi için simülasyonlar boyunca RMSF değerlerinin ortalama değişimleri  
Figure 5. Average RMSF values per amino acid for PreNAC



Şekil 6. PreNAC' in her bir amino asidinin simülasyonlar boyunca SASA değerlerinin ortalama değişimleri  
Figure 5. Average SASA values per amino acid for PreNAC

Son olarak, ele alınan PreNAC ara yüzün iki yaprak tabakasının birbirine bağlanma serbest enerji değerleri hesaplanmıştır ve bu sayede hem ara yüzün konformasyonel kararlılığı hem de bu kararlılıktaki baskın etkileşim tipleri hakkında bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. Hesaplamalar MM-PBSA yaklaşımı kullanılarak yapılmıştır. Bu yaklaşım, genellikle deneysel verilerle iyi bir korelasyon sergiler ve hızlı bir şekilde bağlanma serbest enerjisini hesaplamaya izin verir. Bundan dolayı, bu yaklaşım fibril yapılarının moleküller arası etkileşimleri araştırmak için sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (Berhanu ve Masunov, 2012). Hesaplamalar sonucunda elde edilen PreNAC ara yüzün yaprakları arasındaki bağlanma enerjisi değerleri ve bu değerlere enerji tiplerinin katkıları Çizelge 1 de listelenmiştir. Buradaki negatif değerler bağlanma enerjisine olumlu katkılara karşılık gelirken pozitif değerler olumsuz enerji katkılarında karşılık gelmektedir. Buna göre tüm hesaplamalar için

$\Delta E^{ps}$  ile gösterilen polar solvasyon enerji katkıları dışında, diğer tüm enerji tipi katkıları tabakaların birbirine bağlanmasına olumlu enerji katkısında bulunduğu gözlemlenmektedir. Burada  $\Delta E^{vdw}$  (van der Waals) ve  $\Delta E^{ele}$  (elektrostatik) etkileşimlerin enerji katkıları toplam moleküler mekanik enerjiyi oluşturmaktadır. Moleküler mekanik enerji terimlerinden tüm hesaplamalar için elektrostatik etkileşimlerin oldukça baskın olduğu tablodan açıkça gözlemlenmektedir. Ayrıca hesaplamalardaki  $\Delta E^{sasa}$  polar olmayan solvasyon enerji katkıları olup, moleküler mekanik enerji tipleri kadar olmasa da arayüz kararlılığı için olumlu katkılar sağladığı gözlemlenmektedir. Ayrıca, literatürdeki farklı fibril bölütleri için gerçekleştirilen çalışmalar için de benzer bağlanma enerjisi katkı dağılımları gözlemlenmiştir (Alıcı 2020; Berhanu ve Hansmann, 2012; Berhanu ve Masunov, 2012).

Çizelge 1. PreNAC ara yüzün yaprakları arasındaki serbest bağlanma enerjisi değerleri ve bu değerlere enerji tiplerinin katkıları

Table 1. The binding free energy values and its components (kJ/mol) between sheets for PreNAC interface

Sistem <i>System</i>	Simülasyon <i>Simulation</i>	Enerji (kJ mol <sup>-1</sup> ) ( <i>Energy (kJ mol<sup>-1</sup>)</i> )					E <sub>bağlanma</sub> <i>E<sub>binding</sub></i>
		$\Delta E^{vdw}$	$\Delta E^{ele}$	$\Delta E^{ps}$	$\Delta E^{sasa}$		
AMBER03	1	-375.0±1.4	-3000.3±9.7	2356.7±9.6	-51.4±0.1	-1068.9±2.9	
	2	-368.6±1.2	-3505.4±9.6	2730.8±9.5	-51.4±0.1	-1194.3±2.9	
	3	-380.9±1.1	-3391.1±8.7	2713.3±8.0	-56.0±0.1	-1114.7±3.9	
	ortalama	-374.8	-3298.9	2600.3	-52.9	-1126.0	
AMBER99SB	1	-422.8±1.1	-3654.6±5.8	2941.0±6.2	-54.0±0.1	-1190.2±2.4	
	2	-431.1±1.1	-3701.2±5.2	2975.8±5.6	-55.1±0.1	-1211.7±2.2	
	3	-423.7±1.1	-3702.0±5.2	2995.5±5.0	-54.6±0.1	-1184.6±2.6	
	ortalama	-425.9	-3685.9	2970.8	-54.67	-1195.5	
AMBER99SB-ILDN	1	-420.9±1.0	-3743.8±4.9	3001.7±5.4	-55.1±0.1	-1217.9±2.2	
	2	-432.7±1.1	-3661.5±6.0	2970.7±5.6	-55.6±0.1	-1178.7±2.9	
	3	-421.1±1.1	-3620.9±7.9	2895.1±7.3	-53.9±0.1	-1201.3±3.0	
	ortalama	-424.9	-3675.4	2955.9	-54.9	-1199.3	
CHARMM27	1	-220.1±1.2	-4369.1±4.9	3525.5±5.1	-52.1±0.1	-1115.7±2.2	
	2	-220.2±1.2	-4397.7±4.9	3540.2±5.0	-52.1±0.1	-1130.0±2.2	
	3	-219.2±1.2	-4396.1±4.8	3533.1±4.9	-51.2±0.1	-1133.1±2.2	
	ortalama	-219.8	-4387.6	3533.0	-51.8	-1126.3	
GROMOS53A6	1	-342.4±1.1	-3915.6±6.2	3000.2±6.6	-53.2±0.1	-1311.3±2.9	
	2	-353.1±1.2	-3889.4±7.9	2996.7±6.9	-53.4±0.1	-1289.9±3.5	
	3	-367.7±1.2	-3963.6±4.8	3019.8±4.9	-53.9±0.1	-1365.4±2.2	
	ortalama	-354.4	-3922.9	3005.6	-53.5	-1325.2	
GROMOS54A7	1	-388.2±1.2	-1656.6±9.3	1375.0±8.6	-53.6±0.1	-723.7±5.8	
	2	-441.3±1.7	-2025.6±9.6	1597.4±8.9	-60.6±0.2	-930.3±5.0	
	3	-419.1±2.0	-1697.6±9.9	1430.8±9.0	-56.7±0.2	-741.6±8.8	
	ortalama	-416.2	-1793.3	1467.7	-57.0	-798.5	
OPLSA	1	-406.5±1.6	-2560.4±9.6	2021.7±8.6	-62.1±0.1	-1006.9±7.0	
	2	-434.2±1.4	-2940.3±9.4	2158.4±8.2	-61.7±0.1	-1277.7±3.4	
	3	-407.7±1.7	-2995.4±9.9	2259.5±8.9	-62.7±0.2	-1260.2±6.1	
	ortalama	-416.1	-2832.0	2146.6	-62.1	-1163.6	

$E^{vdw}$ ; van der Waals enerji,  $E^{ele}$ ; elektrostatik enerji,  $E^{ps}$ ; polar solvasyon enerji,  $E^{sasa}$ ; polar olmayan solvasyon enerji katkıları ve  $E^{bağlanma}$ ; serbest bağlanma serbest enerjisi.

## SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre; ele alınan PreNAC arayüz üzerine yapılması muhtemel gelecek MD simülasyon çalışmaları için başta CHARMM27 ve GROMOS53A6 olmak üzere AMBER99SB ve AMBER99SB-ILDN kuvvet alanlarının ele alınmasının uygun olacağı tespit edilmiştir. Ayrıca ele alınan PreNAC arayüz için elde edilen konformasyonel özellikler hakkındaki önemli bulgular şunlardır. i) His50 amino asidi bulunduğu konum nedeniyle çözeltiye daha fazla maruz kalmasından kaynaklı olarak en fazla konformasyonel değişim gösteren amino asittir. ii) 53 nolu konumdaki amino asidin çözeltiye fazlaca maruz kalmasına rağmen yüksek konformasyonel kararlılık sergilemesi, bu amino asit pozisyonunda birden fazla ailesel mutasyonun meydana gelmesinin nedeni olabilir. iii) Hesaplanan tabakalar arası serbest bağlanma enerjisi analizine göre, tabakalar arası arayüz kararlılığı için baskın etkileşim tipinin elektrostatik etkileşimler olduğu gözlemlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2015-22794455-03 nolu Altyapı Projesi ile desteklenmiştir.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

Alicı H 2020. Structural Analyses and Force Fields Comparison for NACore (68–78) and SubNACore (69–77) Fibril Segments of Parkinson's Disease. *Journal of Molecular Modeling*, 26: 132.

Appel-Cresswell S, Vilarino-Guell C, Encarnacion M, Sherman H, Yu I, Shah B, Weir D, Thompson C, Szu-Tu C, Trinh J 2013. Alpha-Synuclein P. H50q, a Novel Pathogenic Mutation for Parkinson's Disease. *Movement Disorders*, 28 (6): 811-813.

Berendsen HJ, Postma JP, van Gunsteren WF, Hermans J 1981. Interaction Models for Water in Relation to Protein Hydration. In: *Intermolecular Forces*, Springer, Dordrecht, pp. 331-342.

Berhanu WM, Hansmann UH 2012. Side-Chain Hydrophobicity and the Stability of Aβ16–22 Aggregates. *Protein Science*, 21 (12): 1837-1848.

Berhanu WM, Masunov AE 2012. Unique Example of Amyloid Aggregates Stabilized by Main Chain H-Bond Instead of the Steric Zipper: Molecular

Dynamics Study of the Amyloidogenic Segment of Amylin Wild-Type and Mutants. *Journal of Molecular Modeling*, 18 (3): 891-903.

Best RB, Zhu X, Shim J, Lopes PE, Mittal J, Feig M, MacKerell AD Jr. 2012. Optimization of the Additive Charmm All-Atom Protein Force Field Targeting Improved Sampling of the Backbone  $\phi$ ,  $\Psi$  and Side-Chain X1 and X2 Dihedral Angles. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 8 (9): 3257-3273.

Bussi G, Donadio D, Parrinello M 2007. Canonical Sampling through Velocity Rescaling. *The Journal of Chemical Physics*, 126 (1): 014101.

Carballo-Pacheco M, Strodel B 2017. Comparison of Force Fields for Alzheimer's A: A Case Study for Intrinsically Disordered Proteins. *Protein Science*, 26 (2): 174-185.

Çınar E, Çakmaklı GY, Tel BC, 2019. Parkinson Hastalığında Nöroprotektif Tedaviler. *Turkish Journal of Neurology*, 25: 189-197.

Darden T, York D, Pedersen L 1993. Particle Mesh Ewald: An N·Log(N) Method for Ewald Sums in Large Systems. *The Journal of Chemical Physics*, 98 (12): 10089-10092.

De Lau LM, Breteler MMB, 2006. Epidemiology of Parkinson's Disease. *The Lancet Neurology*, 5 (6): 525-535.

DeLano WL 2002. The PyMOL Molecular Graphics System, <http://www.pymol.org>.

Demir K, Alicı H, Yaşar F 2018. Conformational Stability of the Tetrameric De Novo Designed Hexcoil-Ala Helical Bundle. *Chinese Journal of Physics*, 56(1): 46-57.

Duan Y, Wu C, Chowdhury S, Lee MC, Xiong G, Zhang W, Yang R, Cieplak P, Luo R, Lee T 2003. A Point-Charge Force Field for Molecular Mechanics Simulations of Proteins Based on Condensed-Phase Quantum Mechanical Calculations. *Journal of Computational Chemistry*, 24 (16): 1999-2012.

Glenner GG, Wong CW 1984. Alzheimer's Disease: Initial Report of the Purification and Characterization of a Novel Cerebrovascular Amyloid Protein. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 120 (3): 885-890.

Goedert M, Spillantini MG, Del Tredici K, Braak H 2013. 100 Years of Lewy Pathology. *Nature Reviews Neurology*, 9 (1): 13.

Hess B, Bekker H, Berendsen HJ, Fraaije JG 1997. Lincs: A Linear Constraint Solver for Molecular Simulations. *Journal of Computational Chemistry*, 18 (12): 1463-1472.

Hornak V, Abel R, Okur A, Strockbine B, Roitberg A, Simmerling C 2006. Comparison of Multiple Amber Force Fields and Development of Improved Protein Backbone Parameters. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 65 (3): 712-725.

Jorgensen WL, Chandrasekhar J, Madura JD, Impey

- RW, Klein ML 1983. Comparison of Simple Potential Functions for Simulating Liquid Water. *The Journal of Chemical Physics*, 79 (2): 926-935.
- Kaminski GA, Friesner RA, Tirado-Rives J, Jorgensen WL 2001. Evaluation and Reparametrization of the Opls-Aa Force Field for Proteins Via Comparison with Accurate Quantum Chemical Calculations on Peptides. *The Journal of Physical Chemistry B*, 105 (28): 6474-6487.
- Kumari R, Kumar R, Consortium OSDD, Lynn A 2014. G\_Mmpbsa a Gromacs Tool for High-Throughput Mm-Pbsa Calculations. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 54 (7): 1951-1962.
- Lang AE, Lozano AM 1998. Parkinson's Disease. *New England Journal of Medicine-Unbound Volume*, 339 (16): 1130-1143.
- Lesage S, Anheim M, Letournel F, Bousset L, Honoré A, Rozas N, Pieri L, Madiona K, Dürr A, Melki R 2013. G51d A-Synuclein Mutation Causes a Novel Parkinsonian-Pyramidal Syndrome. *Annals of Neurology*, 73 (4): 459-471.
- Lindorff-Larsen K, Piana S, Palmo K, Maragakis P, Klepeis JL, Dror RO, Shaw DE 2010. Improved Side-Chain Torsion Potentials for the Amber Ff99sb Protein Force Field. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 78 (8): 1950-1958.
- Lobanov MY, Bogatyreva NS, Galzitskaya OV 2008. Radius of Gyration as an Indicator of Protein Structure Compactness. *Molecular Biology*, 42 (4): 623-628.
- MacKerell Jr AD, Bashford D, Bellott M, Dunbrack Jr RL, Evanseck JD, Field MJ, Fischer S, Gao J, Guo H, Ha S 1998. All-Atom Empirical Potential for Molecular Modeling and Dynamics Studies of Proteins. *The Journal of Physical Chemistry B*, 102 (18): 3586-3616.
- Miyamoto S, Kollman PA 1992. Settle: An Analytical Version of the Shake and Rattle Algorithm for Rigid Water Models. *Journal of Computational Chemistry*, 13 (8): 952-962.
- Oostenbrink C, Villa A, Mark AE, Van Gunsteren WF 2004. A Biomolecular Force Field Based on the Free Enthalpy of Hydration and Solvation: The Gromos Force-Field Parameter Sets 53a5 and 53a6. *Journal of Computational Chemistry*, 25 (13): 1656-1676.
- Parrinello M, Rahman A 1981. Polymorphic Transitions in Single Crystals: A New Molecular Dynamics Method. *Journal of Applied Physics*, 52 (12): 7182-7190.
- Pasanen P, Myllykangas L, Siitonen M, Raunio A, Kaakkola S, Lyytinen J, Tienari PJ, Pöyhönen M, Paetau A 2014. A Novel A-Synuclein Mutation A53e Associated with Atypical Multiple System Atrophy and Parkinson's Disease-Type Pathology. *Neurobiology of Aging*, 35 (9): 2180-e1.
- Polymeropoulos MH, Lavedan C, Leroy E, Ide SE, Dehejia A, Dutra A, Pike B, Root H, Rubenstein, J Boyer R 1997. Mutation in the A-Synuclein Gene Identified in Families with Parkinson's Disease. *Science*, 276 (5321): 2045-2047.
- Pronk S, Páll S, Schulz R, Larsson P, Bjelkmar P, Apostolov R, Shirts MR, Smith JC, Kasson PM, van der Spoel D 2013. Gromacs 4.5: A High-Throughput and Highly Parallel Open Source Molecular Simulation Toolkit. *Bioinformatics*, 29 (7): 845-854.
- Rodriguez JA, Ivanova MI, Sawaya MR, Cascio D, Reyes FE, Shi D, Sangwan S, Guenther EL, Johnson LM, Zhang M 2015. Structure of the Toxic Core of A-Synuclein from Invisible Crystals. *Nature*, 525 (7570): 486-490.
- Schmid N, Eichenberger AP, Choutko A, Riniker S, Winger M, Mark AE, van Gunsteren WF 2011. Definition and Testing of the Gromos Force-Field Versions 54a7 and 54b7. *European Biophysics Journal*, 40 (7): 843.
- Spillantini MG, Schmidt ML, Lee VM-Y, Trojanowski JQ, Jakes R, Goedert M 1997. A-Synuclein in Lewy Bodies. *Nature*, 388 (6645): 839-840.
- Ulmer TS, Bax A, Cole NB, Nussbaum RL 2005. Structure and Dynamics of Micelle-Bound Human A-Synuclein. *Journal of Biological Chemistry*, 280 (10): 9595-9603.
- Xi W, Vanderford EK, Hansmann UH, 2018 Out-of-Register Aβ42 Assemblies as Models for Neurotoxic Oligomers and Fibrils. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 14 (2): 1099-1110.
- Verlet L 1967. Computer "Experiments" on Classical Fluids. I. Thermodynamical Properties of Lennard-Jones Molecules. *Physical Review*, 159 (1): 98.
- Yoshino H, Hirano M, Stoessl AJ, Imamichi Y, Ikeda A, Li Y, Funayama M, Yamada I, Nakamura, YSossi V 2017. Homozygous Alpha-Synuclein P. A53v in Familial Parkinson's Disease. *Neurobiology of Aging*, 57: 248-e7.
- Yu, H, Yan Y, Zhang C, Dalby PA 2017. Two Strategies to Engineer Flexible Loops for Improved Enzyme Thermostability. *Scientific Reports*, 7: 41212.
- Zheng J, Ma B, Tsai C-J, Nussinov R 2006. Structural Stability and Dynamics of an Amyloid-Forming Peptide Gnnqqny from the Yeast Prion Sup-35. *Biophysical Journal*, 91 (3): 824-833.



## The Use of Fourier-Transform Infrared Spectroscopy to Determine Potential Starch-based Prebiotics

Rafiq GURBANOV<sup>1,2</sup>, Sinem TUNÇER<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Biology and Genetics, Bilecik Şeyh Edebali University, 11230, Bilecik, Turkey, <sup>2</sup>Biotechnology Application and Research Center, Bilecik Şeyh Edebali University, 11230, Bilecik, Turkey, <sup>3</sup>Vocational School of Health Services, Department of Medical Laboratory Techniques, Bilecik Şeyh Edebali University, 11230, Bilecik, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-5293-6447>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-8947-8646>

✉: [sinem.tuncer@bilecik.edu.tr](mailto:sinem.tuncer@bilecik.edu.tr)

### ABSTRACT

Probiotics play important roles in many crucial functions for maintaining the homeostasis of the host, such as protection against pathogens, immunity and metabolism of dietary compounds. Resistant starch (RS) is the starch or the starch products which cannot be digested through the body, but can be digested by the gut microbiota, producing a variety of metabolites which can provide a range of physiological benefits to the host. An RS can be classified as a prebiotic if it can selectively stimulate the growth and/or activity of the beneficial bacteria. To investigate the bacteria driven structural changes in the prebiotic tapioca starch, we used Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy. Principal Component Analysis (PCA) and intensity analyses of individual spectral bands exhibited comprehensive alterations in the polysaccharide composition of the tapioca starch incubated with the probiotic bacteria; the starch samples incubated with the bacteria gained a more amorphous structure with a decrease in the ordered structure. The results suggest that as a fast, cheap, and non-laborious method, FTIR spectroscopy coupled with PCA has a potential to be applied in the research area as well as in the food industry for the analysis of the potential prebiotic activity of starch-based substrates or the investigation of the probiotic potential of a bacterial strain through the examination of its RS hydrolyzing capacity.

### Research Article

#### Article History

Received : 25.05.2020

Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

ATR-FTIR

Probiotic

Prebiotic

Resistant starch

Tapioca

## Nişasta Bazlı Potansiyel Prebiyotiklerin Belirlenmesi için Fourier-Transform Kızılötesi Spektroskopisinin Kullanımı

### ÖZET

Probiyotikler, konağın homeostazını korumak için patojenlere karşı koruma, bağışıklık ve diyet bileşiklerinin metabolizması gibi birçok kritik işlevde önemli roller oynar. Dirençli nişasta (DN), vücutta sindirilemeyen ancak bağırsak mikrobiyotası tarafından sindirilebilerek, konakçıya çeşitli fizyolojik faydalar sağlayabilen bir grup metabolit üreten nişasta veya nişasta ürünüdür. Bir DN, faydalı bakterilerin büyümesini ve/veya aktivitesini seçici olarak uyarabiliyorsa prebiyotik olarak sınıflandırılabilir. Prebiyotik tapyoka nişastasındaki bakteri kaynaklı yapısal değişiklikleri araştırmak için Zayıflatılmış Toplam Yansıma-Fourier Dönüşümü Kızılötesi (ATR-FTIR) spektroskopisini kullandık. Tekil spektral bantların Temel Bileşen Analizi (PCA) ve yoğunluk analizleri, probiyotik bakteri ile inkübe edilen tapyoka nişastasının polisakkarit bileşiminde kapsamlı değişiklikler meydana geldiğini göstermiştir; bakteriler ile inkübe edilen nişasta numuneleri, düzenli yapıda bir azalma ile birlikte daha amorf bir yapı kazanmıştır. Bu sonuçlar hızlı, ucuz ve zahmetsiz bir yöntem olarak, PCA ile birleştirilmiş FTIR spektroskopisinin, nişasta bazlı substratların potansiyel prebiyotik aktivitesinin analizi veya bir bakteri suşunun prebiyotik potansiyelinin RS hidrolizleme kapasitesine bakılarak incelenmesi

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 25.05.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

ATR-FTIR

Probiyotik

Prebiyotik

Dirençli nişasta

Tapyoka

amacı ile araştırma alanında ve gıda endüstrisinde uygulama potansiyeline sahip olduğunu önermektedir.

**To Cite :** Gurbanov R, Tunçer S, 2021. The Use of Fourier-Transform Infrared Spectroscopy to Determine Potential Starch-based Prebiotics. KSU J. Agric Nat 24 (1): 22-30. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.742250>.

## INTRODUCTION

Carbohydrates can be roughly categorized into three large classes based on the number of structural units. Those are monosaccharides, oligosaccharides, and polysaccharides. Polysaccharides containing a single type of monosaccharide units are called homopolysaccharides. Some homopolysaccharides, like cellulose and chitin, have structural functions and some of them, such as starch and glycogen, are used mainly for energy storage (Li et al. 2018).

Starch, contains two types of D-glucose polymers amylose and amylopectin, is one of the most abundant carbohydrates in nature. In plants, starch is stored in leaves, tubers, seeds, stems, roots and some fruits, and it constitutes the principal carbohydrate in the human diet (Cummings and Stephen 2007; Navarro et al. 2019). Resistant starch (RS) is attributed to dietary starch and starch degradation products which cannot be digested in the small intestine but digested through microbial fermentation in the large intestine (Giuberti and Gallo 2020). RS is classified into five subtypes, RS1 to RS5 (Birt et al. 2013). RS1 type starch is physically inaccessible to digestion since it is locked within cell walls and food matrixes. RS2 represents native or uncooked starch which cannot be digested because of the ungelatinized crystalline structure of the granule. RS3, also called retrograded starch or crystalline non-granular starch, resists digestion because it is rapidly cooled after gelatinization by heating (Birt et al. 2013; Kasote et al. 2018; Ma and Boye 2018; Navarro et al. 2019). As a consequence of retrogradation, more thermostable structures are formed by amylose rather than amylopectin (Ogbo and Okafor 2015). RS3 is found in cooked and cooled starchy foods (Birt et al. 2013). RS4 refers to chemically modified or repolymerized RS in which the digestibility reduced by chemical modifications (Stewart and Zimmer 2017). RS5 forms when amylose and long branch chains of amylopectin make single-helical complexes with fatty acids and fatty alcohols; therefore, cleavage of starch by amylase is prevented and swelling of starch granules and enzyme hydrolysis is restricted since the amylose-lipid complex entangles amylopectin molecules (Birt et al. 2013). Among these RS types, RS3 collects particular interest in the food industry because it can preserve its nutritional functionality and thermal stability during cooking (Ratnayake and Jackson 2008).

Prebiotics are defined as “non-digestible food ingredients that beneficially affect the host by selectively stimulating the growth and/or activity of one or a limited number of bacteria that can improve

the host health.” Both probiotics and prebiotics have been included as bioactive and functional ingredients in foods because of their health benefits (Saulnier et al. 2009). RS has been gaining attention as a prebiotic (Zaman and Sarbini 2016). Several potential health benefits attributed to RS including but not limited to attenuation of blood glucose and insulin levels in both healthy and diabetic individuals, positive effects on large bowel health along with anti-cancer properties (Al-Tamimi et al. 2010; Alfa et al. 2017; Giuberti and Gallo 2020). RS has been also reported to stimulate the growth of probiotic bacterial species in the gut and modulate gut immune function and microbiota activity by decreasing the concentration of secondary bile acids, ammonia and phenol content, and enhancing the production of short-chain fatty acids (SCFAs) that can provide a range of physiological benefits. Additionally, RS was shown to promote the absorption of zinc, calcium, and magnesium ions and reduce the intestinal pH (Ma and Boye 2018).

Conventional probiotics mostly have intestinal origin such as lactobacilli and bifidobacteria offering relief for gastrointestinal tract related maladies. On the other hand, oral microbiota appears as an important concept since some of the human diseases can be linked either directly or indirectly to the composition of oral microbiota (Hale et al. 2012). For instance, oral bacteria have been implicated in cystic fibrosis, ventilator-assisted pneumonia, hepatic or brain abscesses, endocarditis, and digestive cancers including primary pancreatic adenocarcinoma. Besides, dementia and other mentally impaired diseases were found to be linked with periodontitis that is caused by oral pathogen bacteria. Recently, dysbiosis of colonic microbiota was also suggested to be affected by oral bacteria (Koliarakis et al. 2019) pointing out that oral-colon interaction should be studied in detail, especially for the evaluation of oral bacteria-mediated systemic inflammatory responses. Therefore, the development of functional products capable of fostering a healthy oral microbiota is a special area of interest (Wescombe et al. 2012; Gurbanov and Yıldız 2017). *S. salivarius* M18, also known as Mia or DSM 14685 (Burton et al. 2013), is a bacterial probiotic derived from the oral cavity and designed to be used for oral and dental health (Hale et al. 2012). In 2019, the U.S. Food and Drug Administration (FDA) granted *S. salivarius* M18 as Generally Recognized as Safe (GRAS; Notice No. 807) to be used in foods. Being a Gram-positive, facultative anaerobic bacteria, *S. salivarius* colonizes oral cavity, paranasal sinuses, as well as gastrointestinal and

genitourinary tracts (Cebeci et al. 2015). Several types of nose, mouth, and throat pathogens have been shown to be inhibited by the probiotic *S. salivarius* M18 (Wescombe et al. 2012; Burton et al. 2013; Di Pierro et al. 2015; Poorni et al. 2019). We have also shown that *S. salivarius* M18 was capable of impairing the pathogenic activities of *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumonia* (Tunçer and Karaçam 2020), two common species causing major health-care-associated infections, particularly pneumonia and sepsis (Riquelme et al. 2018). In this manuscript, taking advantage of spectroscopic analysis techniques, we aimed to establish a novel approach and a new method to determine the RS utilization property of the probiotic bacteria *S. salivarius* M18, through monitoring the structural changes that occurred in the tapioca, a prebiotic starch (Wronkowska et al. 2008; Arshad et al. 2018) extracted from the roots of the cassava plant (*Manihot esculenta* Crantz) (Pereira and Leonel 2014). For this purpose, the changes in the amount of ordered/crystalline to amorphous domains in tapioca starch (TS) via the analysis of infrared (IR) spectral bands before and after incubation with *Streptococcus salivarius* M18 were evaluated.

For the determination of the prebiotic property of a substrate, several *in vitro* and *in vivo* methods were reported (Parkar et al. 2010; Rodríguez-Cabezas et al. 2010; Erickson et al. 2018). The quantitative analysis of prebiotic fermentation products such as SCFAs and monitoring the quantitative changes in the bacterial species are the most commonly used approaches for the evaluation of the prebiotic potential of a novel substrate (Vulevic et al. 2004; Mandalari et al. 2007). Even though these analysis methods can offer detailed information about the host's biological response to the prebiotics, the required methodologies aiming to investigate the biological changes are laborious, expensive, and time-consuming. Here we suggest that Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR), which is a rapid, non-laborious, and low-cost technique, has a potential to be used for the examination of the prebiotic property of a starch and quick screening of the RS sources for prebiotic activities by monitoring the bacteria driven changes in main-spectral bands associated with the characteristic functional groups in polysaccharides.

## MATERIALS and METHOD

### Materials

*Streptococcus salivarius* M18 (Blis Technologies, New Zealand) was cultured in reformulated Tryptic Soy Broth (TSB) medium composed of 17 g L<sup>-1</sup> casein peptone (Merck, Germany), 2.5 g L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (Merck), 2.5 g L<sup>-1</sup> D-glucose (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA), 5 g L<sup>-1</sup> NaCl (Sigma-Aldrich) and 3 g L<sup>-1</sup> yeast extract (Condalab, Spain).

### Culturing the Bacteria with Tapioca Starch

Bacterial growth medium was supplemented with 0.5% (w/v) or 1.0% (w/v) TS before autoclaving at 121°C for 20 min. For inoculation, optical density (OD) of an overnight culture of *S. salivarius* M18 at 600 nm was adjusted to 0.1. Since *S. salivarius* is a facultative anaerobe (Cebeci et al. 2015), the bacteria (8x10<sup>8</sup> colony forming unit-CFU mL<sup>-1</sup>) inoculated into screw cap conical bottom falcon tubes (15 mL volume) filled (95%) with the bacterial growth medium containing TS and sealed with paraffin film to support fermentation, as described before (Gurbanov et al. 2020). The bacteria were grown for 24 h at 37°C using a shaking incubator (160 rpm). The bacterial growth medium containing 0.5% or 1.0% TS, which has not been inoculated with bacteria, but prepared and incubated under the same conditions, was used as a control to assess the structural changes in the starch in the presence of the probiotic bacteria *S. salivarius* M18.

### Determination of Colony Forming Units (CFUs)

Representing the number of live *S. salivarius* M18 incubated with or without 1.0% TS, CFUs were counted. For this, the bacteria were grown in the presence or absence of 1.0% TS for 24 h as described above. Followed by 24 h of incubation, 100 µl of the bacterial culture was diluted in the growth medium (10<sup>-1</sup>-10<sup>-7</sup>) and spread on the modified Tryptic Soy Agar (TSA) plates composed of 17 g Lt<sup>-1</sup> casein peptone (Merck), 5 g Lt<sup>-1</sup> NaCl (Sigma-Aldrich), 3 g Lt<sup>-1</sup> yeast extract (Condalab) and 1.5% (w/v) agar (Liofilchem, Italy). The Petri dishes were incubated at 37°C for 24 hours and CFUs (on a plate having 30-300 colonies) were counted (Thomas et al. 2015). Three independent replicates were used to obtain mean CFU mL<sup>-1</sup>.

### Sample Collection for ATR-FTIR Spectroscopy Studies

At the end of 24 h incubation, the bacteria cultured in the bacterial growth medium containing TS (0.5% or 1.0%) and the growth medium containing TS (0.5% or 1.0%) without bacteria (control groups) were centrifuged at 100xg to precipitate the starch gels. The gelatinized starch was washed in Phosphate Buffered Saline (PBS; Biological Industries, Israel) and the PBS was removed through centrifugation at 100xg.

### ATR-FTIR Spectroscopy

The spectra of all TS samples were collected using a universal ATR Miracle accessory equipped Frontier FTIR Spectrometer (PerkinElmer, US). The spectrum of air was used as a reference. During the data collection, equal amounts of samples were applied on a ZnSe crystal plate (PerkinElmer, US). The samples were scanned with a resolution of 4 cm<sup>-1</sup>, in the spectral range between 4000 to 650 cm<sup>-1</sup> at room temperature. The spectra were collected as an average



of 32 scans. PBS spectrum was also collected ensuring equivalent circumstances and then were excluded from each sample's spectrum. The taken difference (D) spectra (sample spectrum minus PBS) was used in every single analysis (Gurbanov et al. 2018).

### Spectral Data Pre-processing and Analysis

The spectral data were further preprocessed by first taking its second derivative followed by vector-normalization with 9 smoothing points in the polysaccharide (1200-800  $\text{cm}^{-1}$ ) (C'erna' et al. 2003) region using OPUS 5.5 software (Bruker, US). Subsequently, the absolute intensities of spectral bands were quantified from these spectra by peak picking method via OPUS 5.5 software (Bruker, US) as previously described (Gurbanov et al. 2019).

### Principal Component Analysis (PCA)

Initially, the spectral data matrix was transformed using Gaussian filter with 19 segment sizes. Subsequently, PCA was performed to the mean-centered matrix in the polysaccharide (1200-800  $\text{cm}^{-1}$ ) region via The Unscrambler X 10.4 (Camo, NO) software. Full Cross Validation method, Singular Value Decomposition (SVD) algorithm, and Hotelling's T2 statistics were applied to the model, and the results were shown as scores and loadings plots (Gurbanov et al. 2019; Tunçer and Gurbanov, 2020).

### Statistical Analysis

The results were presented as mean  $\pm$  standard error of the mean (mean  $\pm$  SEM). t-test was applied to compare two groups (\* $p \leq 0.05$ , \*\* $p \leq 0.01$ , \*\*\* $p \leq 0.001$ , \*\*\*\* $p \leq 0.0001$ ) using GraphPad Prism 6.01 (GraphPad, La Jolla, California, USA).

## RESULTS and DISCUSSION

### Tapioca Starch Exerts a Prebiotic Effect on the M18 Strain of *S. salivarius*

It is known that the food processing steps influence the proportion of RS in a starch. For instance, cooking or ripening decreases the quantity of RS in raw or immature fruits or vegetables such as green bananas and potatoes (DeVries 2004). RS amount in cassava was also presented to vary depending on the applied processes for obtaining products of cassava (Pereira and Leonel 2014). Kasote et al. were showed that autoclaving increases the RS3 content of the tapioca pearls (Kasote et al. 2018). Therefore, as a part of the experimental design of this study, TS was autoclaved for 20 min at 121°C not only for sterilization but also for enhancing the RS proportion before using it as an RS source for the investigation of the prebiotic activity. Since the beneficial doses of probiotics are measured based on the live cell counts (Hill et al. 2014; Dinkçi et al. 2019), the property of enhancing the growth of a

probiotic bacteria is an important phenomenon to evaluate the prebiotic activity of a substrate (Arshad et al. 2018; Önal Darilmaz et al. 2019). We found that after 24 h incubation, the live cell counts for *S. salivarius* M18 grown in the growth medium which has not been supplemented with TS were  $0.12 \times 10^6$  CFU  $\text{mL}^{-1}$  while incubation with 1.0% TS enhanced the count to  $1.32 \times 10^6$  CFU  $\text{mL}^{-1}$ . Therefore, in agreement with the previous findings and our recent wet-lab studies emphasizing the prebiotic potential of TS (Gurbanov et al. 2020), these results show that TS has a growth-promoting effect on the probiotic bacteria *S. salivarius* M18.

### IR Spectroscopy Indicates Notable Changes in the Structure of the Tapioca Starch Incubated with *S. salivarius* M18

To unveil the consumption of RS by *S. salivarius* M18, we focused on the analysis of polysaccharide marker bands at 1200-800  $\text{cm}^{-1}$  spectral region reflecting the structural properties of sugars. Figure 1 provides a PCA model developed on a dataset of 1200-800  $\text{cm}^{-1}$  (fingerprint, polysaccharide) IR spectral region. PCA is an unsupervised multivariate data analysis method which displays the similarities within the spectra by taking all the wavenumbers into account. The spectral patterns give information about the characteristic absorption bands based on the molecular similarities of the samples (Capron et al. 2007). To summarize, the PCA scores plot is usually utilized to categorize the samples. For instance, the samples having close scores along with the same PC (Principal Component), which is the eigenvector of the data matrix, are defined as "similar" for common characteristics (Escuderos et al. 2010). As can be seen in Figure 1, the relative scores plot for PC-1 and PC-2 showed clear discrimination of the samples according to the structural properties of sugars along with the first largest component (PC-1). The "only TS" groups (0.5% TS and 1.0% TS) in which TS has not been incubated with the bacteria and the TS groups (0.5% TS+SsM18 and 1.0% TS+SsM18) in which TS has been incubated with the probiotic bacteria *S. salivarius* M18 clearly discriminated from each other along with the 74% variance for PC-1 and 16% variance for PC-2. The "only TS" groups were completely clustered in the positive-bottom side of the plot while TS samples incubated with the probiotic bacteria were chiefly found in negative-top scores. The data shows that FTIR spectroscopy, coupled with the unsupervised pattern recognition technique PCA was able to distinguish TS samples incubated with the probiotic bacteria from the TS samples which have not been incubated with the bacteria (only TS groups as control) with very high PC scores as PC-1+PC-2=90%. This result indicates that significant changes occur in the structure of the TS incubated with the probiotic bacteria *S. salivarius* M18. Of note, "only bacteria"



group SsM18 (*S. salivarius* M18) was also analyzed to evaluate if there was any bacterial contamination in the starch samples. Apparently, the SsM18 group was

found to be located in negative-bottom scores of the PCA model excluding the bacterial cell contamination in the analyzed samples.

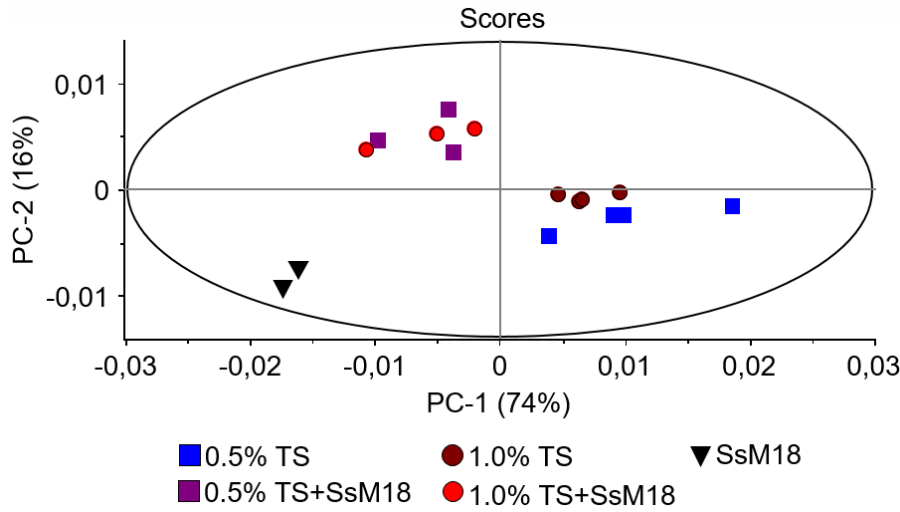


Figure 1. PCA scores plot of the TS samples. In the particular polysaccharide region (1200-800  $\text{cm}^{-1}$ ), PCAs were applied to the mean-centered and Gaussian filter-transformed spectra obtained from the TS samples either incubated with the probiotic bacteria *S. salivarius* M18 (0.5% TS+SsM18 and 1.0% TS+SsM18) or not (0.5% TS and 1.0% TS). The spectrum of bacteria alone (SsM18) was used for comparison.

Şekil 1. TS örneklerine ait PCA skor grafiği. PCA'lar bir probiyotik bakteri olan *S. salivarius* M18 ile inkübe edilmiş (0.5% TS+SsM18 and 1.0% TS+SsM18) ya da edilmemiş (0.5% TS and 1.0% TS) TS örnekleri için 1200-800  $\text{cm}^{-1}$  polisakkarit bölgesinde, ortalama merkezli ve Gauss filtresi ile transforme edilmiş absorbans spektrumlarına uygulanmıştır. Bakteri (SsM18) spektrumu karşılaştırma için kullanılmıştır.

In this study, we have obtained the main interpretation of RS utilization by the probiotic bacteria from the discriminators of the loadings plot (Figure 2A). On a particular PC, if the score of a sample and the loading of a variable (wavelength/wavenumber) have the same sign, this refers that the sample has higher than the average value for that variable and vice-versa. The larger the scores and loadings, the stronger that relation (Martin et al. 2014). For the analyzed samples, loadings plot revealed 7 positive discriminators detected

approximately at 1110  $\text{cm}^{-1}$ , 1080  $\text{cm}^{-1}$ , 1047  $\text{cm}^{-1}$ , 1032  $\text{cm}^{-1}$ , 995  $\text{cm}^{-1}$ , 980  $\text{cm}^{-1}$ , and 960  $\text{cm}^{-1}$  along PC-1 (Figure 2B). For these discriminators, we considered the correlation between the signs of scores and the signs of discriminators. For all TS groups where TS has not been incubated with the bacteria, the discriminators were found higher than the average (positive-to-positive pattern) while these discriminators were negatively correlated with bacteria-incubated TS groups (positive-to-negative pattern).

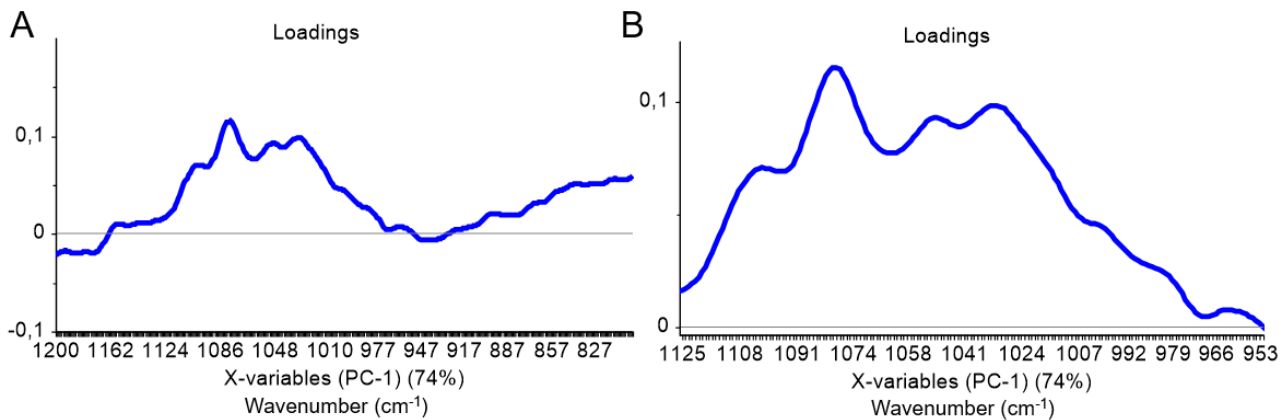


Figure 2. Loadings plot of PC-1 from the PCA model. (A) PC-1 loadings plot in 1200-800  $\text{cm}^{-1}$  spectral region. (B) PC-1 loading plot in the 1125-953  $\text{cm}^{-1}$  spectral region.

Şekil 2. PCA modelinden PC-1 yükleme grafiği. 1200-800  $\text{cm}^{-1}$  spektral bölgede (A) PC-1 yükleme grafiği. (B) 1125-953  $\text{cm}^{-1}$  spektral bölgedeki PC-1 yükleme grafiği.

### IR Band Intensity Variations Suggest for the Metabolization of Starch by *S. salivarius* M18

Since the loadings of the PC-1 indicated the spectroscopic origin of the discrimination, we analyzed the second derivative spectra at 1200-800 cm<sup>-1</sup> region

for more precise quantification of the changes in the RS content of TS either incubated with bacteria (0.5% TS+SsM18 and 1.0% TS+SsM18) or not (0.5% TS and 1.0% TS). The spectra given in Figure 3 show the unique patterns for all the analyzed samples.

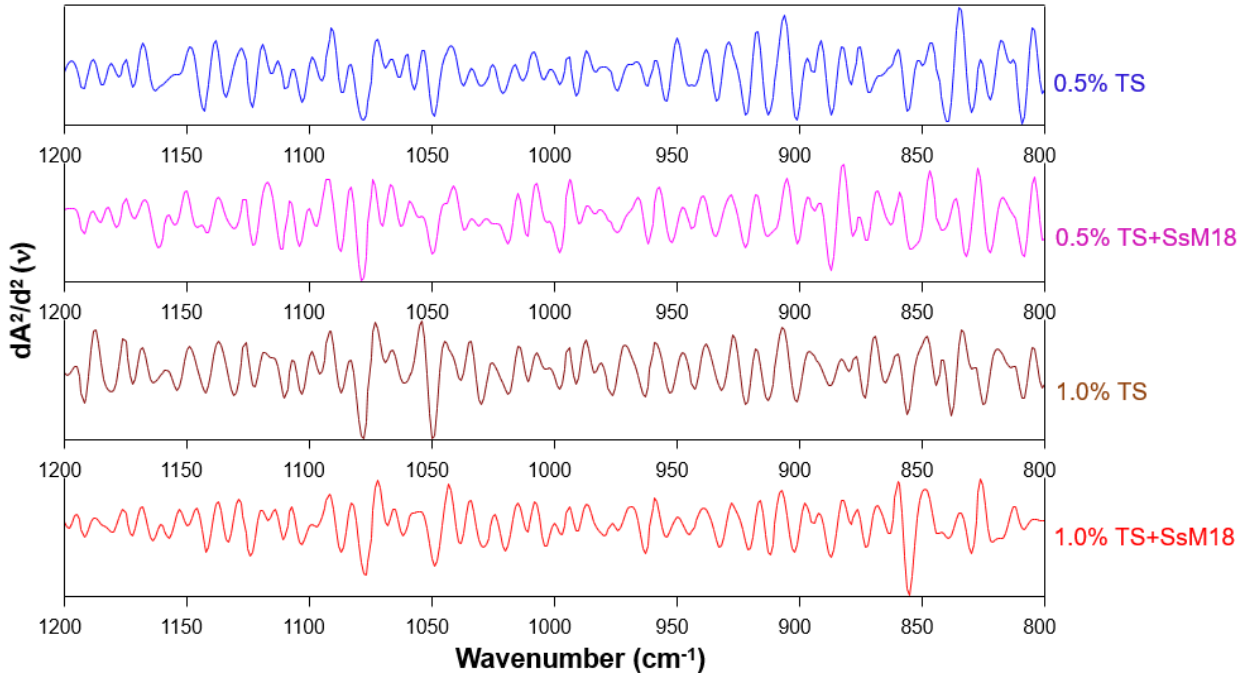


Figure 3. The representative second derivative and vector-normalized IR spectra of TS samples. The IR spectra of the TS samples were shown in the 1200-800 cm<sup>-1</sup> spectral region.

Şekil 3. TS numunelerinin temsili ikinci türevi ve vektör normalize edilmiş IR spektrumları. TS numunelerinin IR spektrumları 1200-800 cm<sup>-1</sup> spektral bölgesinde gösterilmiştir.

The IR spectral band at 1047 cm<sup>-1</sup> is known to be sensitive to the amount of ordered/crystalline starch while amorphous starch is characterized by a band around 1022 cm<sup>-1</sup>. Therefore, the 1047 cm<sup>-1</sup>/1022 cm<sup>-1</sup> intensity ratio displays the amount of ordered starch to amorphous starch (van Soest et al. 1995; Capron et al. 2007). Though the higher ratio of 1047 cm<sup>-1</sup>/1022 cm<sup>-1</sup> has been defined to indicate the higher relative crystallinity, the lower ratio of 1022 cm<sup>-1</sup>/995 cm<sup>-1</sup> has been assigned to the higher molecular order of double helices of starch granules where the band at 995 cm<sup>-1</sup> is associated with the ordered structure of starch (Zhang et al. 2014; Wang et al. 2015). Although we could not detect the band at 1022 cm<sup>-1</sup> from the loadings plot, we were able to obtain the band at 1022 cm<sup>-1</sup> along with 1047 cm<sup>-1</sup> and 995 cm<sup>-1</sup> bands from the second derivative spectra since the second derivative permits a more specific identification of small and

neighboring bands (Sanden et al. 2019). Table 1 shows the 1047 cm<sup>-1</sup>/1022 cm<sup>-1</sup> and 1022 cm<sup>-1</sup>/995 cm<sup>-1</sup> intensity ratios given as fold changes respect to corresponding control groups (0.5% TS or 1.0% TS). In the starch samples incubated with *S. salivarius* M18 (0.5% TS+SsM18 and 1.0% TS+SsM18), the decreased intensity ratio of 1047 cm<sup>-1</sup> to 1022 cm<sup>-1</sup> together with the increased intensity ratio of 1022 cm<sup>-1</sup> to 995 cm<sup>-1</sup> were found. In other words, the starch samples incubated with the bacteria gained a more amorphous structure with respect to the control counterparts which were not incubated with the probiotic bacteria. Thus, these results indicate that RS utilization ability of a probiotic bacteria can be detected through monitoring the changes in the starch structure by analyzing the variations in the specific IR band intensities.

Table 1. IR band intensity ratios (mean±SEM; sample size N=4) 1047 cm<sup>-1</sup>/1022 cm<sup>-1</sup> and 1022 cm<sup>-1</sup>/995 cm<sup>-1</sup>.

Çizelge 1. 1047 cm<sup>-1</sup>/1022 cm<sup>-1</sup> and 1022 cm<sup>-1</sup>/995 cm<sup>-1</sup> IR bant yoğunluk oranları (mean±SEM; örnek sayısı N=4).

TS sample	Intensity ratio 1047/1022 (cm <sup>-1</sup> )	Intensity ratio 1022/995 (cm <sup>-1</sup> )
0.5% TS	1.0	1.0
0.5% TS + SsM18	0.7229 ± 0.03966 ***	1.343 ± 0.06677 **
1.0% TS	1.0	1.0
1.0% TS + SsM18	0.6371 ± 0.06595 ***	1.863 ± 0.4089 *

## CONCLUSION

Depending on the growing demand for supplements along with rising consumer perception regarding the health benefits of the prebiotics, the market of RS from various starch sources is growing. Thus, investigation, screening, and characterization of novel RS sources from a variety of starch are important for the development of the prebiotic industry (Zaman and Sarbini 2016). Although there are several different approaches to assess the prebiotic potential of a starch, such as *in vitro* analysis of the bacterial growth rate in the presence of the potential prebiotic starch, stimulation of growth, metabolism, and activities of the certain probiotic bacteria species, and the using of animal models to study changes in the gut microbiota composition and pH, feces humidity, and SCFAs production. However, these methods are costly, time-consuming, and labor-intensive especially for RS source screening purposes (Aquino et al. 2017).

Not only in the research area, but also for the industry, the development of fast and cheap techniques that provide a large amount of information is of big interest. The data presented here suggest that as a novel approach, FTIR spectroscopy has a potential to be applied in the research area as well as in the food industry for the *in vitro* analysis of the potential prebiotic activity of starch-based substrates or for the *in vitro* investigation of the probiotic potential of a bacterial strain through the examination of its RS hydrolyzing capacity.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Bilecik Şeyh Edebali University, Scientific Research Fund (2019-02.BŞEÜ.01-05) to Sinem Tunçer and partially supported by the Scientific and Technological Research Council Of Turkey-TUBITAK 2209A grants 1919B011903173 (supervisor Sinem Tunçer) and 1919B011800090 (supervisor Rafig Gurbanov). The authors thank Prof. Dr. Fatih Yıldız (Middle East Technical University, Department of Food Engineering, Turkey) for kindly sharing the bacterial strain and Bilecik Şeyh Edebali University, Biotechnology Application and Research Center for the provision of the laboratory facilities.

## Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

## Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

## REFERENCES

Al-Tamimi EK, Seib PA, Snyder BS, Haub MD 2010. Consumption of cross-linked resistant starch

(RS4XL) on glucose and insulin responses in humans. *J Nutr Metab*, 651063.

Alfa MJ, Strang D, Tappia PS, Olson N, DeGagne P, Bray D, Murray BL, Hiebert, B 2018. A randomized placebo controlled clinical trial to determine the impact of digestion resistant starch MSPrebiotic® on glucose, insulin, and insulin resistance in elderly and mid-age adults. *Front Med*, 4: 260.

Aquino JS, Batista KS, Francisca Menezes NDD, Lins PP, Gomes JAS, Silva LA 2017. Models to Evaluate the Prebiotic Potential of Foods (Functional Food - Improve Health through Adequate Food, InTech Press, UK: Ed. Chávarri M) 235-256.

Arshad NH, Zaman SA, Rawi MH, Sarbini SR 2018. Resistant starch evaluation and *in vitro* fermentation of lemantak (native sago starch), for prebiotic assessment. *Int Food Res J*, 25(3): 951-957.

Birt DF, Boylston T, Hendrich S, Jane JL, Hollis J, Li L, McClelland J, Moore S, Phillips GJ, Rowling M, Schalinske K, Scott MP, Whitley EM 2013. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. *Adv Nutr*, 4(6): 587-601.

Burton JP, Drummond BK, Chilcott CN, Tagg JR, Thomson WM, Hale JDF, Wescombe PA 2013. Influence of the probiotic *Streptococcus salivarius* strain M18 on indices of dental health in children: A randomized double-blind, placebo-controlled trial. *J Med Microbiol*, 62: 875-884.

Capron I, Robert P, Colonna P, Brogly M, Planchot V 2007. Starch in rubbery and glassy states by FTIR spectroscopy. *Carbohydr Polym*, 68(2): 249-259.

Cebeci E, Samanci NS, Gursu M, Ozturk S, Pehlivanoglu F, Sumnu A, Karadag S, Kazancioglu R 2015. A Rare Case of Peritonitis: *Streptococcus Salivarius*. *BANTAO J*, 13(2): 95-96.

C`erna` M, Barrosb AS, Nunesb A, Rochab SM, Delgadillob I, C`opi`kova` J, Coimbrab MA 2003. Use of FT-IR spectroscopy as a tool for the analysis of polysaccharide food additives. *Carbohydrate Polymers*, 51(4): 383-389.

Cummings JH, Stephen AM 2007. Carbohydrate terminology and classification. *Eur J Clin Nutr*, 61: S5-S18.

DeVries JW 2004. Dietary fiber: The influence of definition on analysis and regulation. *J AOAC Int*, 87(3): 682-706.

Di Pierro F, Zanvit A, Nobili P, Risso P, Carlo Fornaini C 2015. Cariogram outcome after 90 days of oral treatment with *Streptococcus salivarius* M18 in children at high risk for dental caries: Results of a randomized, controlled study. *Clin Cosmet Investig Dent*, 7: 107-113.

Dinkçi N, Akdeniz V, Akalin AS 2019. Survival of probiotics in functional foods during shelf life. (Food Quality and Shelf Life, Academic Press, UK: Ed. Galanakis CM) 201-233.

- Erickson J, Carlson J, Stewart M, Slavin J 2018. Fermentability of Novel Type-4 Resistant Starches in In Vitro System. *Foods*, 7(2): 18.
- Escuderos ME, Sánchez S, Jiménez A 2010. Virgin olive oil sensory evaluation by an artificial olfactory system, based on Quartz Crystal Microbalance (QCM) sensors. *Sensors Actuators B Chem*, 147(1): 159-164.
- Giuberti G, Gallo A 2020. In vitro evaluation of fermentation characteristics of type 3 resistant starch. *Heliyon*, 6(1): e03145.
- Gurbanov R, Yıldız F 2017. Molecular Profile Of Oral Probiotic Bacteria To Be Used With Functional Foods. *J Food Health Sci*, 3(4): 117-131.
- Gurbanov R, S. Ozek N, Tunçer S, Severcan F, Gozen AG 2018. Aspects of silver tolerance in bacteria: infrared spectral changes and epigenetic clues. *J Biophotonics*, 11(5): e201700252.
- Gurbanov R, Tunçer S, Mingu S, Severcan F, Gozen AG 2019. Methylation, sugar puckering and Z-form status of DNA from a heavy metal-acclimated freshwater *Gordonia* sp. *J Photochem Photobiol B Biol*, 198: 111580.
- Gurbanov R, Karadağ H, Karaçam S, Samgane G 2020. Tapioca Starch Modulates Cellular Events in Oral Probiotic *Streptococcus salivarius* Strains. *Probiotics & Antimicro. Prot.* <https://doi.org/10.1007/s12602-020-09678-z>
- Hale JD, Tagg JR, Wescombe PA 2012. BLIS-producing probiotics targeting the oral cavity. *Microbiol Aust*, 33(3): 103-105.
- Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PC, Sanders ME 2014. Expert consensus document: The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 11(8): 506–514.
- Kasote DM, Oak MD, Nilegaonkar SS, Agte VV 2018. Effect of soaking and autoclaving treatments on structure, properties and resistant starch (RS3) content of edible tapioca pearls. *Int Food Res J*, 25(1):1-8.
- Koliarakis I, Messaritakis I, Nikolouzakis TK, Hamilos G, Souglakos J, Tsiaoussis J 2019. Oral bacteria and intestinal dysbiosis in colorectal cancer. *Int J Mol Sci*, 20(17): 4146.
- Li Q, Niu Y, Xing P, Wang C 2018. Bioactive polysaccharides from natural resources including Chinese medicinal herbs on tissue repair. *Chinese Med*, 13:7.
- Ma Z, Boye JI 2018. Research advances on structural characterization of resistant starch and its structure-physiological function relationship: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 58(7):1059-1083.
- Mandalari G, Nueno Palop C, Tuohy K, Gibson GR, Bennett RN, Waldron KW, Bisignano G, Narbad A, Faulds CB 2007. In vitro evaluation of the prebiotic activity of a pectic oligosaccharide-rich extract enzymatically derived from bergamot peel. *Appl Microbiol Biotechnol*, 73(5):1173-1179.
- Martin MZ, Labbe N, Wagner RJ 2014. Applications of High Resolution Laser: Induced Breakdown Spectroscopy for Environmental and Biological Samples. *Springer Series in Optical Sciences*, 182:439-456.
- Navarro DMDL, Abelilla JJ, Stein HH 2019. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: A review. *J. Anim. Sci. Biotechnol*, 10:39.
- Ogbo FC, Okafor EN 2015. The resistant starch content of some cassava based Nigerian foods. *Niger Food J*, 33 (2015): 29-34.
- Önal Darılmaz D, Sönmez Ş, Beyatlı Y 2019. The effects of inulin as a prebiotic supplement and the synbiotic interactions of probiotics to improve oxalate degrading activity. *Int J Food Sci Technol*, 54(1): 121-131.
- Parkar SG, Redgate EL, Wibisono R, Luo X, Koh ETH, Schröderet R 2010. Gut health benefits of kiwifruit pectins: Comparison with commercial functional polysaccharides. *J Funct Foods*, 2 (3): 210-218.
- Pereira BLB, Leonel M 2014. Resistant starch in cassava products. *Food Sci Technol*, 34:298-302.
- Poorni S, Srinivasan M, Nivedhitha M 2019. Probiotic *Streptococcus* strains in caries prevention: A systematic review. *J. Conserv. Dent*, 22(2): 123-128.
- Ratnayake WS, Jackson DS 2008. Thermal Behavior of Resistant Starches RS 2, RS 3, and RS 4. *J Food Sci*, 73:C356-C366.
- Riquelme SA, Ahn D, Prince A 2018. *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae* Adaptation to Innate Immune Clearance Mechanisms in the Lung. *J. Innate Immun*, 10(5-6):442-454.
- Rodríguez-Cabezas ME, Camuesco D, Arribas B, Garrido-Mesa N, Comalada M, Bailón E, Cueto-Sola M, Utrilla P, Guerra-Hernández E, Pérez-Roca C, Gálvez J, Zarzuelo A 2010. The combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. *Clin Nutr*, 29(6):832-839.
- Sanden KW, Kohler A, Afseth NK, Böcker U, Rønning SB, Liland KH, Pedersen ME 2019. The use of Fourier-transform infrared spectroscopy to characterize connective tissue components in skeletal muscle of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *J Biophotonics*, 12(9):e201800436.
- Saulnier DMA, Spinler JK, Gibson GR, Versalovic J 2009. Mechanisms of Probiosis and Prebiosis: Considerations for Enhanced Functional Foods. *Curr Opin Biotechnol*, 20(2): 135-141.
- Stewart ML, Zimmer JP 2017. A high fiber cookie made with resistant starch type 4 reduces post-prandial glucose and insulin responses in healthy adults. *Nutrients*, 9(3):237.



- Thomas P, Sekhar AC, Upreti R, Mujawar MM, Pasha SS 2015. Optimization of single plate-serial dilution spotting (SP-SDS) with sample anchoring as an assured method for bacterial and yeast cfu enumeration and single colony isolation from diverse samples. *Biotechnol Rep (Amst)*, 8: 45-55.
- Tunçer S, Gurbanov G 2020. A novel approach for the discrimination of culture medium from Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF) overexpressing colorectal cancer cells. *Turkish Journal of Biochemistry*, 20200058, eISSN 1303-829X, ISSN 0250-4685, DOI: <https://doi.org/10.1515/tjb-2020-0058>.
- Tunçer S, Karaçam S 2020. Cell-free supernatant of *Streptococcus salivarius* M18 impairs the pathogenic properties of *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae*. *Arch Microbiol*, 202(10):2825-2840.
- van Soest JGG, Tournois H, de Wit D, Vliegenthart JFG 1995. Short-range structure in (partially) crystalline potato starch determined with attenuated total reflectance Fourier-transform IR spectroscopy. *Carbohydr Res*, 279: 201-214.
- Vulevic J, Rastall RA, Gibson GR 2004. Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides. *FEMS Microbiol Lett*, 236(1):153-159.
- Wang S, Wang J, Zhang W, Li C, Yu J, Wang S 2015. Molecular order and functional properties of starches from three waxy wheat varieties grown in China. *Food Chem*, 181:43-50.
- Wescombe PA, Hale JD, Heng NC, Tagg JR 2012. Developing oral probiotics from *Streptococcus salivarius*. *Future Microbiol*, 7(12):1355-1371.
- Wronkowska M, Soral-Śmietana M, Biedrzycka E 2008. Utilization of resistant starch of native tapioca, corn and waxy corn starches and their retrograded preparations by *Bifidobacterium*. *Int J Food Sci Nutr*, 59:80-87.
- Zaman SA, Sarbini SR 2016. The potential of resistant starch as a prebiotic. *Crit. Rev. Biotechnol*, 36(3):578-584.
- Zhang Y, Zeng H, Wang Y, Zeng S, Zheng B 2014. Structural characteristics and crystalline properties of lotus seed resistant starch and its prebiotic effects. *Food Chem*, 155:311-318.

## Benchmarking of the Effects of Salinity on Antioxidant Enzymes Activities, Lipid Peroxidation and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Levels in the Leaves of Two Zinnia Species

Sara YASEMİN<sup>1</sup>, Ayşin GÜZEL DEĞER<sup>2\*</sup>, Sertan ÇEVİK<sup>3</sup>, Nezihe KOKSAL<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Siirt, Turkey, <sup>2</sup>Mersin University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Food Processing, Mersin, Turkey, <sup>3</sup>Vocational School of Mut, Mersin University, Mersin, Turkey, <sup>4</sup>Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Adana, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-2193-6791>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-6336-1872>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1259-7863>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-5401-9730>,

✉: [agozel@mersin.edu.tr](mailto:agozel@mersin.edu.tr)

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate the effects of salinity, which is an important environmental problem, in the cultivation of ornamental plants (such as zinnia) and irrigation with high salt water, especially on the antioxidant defense mechanism. For this purpose, the two Zinnia species were irrigated by different concentrations of saline water (50, 100, 150, 200 mM NaCl); effects of salinity on superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione reductase (GR) lipid peroxidation (MDA) and hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in the leaves were determined. The results showed that salinity conspicuously increased SOD, CAT, GR, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA content at two Zinnia species compared to the control groups. It was found that SOD and CAT enzyme activities increased remarkably with 150 mM NaCl in both Zinnia species, but decreased with 200 mM NaCl. The highest GR enzyme activity was observed in 200mM salt concentration at *Zinnia marylandica* 'Double Zahara Fire Improved'. MDA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> levels were observed higher in *Zinnia elegans* 'Zinnita Scarlet'. To conclude; it may be said that these two Zinnia varieties can tolerate salt concentration up to 150 mM.

### Research Article

#### Article History

Received : 26.05.2020

Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

*Ornamental plants*

*Salt stress*

*Antioxidant defense*

*MDA*

## İki Zinnia Türünün Yapraklarında Tuzluluğun Antioksidan Enzim Aktiviteleri, Lipid Peroksidasyonu ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Düzeyleri Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

### ÖZET

Bu çalışmada, önemli bir çevresel sorun olan tuzluluğun, süs bitkilerinin (zinnia gibi) yetiştirilmesinde ve yüksek tuzlu su ile sulamada, özellikle antioksidan savunma mekanizması üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, iki Zinnia türü farklı konsantrasyonlarda tuzlu su (50, 100, 150, 200 mM NaCl) ile sulanmıştır; tuzluluğun yapraklardaki süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon redüktaz (GR) lipid peroksidasyonu (MDA) ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Sonuçlar, tuzluluğun iki Zinnia türünde SOD, CAT, GR, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve MDA içeriğini kontrol gruplarına kıyasla belirgin şekilde arttırdığını göstermiştir. SOD ve CAT enzim aktivitelerinin her iki Zinnia türünde 150 mM NaCl ile önemli ölçüde arttığı, ancak 200 mM NaCl ile azaldığı bulunmuştur. En yüksek GR enzim aktivitesi, *Zinnia marylandica* "Double Zahara Fire Improved" da 200mM tuz konsantrasyonunda gözlenmiştir. MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyeleri *Zinnia elegans* 'Zinnita Scarlet' da daha yüksek olarak gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, bu iki Zinnia çeşidinin 150 mM'a kadar tuz konsantrasyonunu tolere edebildiği söylenebilir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 26.05.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

*Süs bitkileri*

*Tuz stresi*

*Antioksidan savunma*

*MDA*

## INTRODUCTION

Quality water resources are used especially in the cultivation of agricultural products consumed as human food and these resources are decreasing daily. Therefore, it is necessary to irrigate ornamental and landscape plants with lower quality waters. Salinity in soil or water diminish the water uptake of the plants, so negatively affect the plant growth (Cassaniti et al., 2012). Salinity is one of the important abiotic stress factors that affect vital parameters such as growth, development, reproduction and crop yield in many plants (Läuchli and Grattan 2007; Waqas et al., 2019). Also, salinity affects the visual quality of ornamental plants that are as well of commercial value (Cassaniti et al. 2009; Koksal et al., 2016; Yasemin et al., 2017). In addition, it was reported that growth parameters were negatively affected in the case of salt stress in ornamental plants (Yasemin et al., 2017). So, it is important to determine salt tolerance mechanisms in ornamental plants. Zinnia, *Asteraceae* family, is cultivated worldwide for use as annual bedding plants and some of Zinnia could be used as cut flowers. Flower and leaf morphology, ray floret colors differ from each other. For this reason, these plants have a big interest for being used in gardens or landscaping (Stimart and Boyle, 2007). In particular, the determination of salinity defenses in such ornamental plants can be an important step for selection and use in these areas.

There are two basic questions to understand the impact of salt stress and how to deal with it. Firstly, which changes does the plant experience when it is exposed to salt stress? Second, what kinds of defense responses are given to these changes? Salinity is first detected by the root system and many signal paths are activated. Salinity primarily causes cell dehydration and a decrease in water potential in plants. Under salinity, nutrient imbalance and reduced water availability cause osmotic and ionic stress. After these effects, as in water shortage; it continues by reduced cellular and metabolic effects, closure of stomata, inhibition of photosynthesis, leaf fall, change in carbon distribution, production of reactive oxygen species (ROS) and cell death. Salinity stress also causes protein denaturation and the membranes to become unstable. As a result of all these, growth and development in plants decline (Munns 2005; Pang and Wang 2008; Acosta-Motos et al., 2017; Isayenkov and Maathuis, 2019).

Plants activate several complex mechanisms in the control of genes to deal with salt stress. And so, stomatal control, ion secretion, osmotic adjustment and antioxidant systems come into play (Munns 2005; Abogadallah, 2010). Abiotic stresses induce the formation of ROS ( $O_2^{\cdot-}$ ,  $H_2O_2$ ,  $\cdot OH$ ) in plants and oxidative damage occurs. Antioxidant enzymes and nonenzymatic compounds, which are antioxidant metabolism components, have an important role in

detoxifying ROS caused by salt stress (Hasanuzzaman et al., 2012; Gill et al., 2013; Gupta and Huang 2014; Parvin et al., 2019).

Increasing in the activities of the antioxidant defense system under environmental stresses is generally correlated with the stress tolerance of plants (Zandalinas et al., 2017; Laxa et al., 2019). SOD, CAT, ascorbate peroxidase (APX), monodehydroascorbate reductase (MDHAR), dehydroascorbate reductase (DHAR), GR, glutathione peroxidase (GPX), and glutathione S-transferase (GST) are key enzymes in the enzymatic system that regulate the content of ROS, such as  $H_2O_2$ ,  $O_2^{\cdot-}$  and OH radicals (Asada, 1999; Liang et al., 2018; Parvin et al., 2019). Also lipid peroxidation, identified as MDA concentration is one of the remarkable markers of oxidative damage during salinity stress (Hernandez et al., 2000; Khan and Panda, 2008).

Salt stress can reduce growth and biomass as a result of a nutritional imbalance in ornamental plants as in many other plant groups. Salinity conditions can alter water relationships and photosynthetic capacity in these plants. Antioxidant mechanisms as well can use counteract these negative effects (García-Caparrós and Lao, 2018). Since the salinity problem affects both soil and water, ornamental plant research one of the main objectives is thought to be to determining tolerant plants (Cassaniti et al., 2013).

This article focuses on analyzing antioxidant defense in plant stress tolerance by watering ornamental plants with salty water (mimic low quality water), especially considering limited water resources. For this purpose, antioxidant enzyme activities (SOD, CAT and GR), lipid peroxidation (MDA) and  $H_2O_2$  contents were measured in two different Zinnia species under saline conditions.

## MATERIALS and METHODS

### Plant Growth Condition and Salt Stress Treatment

This study was conducted in the greenhouse at the Department of Horticulture, Cukurova University in Adana/Turkey (32.9/19.7°C day/night, relative humidity 54 %). In this study seeds of *Zinnia elegans* 'Zinnita Scarlet' and *Zinnia marylandica* 'Double Zahara Fire Improved' species (Tasaco Farm, Turkey) were used as plant material. These two cultivars were determined to be relatively sensitive ('Zinnita Scarlet') and tolerant ('Double Zahara Fire Improved') to salt stress in a screening study conducted among twenty Zinnia cultivars (Yasemin, 2020). Seeds of Zinnia cultivars were germinated in tray plugs containing peat. After germination, plantlets were transferred into 2 L plastic pots which included peat: perlite (2:1). 5 days after the transfer, the plants were irrigated with solution included 0, 50, 100, 150 and 200 mM

NaCl concentrations one-day interval. Salinity treatments were continued for three weeks. Treatment was terminated, as soon as the first visual symptoms were seen on the plants.

### Extraction for Antioxidant Enzyme Assays

#### SOD, CAT, GR extractions

Fresh leaves of two *Zinnia* species (1g) were homogenized with 5 mL of potassium phosphate buffer (0.1 M, pH 6.8) including 100 mg of PVP and EDTA (0.1 mM). The homogenate was centrifuged at +4 °C 16 000 g for 5 min and the supernatant was collected for enzyme analysis (Beyer and Fridowich, 1987).

### Measurement of Antioxidant Enzyme Activity

#### Superoxide dismutase (SOD) activity

SOD activity (EC 1.15.1.1) was determined according to the modified method of Beyer and Fridowich, 1987. Reaction mixtures composed 200 µL of enzyme extract, 100 µL of 5 mM nitro blue tetrazolium (NBT), 150 µL of 0.1 mM riboflavin, 200 µL of 0.25 M methionine, and 1 mL of 200 mM sodium carbonate. These reagents except for riboflavin was prepared with 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.5). SOD activity was determined as the amount of enzyme causing 50% inhibition of NBT measured at 560 nm spectrophotometer.

#### Catalase (CAT) activity

CAT activity (EC 1.11.1.6) was detected by measuring the rate of decomposition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at 240 nm, according to Aebi, (1974). The reaction mixture contained 120 µL of enzyme extract, 2.8 mL of 50 mM potassium phosphate buffer (pH 7 without EDTA), and 80 µL of 0.5 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

#### Glutathione reductase (GR) Activity

GR (EC 1.6.4.2) activity was determined as described by Carlberg and Mannervik (1985). The reaction mixture consisted of 1.5 mL 0.1 M phosphate buffer, 150 µL of 200 mM oxidized glutathione, 150 µL of 2 mM NADPH, 1 mL pure water, 200 µL enzyme extract. The oxidation of NADPH at 340 nm was defined as GR activity.

### Measurement of Soluble Protein Content

The amount of soluble protein was carried out using the working solution according to the Bradford method. Bovine serum albumin was used to generate a standard curve; samples were read and recorded on the Elisa instrument at 595 nm (Bradford, 1976). The datum of soluble protein content was used to estimate specific activities of SOD, CAT, and GR.

### Malonyldialdehyde (MDA) assay

Lipid peroxidation was detected by measuring the MDA level. Fresh leaf tissue (0.5 g) of *Zinnia* plants was homogenized in 1 mL (5%) trichloroacetic acid (TCA) solution. The homogenate was centrifuged at room temperature for 15 min at 16.000g. The supernatant was transferred to the tubes by taking equal volumes of 0.5% thiobarbituric acid (TBA) and 20% TCA solutions. The tubes were incubated at 96°C for 25 min. Then, the tubes were transferred to an ice bath and centrifuged at 12.000 g for 5 min. The supernatant was measured at 532 and 600 nm. 0.5% TBA in 20% TCA solution was used as a blank sample. The MDA content was calculated using the extinction coefficient (Ohkawa et al., 1979).

### Hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) assay

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> level was determined according to Loreto and Velikova, (2001) with some modifications. Firstly, 0.5g leaf tissue was homogenized in the ice bath with 5 mL, 1% (v:v) TCA, the homogenate was centrifuged at 12.000 g and 0.75 mL supernatant was added to 0.75 mL phosphate buffer and 1.5 ml KI. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> level was evaluated by comparing its absorbance at 390 nm to a standard calibration.

### Statistical Analysis

Stress treatment was carried out completely randomized experimental design with two factors. Treatments had five replications with five plants each. Data were subjected to ANOVA and the means were separated using the LSD multiple range test at P<0.05. Student-T analysis test was used to compare the groups. All the statistical analyses were performed using the JMP8 Software package.

## RESULTS and DISCUSSION

In this study, the effects of salt stress on the antioxidant enzymes activities (SOD, CAT, GR), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA levels in the leaves of two *Zinnia* species grown under different salt (0, 50, 100, 150, 200 mM) concentrations were comparatively investigated. It was determined that salinity notably caused increases the SOD, CAT, GR, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA content at two *Zinnia* species compared to the control groups (Table 1).

Cultivar effects in terms of activities of three antioxidant enzymes, lipid peroxidation and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> levels were statistically significant, except of SOD (Table 2). MDA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, stress indicators, were higher level in *Z. elegans* (Zi.S). was identified as a sensitive cultivar to salinity in previous studies (Yasemin, 2020; Yasemin et al., 2020 in press). When considering antioxidant enzyme activity, GR and CAT activities were higher in *Z. marylandica* (D.Za.F.I) relatively tolerant cultivar than in *Z. elegans* (Zi.S) sensitive cultivar.



Table 1. Treatment effect on SOD, CAT, GR, MDA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> levels.

Tablo 1. SOD, CAT, GR, MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyeleri üzerine uygulamaların etkisi.

NaCl (mM)	SOD	CAT	GR	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	MDA
0	8.354d	10.339e	0.094c	0.676d	1.961d
50	10.117c	14.278d	0.139b	0.840c	2.386c
100	11.267bc	20.690b	0.150ab	0.956b	2.424c
150	14.203a	27.940a	0.163ab	0.978b	2.833b
200	11.764b	17.656c	0.170a	1.372a	3.086a
LSD	1.435***	2.466***	0.026***	0.106***	0.234***

(\*\*\*p<0.001)

Table 2. Cultivars effect on SOD, CAT, GR, MDA and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> levels.

Tablo 2. Çeşitlerin SOD, CAT, GR, MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyeleri üzerine etkisi.

Parameters Parametreler	<i>Z. elegans</i> Zi.S	<i>Z. marylandica</i> D.Za.F.I	t test
SOD	11.436	10.847	0.1908 <sup>NS</sup>
GR	0.127	0.159	0.0006*
CAT	16.389	19.972	0.0001*
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.100	0.828	<0001*
MDA	2.712	2.363	<0001*

According to results, the effects of salinity on SOD activity were found important, statistically (Figure 1). The highest SOD activity was observed at 150 mM salt concentration in both species. As shown in Figure 1, SOD activity decreased in 200 mM salinity partly, compared with 150 mM salinity, in both species. In the study, we detected similar increasing trends in both species in terms of SOD activity which has an important role in defense mechanisms of cells against ROS and is one of the ubiquitous enzymes in aerobic organisms (Bowler et al., 1992). It is well known that low concentration ROS act as signal molecules, while higher levels of ROS damage cellular components (Choudhury et al., 2013; Liu et al., 2019). In various studies, many researchers have been reported that increases in SOD enzyme activities occur in plants exposed to salt stress, similar to obtain the results (Mittova et al. 2002; Bor et al., 2003; Ahmad, 2010; Özkoku et al., 2019). It was stated, SOD activity increased importantly in the leaves of *Olea europaea* L. which exposed to 200 mM NaCl (Valderrama et al., 2006), in this study similar result observed on 150 mM salt concentration. Manivannan et al. (2015) also reported that 50 mM NaCl treatment increases SOD enzyme activity in *Z. elegans* 'Dreamland Yellow'. This means that SOD enzyme activity varies depending on plant species and salt concentration.

GR enzyme showed high activity from the lowest NaCl concentration (50 mM) to highest one (200 mM) in *Z. marylandica* D.Za.F.I which is a relatively tolerant cultivar. The highest GR activity in *Z. elegans* Zi.S was determined at salt level  $\geq$  100 mM (Figure 1). Omari and Nhiri, (2015) reported that GR enzyme activity in the leaves increased by approximately 90% with 150 mM salt application. Similarly, Sai Kachout et al.,

(2013) reported that GR activity increased steadily with NaCl concentration and it nearly doubled in response to 90 mM NaCl in *Atriplex hortensis* var. rubra (red). GR is an important enzyme that plays a role in protecting against various abiotic stresses such as salinity (Romero-Puertas et al., 2006; Sai Kachout et al. 2013). Moradi and Ismail, (2007) reported that increasing salt stress in salt-tolerant rice line (IR651) caused GR activity increased in leaves of the tolerant lines. However, salinity did not affect GR activity in leaves of in salt-intolerant rice line (IR29). In light of this information, it can be concluded that the GR level may vary according to the tolerance degree of genotype and salt concentration (Moradi and Ismail 2007; Çekiç and Ünyayar, 2006). Many researchers showed that increases in GR activity could mean tolerance to salt stress. Owing to increasing of GR activity in salt tolerant genotypes, it could be thought that, salt tolerant genotypes were more active in reducing H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> compared to salt sensitive genotypes (Kusvuran et al., 2007; Li, 2009; Sevensor et al., 2011).

CAT activity was affected important from salinity, statistically (Figure 1). CAT activity increased with stress in both species. While the highest enzyme activity was found in 150 mM NaCl level, CAT activity decreased at 200 mM NaCl in both species. The CAT decreased at 200mM NaCl might be resulted from the prevention of new enzyme synthesis or catalase photo-inactivation (Basu et al., 2010; Çevik et al., 2015). The highest value of enzyme (CAT) activity was obtained from 150 mM NaCl concentration in the *Z. marylandica* D.Za.F.I plants. Manivannan et al. (2015) reported that CAT activity did not differ significantly between control and 50mM NaCl treatments in *Z. elegans* 'Dreamland Yellow', similar to this result.

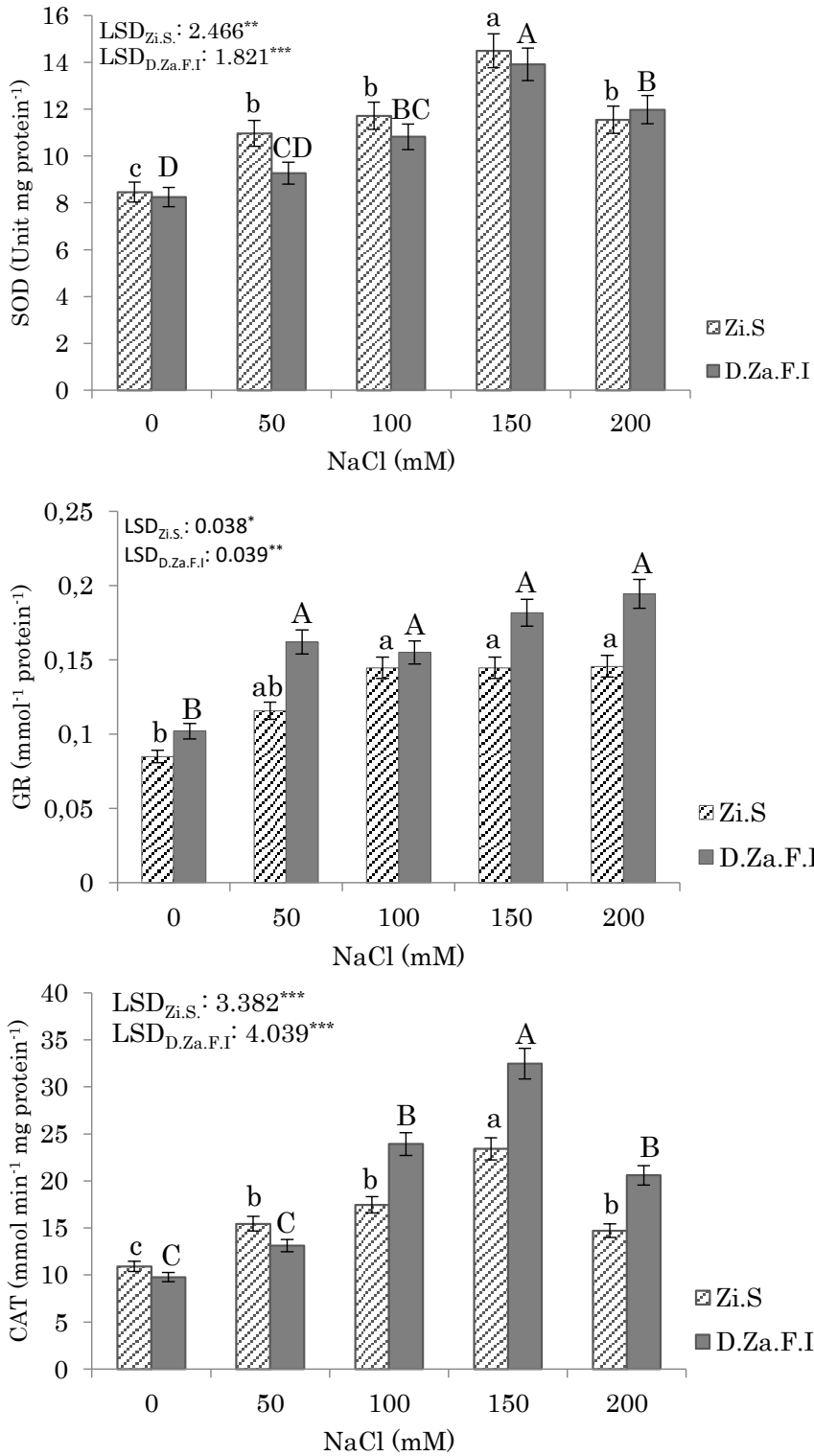


Figure 1. SOD, GR, CAT enzyme activities in two Zinnia species exposed to salinity. The data followed by the same letters in the figure show that there is no significant difference between groups (\*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001).

Şekil 1. Tuzluluğa maruz kalan iki Zinnia türündeki SOD, GR, CAT enzim aktiviteleri. Şekilde aynı harflerin izlediği veriler, gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir (\*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001).

Sevengor et al., (2011) reported that salt treatment increased CAT activity in all genotypes (salt tolerant

and salt sensitive), when compared to their control groups in local Turkish pumpkin varieties. However, they determined that these increases were higher in

salt tolerant species than that of salt sensitive ones. Valderrama et al. (2006) were reported that the leaves of olive (*Olea europaea* L.) treated with 200 mM NaCl increased CAT activities, significantly. Findings in this study support the report of Bor et al., (2003) who also found high CAT and GR activity intolerant beet under salt stress. Also, CAT is the most effective antioxidant enzyme in preventing cellular damage by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Yaşar and Ellialtıoğlu, (2013) declared that significant differences in CAT enzyme activities at 150 mM salt concentration in a study on eggplant genotypes.

While there was a systematic increase in SOD and CAT enzyme activities up to 150 mM salt concentration, there was a sudden decrease in the 200 mM salt concentration in both species (Figure 1, Table 1). According to these results, the question of whether the 200 mM salt concentration can be an overdose or not for these species comes to mind!

As salinity increased, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA content in the leaves of two cultivars increased, in parallel (Figure 2). These increases were found important, statistically. The highest H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA content in both species were observed at 200mM salt concentration.

Manivannan et al., (2015) reported that 50mM NaCl treatment significantly increased the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA content in *Z. elegans* 'Dreamland Yellow'. A significant increase in the level of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3.6-fold) and MDA (2.2 fold) was seen in cumin seedlings subjected to 100 mM salt stress for 7 days concerning 0 mM NaCl (Pandey et al., 2015). Also, it was reported that MDA content increased significantly under salt stress in rice (Shobbar et al., 2012). Similar to findings results in this study, Sevengor et al., (2011) found an increase in MDA content in four pumpkin genotypes at 100mM salt concentration, this increase was found higher in sensitive genotypes. Lipid peroxidation increased in salt stressed leaves of the salt-sensitive maize genotypes, whereas salt-tolerant plants were better protected from oxidative damage under salt stress (Neto et al., 2006). In these results, a significant difference was observed in the MDA content between two species at 200mM salt concentration. It is known that abiotic stresses, especially salinity and drought, cause a significant increase in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content that causes lipid peroxidation of cell membranes. (Møller et al.,2007).

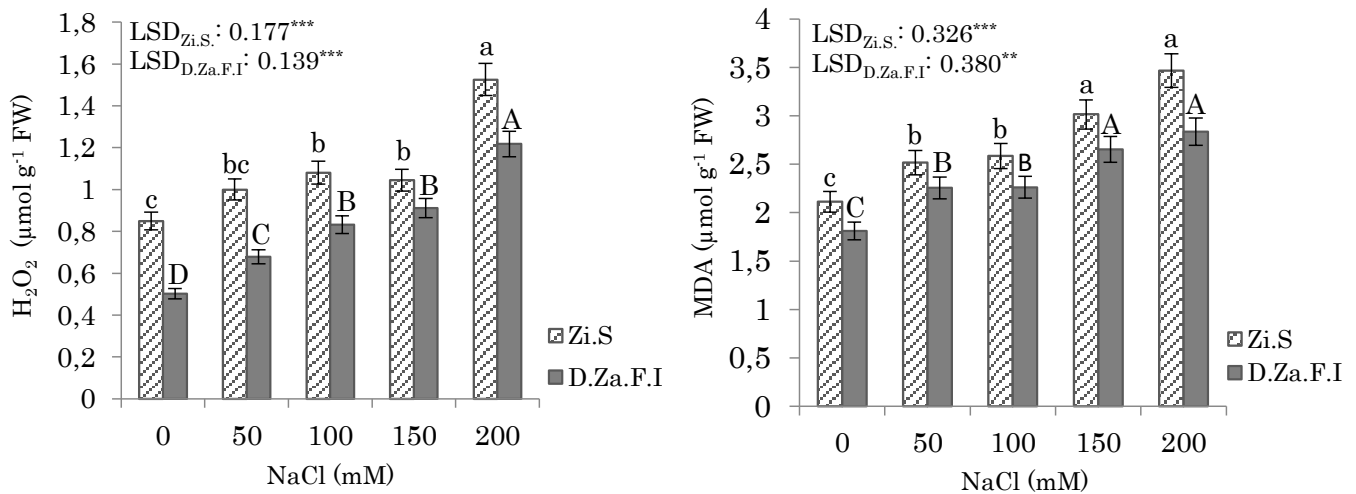


Figure 2. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA content in two Zinnia species exposed to salinity. The data followed by the same letters in the figure show that there is no significant difference between groups (\*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001).

Şekil 2. Tuzluluğa maruz kalan iki Zinnia türünde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve MDA içeriği. Şekilde aynı harflerin izlediği veriler, gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir (\*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001).

When plants are exposed to salt stress, it activates the antioxidant defense system to eliminate the damaging effect of increased reactive oxygen (Ahmad, 2010; Acosta-Motos et al., 2017; García-Caparrós and Lao, 2018; Parvin et al., 2019; Özkoku et al., 2019). In various studies, it was shown that antioxidative defense responses differ in the plants under salt or other abiotic stress conditions (Acosta-Motos et al., 2017; García-Caparrós and Lao, 2018). The increase of SOD enzyme activity under salinity conditions indicates that SOD is good oxidative stress scavenge enzyme (Panda and Khan, 2004). It was found that 100

mM NaCl application in corn increased SOD, APX, GPX and GR activities compared to control and was more pronounced in tolerant genotypes (Neto et al., 2006). Moreover, the intracellular H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration also determines the activity of antioxidant enzymes (Mittler, 2002). In several plants, salinity increased the peroxidation of lipids, implying that in the cellular membranes damages as the result of oxidative damage (Gong et al., 2005). These results indicated that the ability of plants defense against oxidative damage caused by salt stress may change (Ashraf, 2009).

## CONCLUSION

Scientists who work on ornamental and landscape plants, try to understand how plants perceive and get used to stressful conditions and find out resistance mechanisms. In various studies, it has been shown by many researchers that tolerant and sensitive genotypes respond differently under salinity. Antioxidative enzyme activities play a protective role against salinity. Antioxidative defense mechanisms are effective in providing resistance to stress in Zinnia plants. It has been shown in the current study that there may be differences between Zinnia species.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Çukurova University, Project No: FBA-2019-11481. We thank the Prof. Dr. Serpil ÜNYAYAR, Faculty of Medicine, Girne American University Drive, Karmi Campus, Karaoglanoglu, Kyrenia, Mersin 10, TRNC, for supports.

## Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

## Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

## REFERENCES

- Abogadallah GM 2010. Antioxidative Defense under Salt Stress. *Plant Signal Behav*, 5(4): 369–374.
- Acosta-Motos JR, Ortuño MF, Bernal-Vicente A, Diaz-Vivancos P, Sánchez-Blanco MJ, Hernández JA 2017. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. *Agronomy*, 7(18):1-38.
- Aebi H 1974. Catalase. (In: Bergmeyer, H.U. (Eds.) *Methods of Enzymatic Analysis*, Verlag Chemie/Academic Press Inc., NewYork), 673-680.
- Ahmad, P 2010. Growth and antioxidant responses in mustard (*Brassica napus* L.) plants subjected to combined effect of gibberellic acid and salinity. *Archives Agronomy and Soil Science*, 56(5): 575-588.
- Asada K 1999. The Water-Water Cycle in Chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons. *Annu Rev PlantBio*, 50(1):601–639.
- Ashraf M 2009. Biotechnological Approach of Improving Plant Salt Tolerance Using Antioxidants as Markers. *Biotechnology Advances*, 27(1): 84-93.
- Basu S, Aryadeep R, Progya PS, Dibyendu NS 2010. Differential antioxidative responses of indica rice cultivars to drought stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 60(1): 51–59.
- Beyer WF, Fridowich I, 1987. Assaying for Superokside Dismutase Activity: Some Large Consequences of Minor Changes in Conditions, 161(2): 559-566.
- Bor M, Özdemir F, Türkan I 2003. The Effect of Salt Stress on Lipid Peroxidation and Antioxidants in Leaves Of Sugar Beet *Beta vulgaris* L. and Wild Beet *Beta maritima* L. *Plant Science*, 164(1): 77-84.
- Bowler C, Van Montagu M, Inze D 1992. Superoxide Dismutase and Stress Tolerance. *Annu. Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.*, 43: 83–116.
- Bradford MM 1976. A Rapid and Sensitice Method for the Quantification of Microgram Quantities of Protein, Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Anal.Biochem.*, 72: 248-254.
- Carlberg I, Mannervik B 1985. Glutathione Reductase. *Method in Enzymology*, 113: 484-490.
- Cassaniti C., Leonardi C., and Flowers T.J., 2009. The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. *Scientia Horticulturae*, 122(4): 586–593.
- Cassaniti C, Romano D, Flowers TJ, 2012. The Response of Ornamental Plants to Saline Irrigation Water, (Irrigation-Water Management, Pollution and Alternative Strategies. Dr Iker Garcia-Garizabal (Ed.), ISBN: 978-953-51-0421-6, InTech).
- Cassaniti C, Romano D, Hop MECM, Flowers TJ 2013. Growing Floricultural Crops with Brackish Water. *Environ. Exp. Bot.*, 92: 165–175.
- Çekiç ÖF, Ünyayar S 2006. Interactive Effects of NaCl and CdCl<sub>2</sub> on Antioxidant Enzyme Activities and Some Biochemical Compounds in Two Tomato Genotypes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(7): 633-639.
- Çevik S, Unyayar S 2015. The effects of exogenous application of ascorbate and glutathione on antioxidant system in cultivated *Cicer arietinum* and wild type *C. reticulatum* under drought stress. *Suleyman Demirel University, J Nat Appl Sci.*, 19(1):91–97
- Choudhury S, Panda P, Sahoo L, Panda SK 2013. Reactive Oxygen Species Signaling in Plants under Abiotic Stress. *Plant Signal.Behav.* 8, e23681.
- García-Caparrós P, Lao M. Teresa 2018. The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. *Scientia horticulturae*, 240: 430-439.
- Gill SS, Tajrishi M, Madan M 2013. A DESD-Box Helicase Functions in Salinity Stress Tolerance by Improving Photosynthesis and Antioxidant Machinery in Rice (*Oryza sativa* L. cv. PB1). *Plant Mol Biol.*, 82(1-2): 1–22.
- Gong HJ, Zhu XY, Chen KM, Wang SM, Zhang CL 2005. Silicon Alleviates Oxidative Damage of Wheat Plants in Pots under Drought. *Plant Sci.*, 169(2): 313–321.
- Gupta B, Huang B 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *International journal of genomics*, 2014:1-18.
- Hasanuzzaman M, Hossain MA, Teixeira da Silva J, Fujita M 2012. Plant Response and Tolerance to Abiotic Oxidative Stress: Antioxidant Defense Is a



- Key Factor. In: Venkateswarlu B., Shanker A., Shanker C., Maheswari M. (eds) Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies. Springer, Dordrecht. pp261-315.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-007-2220-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2220-0_8)
- Hernandez JA, Mullineaux P, Sevilla F 2000. Tolerance of Pea (*Pisum sativum* L.) to Long Term Stress is Associated with Induction of Antioxidant Defences. *Plant, Cell & Environment*, 23: 853-862.
- Isayenkov SV, Maathuis F 2019. Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. *Frontiers in Plant Science*, 10:80.
- Khan MH, Panda SK 2008. Alterations in Root Lipid Peroxidation and Antioxidative Responses in Two Rice Cultivars under NaCl-Salinity Stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 81-89
- Koksal N, Alkan A, Kulahlioglu I, Ertargin E, Karalar E 2016. Ion Uptake of Marigold under Saline Growth Conditions. *SpringerPlus* 5(139): 1-12.
- Kusvuran S, Ellialtioglu S, Yasar F, Abak K 2007. Effects of salt stress on ion accumulations and some of the antioxidant enzymes activities in melon (*Cucumis melo* L.), *Inter. J. Food Agric. Environ.*, 2(5): 351-354.
- Läuchli A, Grattan S 2007. Plant Growth And Development Under Salinity Stress. In: Jenks M.A., Hasegawa P.M., Jain S.M. (eds) *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. Springer, Dordrecht
- Laxa M, Liebthal M, Telman W, Chibani K, Dietz KJ 2019. The Role of the Plant Antioxidant System in Drought Tolerance. *Antioxidants (Basel, Swi)*, 8(4):94.
- Li Y 2009. Physiological responses of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*) to salt stress. *Modern Appl. Sci.*, 3(3): 171-176.
- Liang W, Ma X, Wan P, Liu L 2018. Plant salt-tolerance: mechanism: A review. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 495(1): 286-291.
- Liu, Soundararajan, P, Manivannan A 2019. Mechanisms of Silicon-Mediated Amelioration of Salt Stress in Plants. *Plants*, 8 (9): 307.
- Loreto F, Velikova V 2001. Isoprene Produced by Leaves Protects the Photosynthetic Apparatus against Ozone Damage, Quenches Ozone Products, and Reduces Lipid Peroxidation of Cellular Membranes. *Plant Physiol.*, 127(4): 1781-1787.
- Manivannan A, Soundararajan P, Arum, LS 2015. Silicon-Mediated Enhancement of Physiological and Biochemical Characteristics of *Zinnia elegans* 'Dreamland Yellow' Grown under Salinity Stress. *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 56(6): 721-731.
- Mittler R 2002. Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance. *Trends Plant Sci.*, 7(9): 405-410.
- Mittova V, Tal M, Volokita M and Guy M 2002. Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. *Physiologia Plantarum*, 115(3): 393-400.
- Møller IM, Jensen PE, Hansson A 2007. Oxidative Modifications to Cellular Components in Plants. *Annu Rev Plant Biol.*, 58: 459-481.
- Moradi F, Ismail AM 2007. Responses of Photosynthesis, Chlorophyll Fluorescence and ROS-Scavenging Systems to Salt Stress During Seedling and Reproductive Stages in Rice. *Ann Bot.*, 99: 1161-1179.
- Munns R 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167: 645-663.
- Neto ADA, Prisco JT, Eneas Filho J, Abreu CEB, Gomes Filho E 2006. Effect of Salt Stress on Antioxidatif Enzymes and Lipid Peroxidation in Leaves and Roots of Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Maize Genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 87- 94.
- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K 1979. Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction. *Analytical Biochemistry*, 95: 351- 358.
- Omari REL, Nhiri M 2015. Adaptive Response to Salt Stress in Sorghum (*Sorghum bicolor*). *Am-Euras. J Agric and Environ Sci.*, 15(7): 1351-1360.
- Özkoku G, Çevik S, Ünyayar S 2019. Dışsal Sentetik İnositol Türevi (Allo-İnositol) Uygulamasının *Capsicum chinense* Bitkisinin Tuz (Nacl) Toleransı Üzerine Etkisi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci.*, 34: 319-326.
- Panda SK and Khan MH 2004. Changes in growth and superoxide dismutase activity in *Hydrilla verticillata* L. under abiotic stress. *Braz. J. Plant. Physiol.*, 16: 115-118.
- Pandey S, Patel MK, Mishra A, Jha B 2015. Physio-Biochemical Composition and Untargeted Metabolomics of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) Make It Promising Functional Food and Help in Mitigating Salinity Stress. *PLoS ONE*, 10(12): e0144469.
- Pang CH, Wang BS 2008. Oxidative Stress and Salt Tolerance in Plants (U. Lüttge et al. (eds.), *Progress in Botany* 69. 231 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg).
- Parvin K, Hasanuzzaman M, Borhannuddin Bhuyan MHM, Nahar K, Mohsin SM, Fujita M 2019. Comparative Physiological and Biochemical Changes in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under Salt Stress and Recovery: Role of Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems. *Antioxidants*, 8(350): 1-16.
- Romero-Puertas MC, Corpas FJ, Sandalio LM, Letierrier M, Rodríguez-Serrano M, del Río LA, Palma JM 2006. Glutathione Reductase from Pea Leaves: Response to Abiotic Stress and Characterization Of The Peroxisomal Isozyme. *New Phytologist*, 170(1):43-52.

- Saı Kachout S, Jaffel Hamza K, Karray Bouraoui N, Leclerc JC&Ouerghi Z (2013). Salt-Induced Changes in Antioxidative Enzyme Activities in Shoot Tissues of Two Atriplex Varieties. *Not Bot Horti Agrobo*, 41(1): 115-121.
- Sevengor S, Yasar F, Kusvuran S, Ellialtioglu S 2011. The Effect of Salt Stress on Growth, Chlorophyll Content, Lipid Peroxidation and Antioxidative Enzymes of Pumpkin Seedling. *Afr J Agric Res*, 6(21): 4920-4924.
- Shobbar MS, Azhari O, Shobbar ZS, Niknam V, Askari H, Pessarakli M 2012. Comparative Analysis of Some Physiological Responses of Rice Seedlings to Cold, Salt, and Drought Stresses. *J Plant Nutr.*, 35(7): 1037–1052.
- Stimart D, Boyle T 2007. *Zinnia*. (In: Anderson N.O. (eds) *Flower Breeding and Genetics*. Springer, Dordrecht)
- Valderrama R, Corpas FJ, Carreras A, Gómez-Rodríguez MV, Chaki M, Pedrajas JR, Fernandez Ocana A, Del Río, LA, Barroso JB 2006. The Dehydrogenase-Mediated Recycling of NADPH is A Key Antioxidant System Against Salt-Induced Oxidative Stress in Olive Plants. *Plant Cell Environ.*, 29: 1449–1459.
- Waqas MA, Kaya C, Riaz A, Farooq M, Nawaz I, Wilkes A and Li Y, 2019. Potential Mechanisms of Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants Induced by Thiourea. *Front. Plant Sci.*, 10:1336.
- Yaşar F, Ellialtioglu Ş, 2013. Antioxidative Responses of Some Eggplant Genotypes to Salinity Stress. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(3): 215-221.
- Yasemin S, Köksal N, Özkaya A, Yener M, 2017. Growth and Physiological Responses of '*Chrysanthemum paludosum*' under Salinity Stress. *J. Biol. Environ. Sci.*, 11(32): 59-66.
- Yasemin S, 2020. The Changes on Morphological Anatomic, Physiological and Biochemical Features of *Zinnia* (*Zinnia* Sp.) Species under Salt Stress. Cukurova University, PhD Thesis, 248p.
- Yasemin S, Güzel Değer A, Köksal N, 2020. The effects of Salt Stress in *Zinnia* (*Zinnia* Sp.) Cultivars during Seed Germination and at the Early Stages of Seedling Growth. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 7(3): 253-265.
- Zandalinas SI, Balfagón D, Arbona V, Gómez-Cadenas A, 2017. Modulation of Antioxidant Defense System Is Associated with Combined Drought and Heat Stress Tolerance in Citrus. *Front. Plant Sci.*, 8:953.

## Variation of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) Genotypes

Yusuf SAVSATLI<sup>1\*</sup>, Aysel OZCAN<sup>2</sup>, Oguzhan CIVELEKOGLU<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Rize/Turkey, <sup>3</sup>General Secretaryship of The National Tea Council, Rize Commodity Exchange, Rize/Turkey.

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9246-6710>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5210-7617>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1542-4896>

✉: [yusuf.savsatli@erdogan.edu.tr](mailto:yusuf.savsatli@erdogan.edu.tr)

### ABSTRACT

This study was carried out to determine tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) genotypes with high antioxidant activity and also high total phenolic content (TPC) in Rize/Turkey conditions in 2017. In the research, the seeds collected from tea plantations located at different five locations of Rize were used. Plants were grown under controlled conditions in pots in greenhouse at first and then transferred to field conditions. Harvest of fresh leaves was realized for 3.5 leaves (three leaves and bud) in August. Ferric-Reducing Antioxidant Power (FRAP) and total phenol content of young leaves of selected 103 genotypes were determined. As a result, FRAP values varied between 638.4 and 1093.0 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw while total phenol content varied from 210.9 to 450.6 mg GAE g<sup>-1</sup> dw depending on the genotypes. FRAP values belonging each genotype group representing locations were very close to each other. On the other hand, 87 of a total of 103 genotypes had high antioxidant values. The fact that the genotypes showed a high level of antioxidant activity and total phenol content reveals the presence of evaluable tea genotypes to be used in tea breeding in Rize.

### Research Article

#### Article History

Received : 29.05.2020

Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

Tea  
Genotype  
FRAP  
TPC

## Çay (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) Genotiplerinde Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik İçeriğindeki Varyasyon

### ÖZET

Bu çalışma toplam fenolik içeriği (TPC) ve antioksidan aktivitesi yüksek çay (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) genotiplerinin belirlenmesi amacıyla Rize/Türkiye koşullarında 2017 yılında yürütülmüştür. Araştırmada, Rize'nin farklı lokasyonlarında yer alan çay plantasyonlarından toplanmış tohumlar kullanılmıştır. Saksılarda kontrollü koşullarda yetiştirilen bitkiler daha sonra açık hava koşullarına taşınmıştır. Genç yaprakların hasadı, Ağustos ayı içinde 3.5 yaprak üzerinden yapılmıştır. Liyofilizatörde kurutulmuş toplam 103 genotipe ait taze yaprakların antioksidan değerleri ve toplam fenol içerikleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, incelenen genotipler içinde elde edilen ortalama FRAP değerleri 638.4-1093.0 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> kuru ağırlık; toplam fenol içeriği ise 210.9-450.6 mg GAE g<sup>-1</sup> kuru ağırlık arasında değişim göstermiştir. Lokasyonları temsil eden her bir genotip grubuna ait ortalama FRAP değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Diğer taraftan, toplam 103 genotip içinden 87 tanesi yüksek antioksidan değerlere sahip olmuştur. Genotiplerin yüksek düzeyde antioksidan aktivite ve toplam fenol içeriği göstermesi, Rize'de çay yetiştiriciliğinde kullanılabilecek değerli çay genotiplerinin varlığını ortaya koymaktadır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 29.05.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Çay  
Genotip  
FRAP  
TPC

**To Cite** : Savsatli Y, Ozcan A, Civelekoglu O 2021. Variation of Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) Genotypes. KSU J. Agric Nat 24 (1): 40-48. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.744662>.

### INTRODUCTION

Tea is a valuable plant of the family *Theaceae*

(Weisburger, 1997) and three different types of tea grown widely in the world. *Camellia sinensis* var.

L.O. Kuntze is a species of tea grown in Turkey (Taylor, 2003). The young leaves of this species, particularly suitable for green tea production and contain useful antioxidant components (Tariq and Reyaz, 2013; Nibir et al., 2017). Natural antioxidants are important components that strengthen the defense system in body and have beneficial effects on health (Öğüt, 2014). Therefore, nutritional values and benefits of fruits are closely followed by consumers (Scalzo et al., 2005). This tendency of consumers has led to the fact that breeding studies are concentrating on increasing efficiency of the products which are consumed intensively on health nowadays. The amounts of bioactive components, total phenolic content and antioxidant effects of the harvested products vary according to plant species. Sirisa-Ard et al. (2017) reported that total phenolic content of fermented Miang varried between  $147.48 \pm 0.006$  and  $438.51 \pm 0.018$  mg GAE  $g^{-1}$  dw while the antioxidant activity values (TEAC) of that varried between  $5,578.34 \pm 0.019$  mg  $g^{-1}$  dw and  $18,315.21 \pm 0.022$  mg  $g^{-1}$  dw. Especially green tea is known as a source of beneficial antioxidants (Graham, 1992). Since green tea is obtained by processing fresh leaves without fermenting, the closest results to the content of this tea type can undoubtedly be obtained by analysis of fresh tea leaves. It is reported that antioxidant activity in green tea is similar to that of white tea because of the high levels of EGCG (Epigallocatechin Gallate) and ECG (Epicatechin Gallate), which are the strongest antioxidants in young tea leaves (Karori et al., 2007). There are many studies showing that the high amounts of antioxidant components in tea leaves are anticarcinogenic (Wang and Bachrach, 2002; Hayakawa et al., 2016; Vishnoi et al., 2018; Mir et al., 2019). In the production of tea products with high antioxidant capacity, cultivation of genotypes with high potential of polyphenols in appropriate ecologies and under suitable conditions can be significantly effective.

Liu et al. (2008) reported that the highest FRAP value among the 68 plant materials in China was Chinese White Olive with  $15.853$  mmol FeII  $g^{-1}$  dw. In another study, antioxidant values in parts of 33 medicinal and edible plants grown in China varied between  $2.1$   $\mu$ mol FeSO<sub>4</sub>  $g^{-1}$  dw and  $4790.1$   $\mu$ mol FeSO<sub>4</sub>  $g^{-1}$  dw (Jiang et al., 2011). The highest FRAP value was obtained from floral buds of Flos Caryophylli and followed by leaves of *Camellia sinensis* L. with  $2433.9$   $\mu$ mol FeSO<sub>4</sub>  $g^{-1}$  dw.

In recent years, focused on studies to increase the specific bioactive components of various plants. As a matter of fact, Capocasa et al. (2008) have shown that nutrient characteristics and quality of strawberries can be increased by crossing. Likewise, antioxidant properties of varieties are taken into consideration in potato (Stushnoff et al., 2008), Peach and Nectarine

(Cantin et al., 2009) in breeding programs while bioactive components in many medical and aromatic plants are overemphasized.

Rich in flavonol glycosides, which are related to antioxidant potential, are reported to be used effectively in breeding programs (Jeganathan et al., 2016). Green tea and black tea are rich in antioxidants (Shannon et al., 2018) and are widely consumed in almost all populations (Van et al., 1997). Therefore, it can be seen as a great chance to make the most of tea consumed extensively in the world.

Tea plant is highly allogamous nature due to self-sterility. This makes progeny from seed possible to produce a wide variation in productivity and other characters and to be used this variation (Waheed et al., 2001). As a matter of fact, there are many improved cultivars either by crossing (Benihikari, Okuhikari, Okumidori, Tsuyuhikari, Saemidori ect.) or via selection (Yabukita, Yutakamidori, Utakamidori, Benihomare ect.) from tea plantations in the world (Yagi et al., 2010).

This study was conducted to determine antioxidant activity and total phenolic content of young leaves of the genotypes multiplied from seeds collected from different locations in Rize/Turkey and to reveal present variation which is important for breeders.

## MATERIAL and METHODS

In this study, seeds (5 seeds per each plant and total of 515 seeds) were collected in total of 103 different plants from tea fields located on five different places in Rize province where has the most tea plantation in Turkey. Locations (L) from where the tea seeds were collected are given in Table 1.

Table 1. Genotype groups belonging to tea seeds collected according to different locations (L)

*Çizelge 1. Farklı lokasyonlara göre toplanan çay tohumlarına ait genotip gruplar*

Genotype group	Location	Number of material
L1	Location-1	41
L2	Location-2	20
L3	Location-3	17
L4	Location-4	15
L5	Location-5	10
<b>Total</b>		<b>103</b>

L1 and L3 are adjacent to each other as well as L2 and L4. On the other hand, average distance from L5 to L1-L3 is 7.1 km, and distance to L2-L4 is 32.3 km (Figure 1).

The seeds taken from each plant were sown in the same pot in March 2017 and grown in greenhouse conditions. One of the best growing seedlings was left in every pot and others removed from pods. Thus,



80% of total 515 tea plants were initially eliminated in the seedling stage.

The plants were kept in the greenhouse until they were strengthened and then taken out of the greenhouse. Plants growing in pots when reached sufficient growth were harvested once by hand in

August. Overall, 3.5 leaves (three leaf and bud) were harvested from each plant. The harvested fresh leaves were kept in lyophilizer until dry, and antioxidant activities and total phenolic content of leaf samples were determined after methanol extraction.

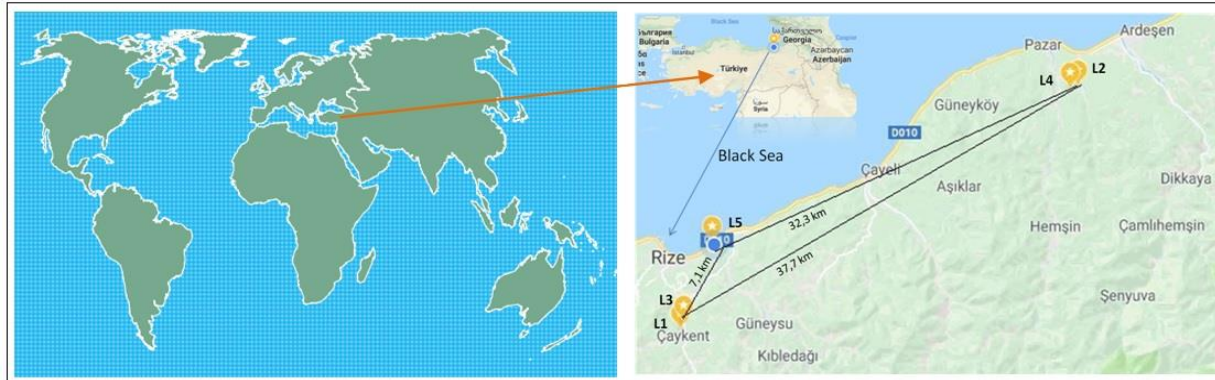


Figure 1. Locations containing genotype groups  
Şekil 1. Genotip grupları içeren lokasyonlar

### Extraction of Samples

The fresh tea leaves were dried in a lyophilizer with Labconco brand and powdered in a porcelain mortar. Then, 0.1 g of each powdered sample was extracted in 10 ml methanol (80%) at 40 °C using an orbital shaking for 1 hour. The sample-solvent mixture was centrifuged at 4000 rpm minute<sup>-1</sup> for 20 minutes. The supernatants were separated from the mixture and analyzed for the determination of antioxidant activity and total phenol content.

### Ferric-Reducing Antioxidant Power (FRAP)

The method of Benzie and Strain (1996) was used by modifying in the analysis of the samples. Buffer solution prepared by mixing 200 ml of acetate buffer (pH 3.6), 20 ml of 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) solution and 20 ml of ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) solution in a ratio of 10:1:1 as FRAP (Iron reduction antioxidant capacity) reagent. HCl was used to dissolve these chemicals while the buffer solution was preparing. Overall, 20 µl sample (supernatant) was added to a total of 1980 µl FRAP reagent and value was read using UV Spectrophotometer (Shimadzu UV-1800 brand) at 593 nm wavelength. A standard curve was obtained from known Fe (II) (FeSO<sub>4</sub>) concentrations (5 µl, 10 µl, 15 µl and 20 µl). FRAP values of the samples were determined according to standard curve. The results were expressed as mg of iron (II) sulfate (FeSO<sub>4</sub>) equivalents per gram dried weight (dw) of the sample.

### Total of Phenolic Content (TPC)

Total phenolic content of samples was determined using the Folin-Ciocalteu method (Waterhouse, 2002). 20 µl of the supernatant and 100 µl of Folin-

Ciocalteu reagent were added to 1580 µl of distilled water. Subsequently, 300 µl of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Sodium carbonate solution) was added into the mixture. The final solution was incubated at 50 °C for 15 minute and values of absorbance were measured at 765 nm using the Spectrophotometer. Values of gallic acid of the samples were determined according to standard curve. The results were expressed as mg of gallic acid equivalents (GAE) per gram dried weight (dw) of the samples.

### Statistical Analysis

Values for each genotype group (L1, L2, L3, L4 and L5) were analyzed separately as completely randomized design with 3 replications using JMP statistical program. The means were separated by the Tukey HSD (Honestly Significant Difference) test.

## RESULTS and DISCUSSION

In the study, fresh leaves of genotypes obtained from seeds collected from different locations were compared in terms of antioxidant activity and total phenolic content (Table 2 and Table 3). The antioxidant values were between 638.4 and 1093.0 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw while the total phenolic content varied from 210.9 to 450.6 mg GAE g<sup>-1</sup> dw depending on the genotypes (Figure 2, 3, 4).

On the other hand, when considering the average of each genotype group, this variation ranged from 900.4 to 950.3 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw in terms of average antioxidant activity and from 285.1 to 321.2 mg GAE g<sup>-1</sup> dw for total phenolic content.

In the research, there was a significant (P<0.01) positive correlation (r=0.342) between antioxidant activity and total phenolic content (Figure 5). Similar

to these results, many investigators reported that there was a significant correlation between these traits (Anesini et al., 2008; Liu et al., 2008; Rusak et al., 2008; Jayasekera et al., 2011; Jiang et al., 2011). Therefore, the content of phenolic compounds could be used as an important indicator of its antioxidant capacity. The antioxidant values in 27 of 103 genotypes grown in Rize exceeded 1000 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw. The lowest FRAP value among the genotypes which was statistically in the group "a" belonged to genotype number 88 with 857.2 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw. Total number of genotypes with FRAP values above this value was 87. This result shows that 84.5% of the genotypes used are primarily antioxidant-rich and only 15.5% of the existing genotypes should be eliminated.

Tea Research Foundation, in Africa, reported that number of the material was reduced from 5000 genotypes to 350 genotypes by plant selection on rooting ability and nursery performance in the first years of the breeding program for new cultivars (Apostolides et al., 2006). In this breeding program, it is seen that a large number of genotypes were eliminated at the beginning and 7% of total number of genotypes was selected as important material. But in present study, a total of 515 genotypes collected from different locations were reduced to 103 genotypes in terms of seedling vigour at first. A large parts of this genotypes (87 genotypes), which was 16.9% of the initial number, showed high antioxidant activity.

The genotypes within each group were considered separately and the numerical ratios of those in terms of rich in antioxidant activity were calculated. 93.3% of the genotypes in the L4 genotype group had high antioxidant activity. This rate was followed by L5 with 90.0%, L1 with 85.4%, L2 with 80.0% and L3 genotype group with 76.5% respectively. These differences among the genotype groups are entirely due to genetic factors.

In a research on antioxidant activities of different green teas, FRAP values were found to vary between 0.554-2.876 mmol FeII g<sup>-1</sup> (Hajimahmoodi et al., 2008). Rusak et al. (2008) determined FRAP values generally between 4.02-17.9 mmol L<sup>-1</sup> Fe<sup>2+</sup> in white tea and 2.45-19.0 mmol L<sup>-1</sup> Fe<sup>2+</sup> in green tea depending on the methods. Ercisli et al. (2008) reported that total phenolic content of fresh tea leaves of Dere pazari-7 tea clone growing in Rize conditions varied with harvest periods (July>May=September) and that the highest value was obtained in the July 15 harvest. Erturk et al. (2010) showed that the values obtained from 2.5 leaves (consisting of fresh tea shoots) were changed according to tea clones and the highest value was found at the 3rd harvest period (September) in Pazar 20 clone with a mean of 291.8 mg GAE g<sup>-1</sup> dw. In another study conducted in Rize, Yazici and Goksu (2017) found that FRAP values of

fresh tea leaves varied between 5.00±0.90 and 5.93±0.45 mmol FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw, and total phenolic content varied between 112.88±4.19 and 131.64±4.52 mg GAE g<sup>-1</sup> dw.

In a study conducted by Nor Qhairul Izzreen and Mohd Fadzelly (2013) in Malaysia, antioxidant activity and total phenolic content in green tea and black tea produced by processing tea leaves according to the maturity level (shoots, young and mature leaves) were compared. In the study, the highest FRAP value was achieved in green tea (from shoots) with 14.83±0.21 µmol Fe<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ml<sup>-1</sup>. In the same study, the values obtained for TPC ranged from 56.63 (green tea from shoots) to 80.27 mg GAE g<sup>-1</sup> dw (black tea from mature). Oh et al. (2013) reported that total phenolic content in green tea was 144.52±5.36 mg GAE g<sup>-1</sup> dw.

There are differences in the units of FRAP values calculated in some studies carried out before. When a comparison is made by unit conversions, the values obtained in the present study are between the values determined by Rusak et al. (2008) and above reported by Hajimahmoodi et al., (2008) and Yazici and Goksu (2017). Similarly, the data obtained in the present study with respect to the total phenolic content are above the values stated by Ercisli et al. (2008), Erturk et al. (2010), Nor Qhairul Izzreen and Mohd Fadzelly (2013), Oh et al. (2013) and Yazici and Goksu (2017). In another study conducted in Malaysia, total phenolic content of Iran-100 tea clone was limited to 8.44±1.03 mg gallic acid equivalents (Gonbad et al., 2015). This value is too below the values obtained in present study.

Differences in the values obtained from different studies for antioxidant activity and total phenolic content may be due to the phenolic composition and quality of tea, and several other factors including pre-harvest and post-harvest conditions (Tounekti et al., 2013). These important factors also include genetic differences (Erturk et al., 2010), different environmental conditions (Hajiboland et al., 2011; Kaur et al., 2014), harvest season (Jayasekea et al., 2011), pruning age (Savsatli et al., 2018), harvest standards and frequency (Kaur et al., 2014), analysis methods (Rusak et al., 2008), manufacturing process (Carloni et al., 2013, Benzie and Szeto, 1999), type of tea (Karori et al., 2007; Tounekti et al., 2013).

## CONCLUSION

Tea genotypes multiplied from seeds collected from different locations of Rize produced leaves were rich in antioxidant activity and total phenolic content. The fact that the genotypes investigated in the study showed naturally high levels of antioxidant activity and total phenolic content. These results clearly prove that it is possible that these genotypes reached to high quality for tea breeding.

Table 2. Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) (mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw) in genotypes belonging to different locations (L)  
Çizelge 2. Farklı lokasyonlara (L) ait genotiplerin demir indirgenme antioksidan kapasitesi (FRAP) (mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw)

L1			L2			L3			L4			L5		
No	FRAP	Sx	No	FRAP	Sx	No	FRAP	Sx	No	FRAP	Sx	No	FRAP	Sx
1.	1042.7	±3.5 <sup>a-d</sup>	22.	906.9	±106.9 <sup>a-f</sup>	42.	1015.7	±11.7 <sup>a-c</sup>	62.	812.7	±30.1 <sup>c-e</sup>	79.	999.9	±80.8 <sup>a</sup>
2.	910.6	±11.3 <sup>a-f</sup>	23.	881.7	±57.2 <sup>a-f</sup>	43.	871.8	±17.3 <sup>b-e</sup>	63.	932.5	±22.9 <sup>a-c</sup>	80.	894.0	±35.6 <sup>ab</sup>
3.	1030.3	±2.7 <sup>a-d</sup>	24.	1063.3	±24.5 <sup>a-c</sup>	44.	1067.3	±4.8 <sup>a-b</sup>	64.	869.1	±15.2 <sup>b-d</sup>	81.	866.5	±10.6 <sup>ab</sup>
4.	815.6	±8.0 <sup>d-f</sup>	25.	933.9	±42.2 <sup>a-f</sup>	45.	1047.3	±8.8 <sup>ab</sup>	65.	745.8	±26.2 <sup>d-f</sup>	82.	964.0	±13.0 <sup>ab</sup>
5.	912.7	±8.4 <sup>a-f</sup>	26.	934.9	±24.1 <sup>a-f</sup>	46.	1019.4	±20.1 <sup>a-c</sup>	66.	1046.7	±15.0 <sup>a</sup>	83.	912.2	±9.2 <sup>ab</sup>
6.	859.9	±4.4 <sup>a-f</sup>	27.	1001.2	±16.2 <sup>a-d</sup>	47.	929.9	±46.8 <sup>a-e</sup>	67.	908.0	±30.7 <sup>a-c</sup>	84.	937.3	±46.7 <sup>ab</sup>
7.	719.3	±8.0 <sup>f</sup>	28.	1043.5	±13.3 <sup>a-d</sup>	48.	855.7	±35.2 <sup>c-e</sup>	68.	685.9	±46.2 <sup>ef</sup>	85.	970.6	±51.8 <sup>ab</sup>
8.	1007.8	±13.2 <sup>a-d</sup>	29.	938.5	±6.3 <sup>a-f</sup>	49.	894.5	±12.0 <sup>a-e</sup>	69.	990.6	±32.3 <sup>ab</sup>	86.	974.9	±75.2 <sup>a</sup>
9.	1028.4	±8.8 <sup>a-d</sup>	30.	1047.6	±15.4 <sup>a-d</sup>	50.	951.6	±23.8 <sup>a-e</sup>	70.	978.5	±27.3 <sup>ab</sup>	87.	958.9	±57.3 <sup>ab</sup>
10.	878.6	±6.4 <sup>a-f</sup>	31.	962.3	±19.3 <sup>a-e</sup>	51.	904.8	±12.4 <sup>a-e</sup>	71.	924.1	±52.1 <sup>a-c</sup>	88.	857.2	±28.6 <sup>ab</sup>
11.	1078.1	±5.8 <sup>ab</sup>	32.	873.1	±24.5 <sup>a-f</sup>	52.	960.7	±54.6 <sup>a-d</sup>	72.	998.8	±18.0 <sup>ab</sup>	89.	986.7	±25.7 <sup>a</sup>
12.	950.5	±8.0 <sup>a-f</sup>	33.	841.8	±9.3 <sup>b-f</sup>	53.	752.9	±72.2 <sup>e</sup>	73.	952.9	±9.0 <sup>a-c</sup>	90.	1089.6	±14.3 <sup>a</sup>
13.	925.5	±10.5 <sup>a-f</sup>	34.	979.2	±22.6 <sup>a-d</sup>	54.	883.9	±34.4 <sup>a-e</sup>	74.	935.7	±50.9 <sup>a-c</sup>	91.	956.7	±61.9 <sup>ab</sup>
14.	723.0	±1.9 <sup>e-f</sup>	35.	1080.5	±28.6 <sup>ab</sup>	55.	796.5	±59.6 <sup>d-e</sup>	75.	955.6	±2.1 <sup>a-c</sup>	92.	730.8	±49.0 <sup>b</sup>
15.	1004.5	±12.5 <sup>a-d</sup>	36.	977.4	±27.1 <sup>a-d</sup>	56.	1067.3	±25.2 <sup>ab</sup>	76.	638.4	±23.8 <sup>f</sup>	93.	977.4	±43.5 <sup>a</sup>
16.	898.5	±3.7 <sup>a-f</sup>	37.	1091.7	±7.5 <sup>a</sup>	57.	745.0	±88.4 <sup>e</sup>	77.	1034.9	±16.3 <sup>a</sup>			
17.	825.4	±5.9 <sup>c-f</sup>	38.	970.8	±29.9 <sup>a-d</sup>	58.	906.1	±16.9 <sup>a-e</sup>	78.	897.3	±16.1 <sup>a-d</sup>			
18.	832.7	±5.0 <sup>c-f</sup>	39.	961.2	±28.6 <sup>a-e</sup>	59.	1029.7	±23.3 <sup>a-c</sup>						
19.	891.5	±5.7 <sup>a-f</sup>	40.	1092.8	±30.6 <sup>a</sup>	60.	1085.8	±32.3 <sup>a</sup>						
20.	1093.0	±10.2 <sup>a</sup>	41.	904.4	±38.5 <sup>a-f</sup>	61.	905.6	±38.0 <sup>a-e</sup>						
21.	1044.8	±17.6 <sup>a-d</sup>												
% CV=7.6 F <sub>cal</sub> =5.3**			% CV=7.2 F <sub>cal</sub> =7.0**			% CV=5.6 F <sub>cal</sub> =16.4**			% CV=8.5 F <sub>cal</sub> =3.1**			% CV=4.7 F <sub>cal</sub> =5.6**		

\*\*Level of significance: Means with the same letter are not statistically significant (P<0.01). CV: Coefficient of Variation. F<sub>cal</sub>: Calculated F Value.  
Sx: Standard Error

Table 3. Total phenolic content (TPC) (mg GAE g<sup>-1</sup> dw) in genotypes belonging to different locations (L)  
Çizelge 3. Farklı lokasyonlara (L) ait genotiplerin toplam fenolik içeriği (TPC) (mg GAE g<sup>-1</sup> dw)

L1			L2			L3			L4			L5		
No	TPC	Sx	No	TPC	Sx	No	TPC	Sx	No	TPC	Sx	No	TPC	Sx
1.	292.2 ±3.5	i p	22.	371.9 ±4.8	c e	42.	295.5 ±8.6	a c	62.	253.8 ±11.3	e	79.	306.9 ±2.1	ab
2.	290.6 ±11.3	j p	23.	312.2 ±8.0	f n	43.	288.7 ±8.4	b d	63.	284.2 ±2.4	b e	80.	274.5 ±4.8	c f
3.	270.7 ±2.7	l p	24.	343.6 ±5.3	c i	44.	276.1 ±4.8	cd	64.	286.6 ±11.0	b e	81.	303.1 ±9.7	a c
4.	259.6 ±8.0	o p	25.	298.6 ±2.9	h p	45.	310.6 ±2.3	ab	65.	292.6 ±5.9	b e	82.	255.7 ±9.9	f
5.	391.7 ±8.4	bc	26.	274.9 ±9.1	k p	46.	312.9 ±6.2	ab	66.	314.5 ±6.9	a c	83.	292.8 ±6.4	a d
6.	324.0 ±4.4	e k	27.	319.5 ±16.5	f l	47.	295.1 ±5.4	a c	67.	301.5 ±3.1	a d	84.	305.4 ±1.2	ab
7.	272.0 ±8.0	l p	28.	343.6 ±13.5	c i	48.	235.9 ±3.4	ef	68.	283.3 ±14.0	b e	85.	310.4 ±2.5	ab
8.	383.3 ±13.2	cd	29.	345.9 ±10.5	c h	49.	289.1 ±4.4	b d	69.	277.8 ±13.7	b e	86.	317.8 ±5.3	a
9.	324.4 ±8.8	e k	30.	346.1 ±5.1	c h	50.	316.0 ±2.4	ab	70.	342.0 ±10.6	a	87.	286.8 ±6.1	b e
10.	318.2 ±6.4	f m	31.	298.2 ±7.7	h p	51.	302.1 ±3.9	a c	71.	268.9 ±9.0	de	88.	305.8 ±4.8	ab
11.	435.1 ±5.8	ab	32.	262.7 ±14.1	n p	52.	295.3 ±4.0	a c	72.	271.4 ±12.1	c e	89.	272.6 ±3.1	d f
12.	306.0 ±8.0	g o	33.	288.9 ±11.4	j p	53.	261.0 ±7.5	de	73.	322.6 ±6.2	ab	90.	260.0 ±9.5	ef
13.	333.5 ±10.5	d j	34.	304.0 ±3.9	g o	54.	279.2 ±5.0	cd	74.	298.8 ±6.2	a e	91.	296.5 ±2.6	a d
14.	248.7 ±1.9	p	35.	295.9 ±4.3	h p	55.	215.6 ±5.5	f	75.	319.1 ±3.3	ab	92.	272.6 ±4.8	d f
15.	380.6 ±12.5	cd	36.	313.7 ±1.8	f n	56.	278.8 ±8.4	cd	76.	300.3 ±8.4	a d	93.	266.6 ±3.4	d f
16.	353.5 ±3.7	c g	37.	291.6 ±5.8	j p	57.	304.4 ±5.0	a c	77.	318.8 ±4.2	ab			
17.	350.8 ±5.9	c g	38.	271.0 ±5.8	l p	58.	296.1 ±5.4	a c	78.	311.6 ±4.7	a d			
18.	360.1 ±5.0	c f	39.	295.9 ±8.4	h p	59.	315.5 ±1.8	ab						
19.	332.3 ±5.7	d j	40.	283.5 ±6.1	j p	60.	323.4 ±8.1	a						
20.	450.6 ±10.2	a	41.	267.9 ±14.4	m p	61.	210.9 ±6.8	f						
21.	363.4 ±17.6	c f												
% CV=4.9 F <sub>cal</sub> = 26.3**			% CV=3.5 F <sub>cal</sub> = 30.8**			% CV=5.0 F <sub>cal</sub> =7.0**			% CV=3.5 F <sub>cal</sub> =12.1**			% CV=4.6 F <sub>cal</sub> =33.8**		

\*\*Level of significance: Means with the same letter are not statistically significant (P<0.01). CV: Coefficient of Variation. F<sub>cal</sub>: Calculated F Value.  
Sx: Standard Error



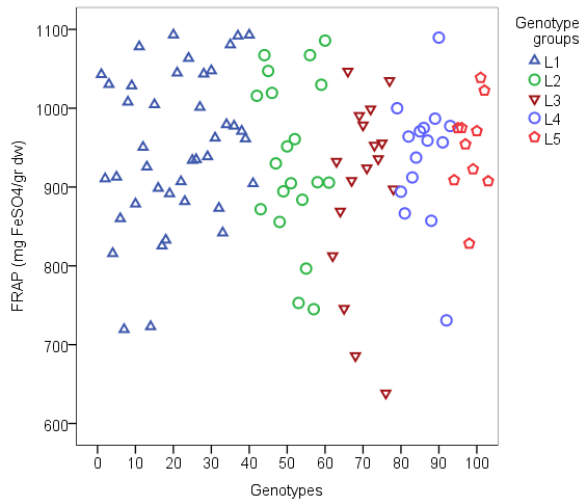


Figure 2. FRAP values of genotypes  
Şekil 2. Genotiplere ait FRAP değerleri

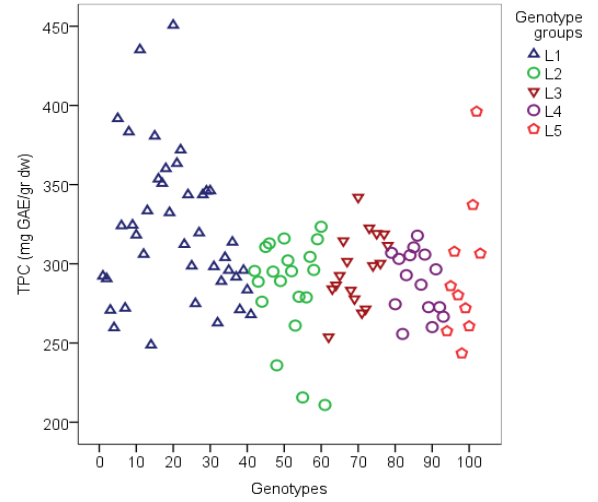


Figure 3. TPC values of genotypes  
Şekil 3. Genotiplere ait TPC değerleri

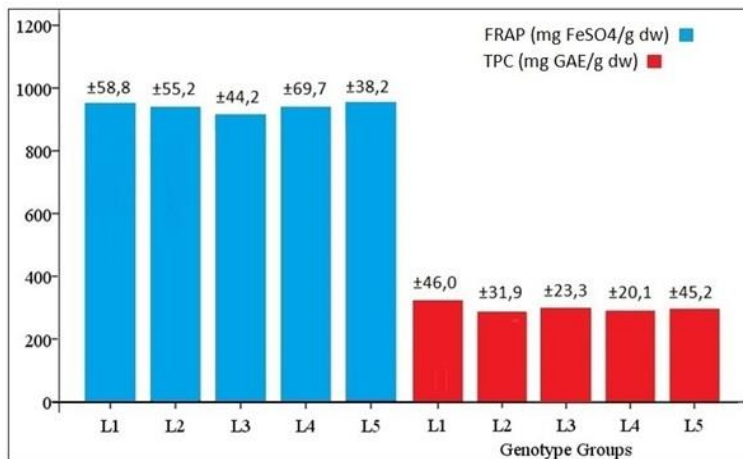


Figure 4. FRAP and TPC values of tea genotype groups  
Şekil 4. Genotiplere ait FRAP ve TPC değerleri

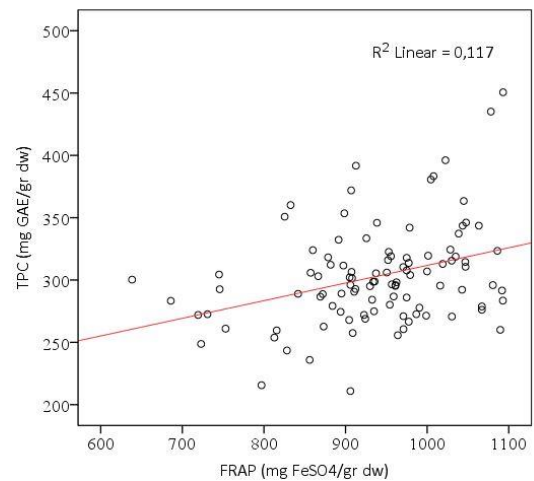


Figure 5. Relationship between FRAP and TPC  
Şekil 5. FRAP and TPC arasındaki ilişki

Considering the importance of consumption of tea rich in antioxidant on human health. It could be appropriate for breeders to focus on improving genotypes showing higher antioxidant activity than approximate value of 1000 mg FeSO<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> dw.

#### Contribution of Authors

The authors declare that they have contributed equally to the article.

#### Conflict of Interest

Article authors declare that there are no conflicts of interest among them.

#### ACKNOWLEDGEMENT

A part of this study is based on the data of the research supported under the TUBITAK-2209/A Project (2016/2). We thank TUBITAK for their support.

#### REFERENCES

- Anesini C, Ferraro GE, Filip R 2008. Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Commercially Available Tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 56: 9225-9229.
- Apostolides Z, Nyirenda HE, Mphangwe NIK 2006. Review of Tea (*Camellia sinensis*) Breeding and Selection in Southern Africa. Chapter 2. Plant Breeding and Selection in Southern Africa. 5(1): 13-19.
- Benzie IFF, Strain JJ 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant" Power: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*. (239): 70-76.
- Benzie IFF, Szeto YT 1999. Total Antioxidant Capacity of Teas by The Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. *Journal of Agricultural and food Chemistry*. 47: 633-636.

- Cantin CM, Moreno MA, Gogorcena Y 2009. Evaluation of the Antioxidant Capacity. Phenolic Compounds. and Vitamin C Content of Different Peach and Nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] Breeding Progenies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(11): 4586-4592.
- Capocasa F, Diamanti J, Tulipani S, Battino M, Mezzetti B 2008. Breeding Strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch) to Increase Fruit Nutritional Quality. *BioFactors*. 34: 67-72.
- Carloni P, Tiano L, Padella L, Bacchetti T, Customo C, Kay A, Damiani E 2013. Antioxidant Activity of White. Green and Black Tea Obtained from The Same Tea Cultivar. *Food Research International*. 53: 900-908.
- Ercisli S, Orhan E, Ozdemir O, Sengul M, Gungor N 2008. Seasonal Variation of Total Phenolic. Antioxidant Activity. Plant Nutritional Elements. and Fatty Acids in Tea Leaves (*Camellia sinensis* var. *sinensis* clone Derepazari 7) Grown in Turkey. *Pharmaceutical Biology*. 46(10-11): 683-687.
- Erturk Y, Ercisli S, Sengul M, Eser Z, Haznedar A, Turan M 2010. Seasonal Variation of Total Phenolic. Antioxidant Activity and Minerals in Fresh Tea Shoots (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 23(1): 69-74.
- Gonbad RA, Afzan A, Karimi E, Sinniah UR, Swamy MK 2015. Phytoconstituents and Antioxidant Properties among Commercial Tea (*Camellia sinensis* L.) Clones of Iran. *Electronic Journal of Biotechnology*. 18: 433-438.
- Graham HN 1992. Green Tea Composition. Consumption and Polyphenol Chemistry. *Preventive Medicine*. 21(3): 334-350.
- Hajiboland R, Bastani S, Rad SB 2011. Effect of Light Intensity on Photosynthesis and Antioxidant Defense in Boron Deficient Tea Plants. *Acta Biologica Szegediensis*. 55: 265-272.
- Hajimahmoodi M, Hanifeh M, Oveisi MR, Sadeghi N, Jannat B 2008. Determination of Total Antioxidant Capacity of Green Teas by The Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 5(3): 167-172.
- Hayakawa S, Saito K, Miyoshi N, Ohishi T, Oishi Y, Miyoshi M, Nakamura Y 2016. Anti-Cancer Effects of Green Tea by Either Anti- or Pro -Oxidative Mechanisms. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 17(4): 1649-54.
- Jayasekera S, Molan AL, Garg M, Moughan PJ 2011. Variation in Antioxidant Potential and Total Polyphenol Content of Fresh and Fully-Fermented Sri Lankan Tea. *Food Chemistry*. 125: 536-541.
- Jeganathan B, Punyasiri PAN, Kottawa-Arachchi JD, Ranatunga MAB, Abeysinghe ISB, Gunasekare MTK, Bandara BMR 2016. Genetic Variation of Flavonols Quercetin. Myricetin and Kaempferol in the Sri Lankan Tea (*Camellia sinensis* L.) and Their Health-Promoting Aspects. *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Food Science*. 9 p.
- Jiang S, Li H, Ma L, Liao H, Wang Z, Fu X, Wang C 2011. Antioxidant Activities of Selected Chinese Medicinal and Edible Plants. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 62(5): 441-444.
- Karori SM, Wachira FN, Wanyoko JK, Ngure RM 2007. Antioxidant Capacity of Different Types of Tea Products. *African Journal of Biotechnology*. 6(19): 2287-2296.
- Kaur L, Jayasekera S, Moughan PJ 2014. Antioxidant Quality of Tea (*Camellia sinensis*) as Affected by Environmental Factors. (Chapter 13. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages. Elsevier. Ed. Victor Preedy) 121-129.
- Liu H, Qiu N, Ding H, Yao R 2008. Polyphenols Contents and Antioxidant Capacity of 68 Chinese Herbals Suitable for Medical or Food Uses. *Food Research International*. 41: 363-370.
- Mir BA, Rasool S, Rehman MU, Amin I, Ali R 2019. Anticancer Mechanistic Insights of Epigallocatechin-3-Gallate. An Active Ingredient of Green Tea (*Camellia sinensis*). (Plant and Human Health. Ed. Ozturk M and Hakeem K. Springer. Cham) 2: 139-157.
- Nibir YM, Sumit AF, Akhand AA, Ahsan N, Hossain MS 2017. Comparative Assessment of Total Polyphenols. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Different Tea Varieties of Bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 7(4): 352-357.
- Nor Qhairul Izzreen MN, Mohd Fadzelly AB 2013. Phytochemicals and Antioxidant Properties of Different Parts of *Camellia sinensis* leaves from Sabah Tea Plantation in Sabah. Malaysia. *International Food Research Journal*. 20(1): 307-312.
- Oh J, Jo H, Cho AR, Kim S, Han J 2013. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Various Leafy Herbal Teas. *Food Control*. 31: 403-409.
- Ogut S 2014. Importance of Natural Antioxidants. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*. 11(1): 25-30.
- Rusak G, Komes D, Likic S, Horzic D, Kovac M 2008. Phenolic Content and Antioxidative Capacity of Green and White Tea Extracts Depending on Extraction Conditions and The Solvent Used. *Food Chemistry*. 110: 852-858.
- Savsatli Y, Ozcan A, Catal MI, Yurteri E, Seyis F 2018. The Effect of Pruning Age and Diurnal Variability on The Antioxidant Activity of Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz) Leaves in Organic Tea Farming. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 6(2): 163-168.

- Scalzo J, Battino M, Costantini E, Mezzetti B 2005. Breeding and Biotechnology for Improving Berry Nutritional Quality. *BioFactors*. 23: 213-220.
- Shannon E, Jaiswal AK, Abu-Ghannam N 2018. Polyphenolic Content and Antioxidant Capacity of White, Green, Black, and Herbal Teas: A Kinetic Study. *Food Research*. 2(1): 1-11.
- Sirisa-Ard P, Peerakam N, Sutheeponhwiroy S, Shimamura T, Kiatkarun S 2017. Biological Evaluation and Application of Fermented Miang (*Camellia sinensis* var. *assamica* (J.W. Mast.) Kitam.) for Tea Production. *Journal of Food and Nutrition Research*. 5(1): 48-53.
- Stushnoff C, Holm D, Thompson MD, Jiang W, Thompson HJ, Joyce NI, Wilson P 2008. Antioxidant Properties of Cultivars and Selections from the Colorado Potato Breeding Program. *American Journal of Potato Research*. 85:267-276.
- Tariq AL, Reyaz AL 2013. Antioxidant Activity of *Camellia sinensis* Leaves. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2(5): 40-46.
- Taylor S 2003. Tea Types. Production, and Trade. (2<sup>nd</sup> ed. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Ed. Caballero B et al. Elsevier) 5737-5743.
- Tounekti T, Joubert E, Hernández I, Munné-Bosch S 2013. Improving The Polyphenol Content of Tea. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 32: 192-215.
- Van Hethof KH, Deboer HS, Wiseman SA, Lien N, Westrate JA, Tijburg LB 1997. Consumption of Green or Black Tea does not Increase Resistance of Low-Density Lipoprotein to Oxidation in Humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 66(5): 1125-1132.
- Vishnoi H, Bodla RB, Kant R 2018. Green Tea (*Camellia sinensis*) and Its Antioxidant Property: A Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 9(5): 1723-36.
- Waheed A, Hamid FS, Ahmad N 2001. Criteria Used in Selection of Locally Best Tea Bushes. *Journal of Biological Sciences*. 1(1): 21-23.
- Wang YC, Bachrach U 2002. The Specific Anti-Cancer Activity of Green Tea (-)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG). *Amino Acids*. 22: 131-143.
- Waterhouse AL 2002. Determination of Total Phenolics. (Current Protocols in Food Analytical Chemistry. Ed. Wrolstad RE et al. John Wiley and Sons) 11.11-11-18.
- Weisburger JH 1997. Tea and Health: A Historical Perspective. *American Health Foundation*. 114(1-2): 315-317.
- Yagi C, Ikeda N, Sato D 2010. Characteristics of Eight Japanese Tea Cultivars. *College of Tropical Agriculture and Human Resources. Fruits and Nuts-15*: 1-6.
- Yazici K, Goksu B 2017. Effects of Kaolin (M-99-099) Application on Antioxidant and Phenolic Compounds in Tea Leaves (*Camellia sinensis* L.O. Kuntze). *Biochemical Genetics*. 55: 367-377

## Investigation of the Cytotoxic Effect of Ethyl Pyruvate on Various Cancer Cell Lines

Elif AYAZOGLU DEMİR<sup>1</sup>, Selim DEMİR<sup>2\*</sup>, Ibrahim TURAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Macka Vocational High School, Karadeniz Technical University, 61750 Trabzon, Turkey, <sup>2</sup>Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Karadeniz Technical University, 61080 Trabzon, Turkey, <sup>3</sup>Department of Genetic and Bioengineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Gumushane University, 29100 Gumushane, Turkey.

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9027-7633>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1863-6280>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-3400-5494>

\*: selim-demir@hotmail.com

### ABSTRACT

Ethyl pyruvate (EP) is a simple aliphatic ester derived from pyruvic acid which is an endogenous metabolite. Although various studies have investigated the antioxidant and anti-inflammatory properties of EP, there has been only limited research into the cytotoxic effect of EP on cancer cells. The aim of this study was to determine the cytotoxic effects of EP on cells representing common cancer types. EP was purchased commercially and intermediate stock solutions were prepared with phosphate buffer saline. The cytotoxic effect of EP on human melanoma (VMM917), cervix (HeLa), breast (MCF-7), lung (A549), liver (HepG2), colon (WiDr) cancer and normal fibroblast (BJ) cells was determined using the MTT assay. Cisplatin was used as a positive control in cytotoxicity experiments. The results showed that EP exhibits selective cytotoxic effect on VMM917 (10.1-fold) and HeLa (3.04-fold) cells compared to BJ cells. This study shows for the first time that EP has a highly selective cytotoxic effect, especially on melanoma and cervix cancer cells. The mechanism of this effect needs to be elucidated by more extensive studies.

### Research Article

#### Article History

Received : 23.03.2020

Accepted : 29.05.2020

#### Keywords

Cancer

Cell culture

Cytotoxicity

Ethyl pyruvate

## Etil Piruvatın Çeşitli Kanser Hücre Hatları Üzerindeki Sitotoksik Etkisinin İncelenmesi

### ÖZET

Etil piruvat (EP), endojen bir metabolit olan pirüvik asitten türetilen basit bir alifatik esterdir. Çeşitli çalışmalar EP'nin antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklerini ortaya koymuş olmasına rağmen, EP'nin kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisi hakkında sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, EP'nin yaygın kanser türlerini temsil eden hücreler üzerindeki sitotoksik etkilerini belirlemektir. Çalışmada kullanılan EP ticari olarak satın alınmış ve ara stok çözeltiler fosfat tamponu ile hazırlanmıştır. EP'nin insan melanoma (VMM917), serviks (HeLa), meme (MCF-7), akciğer (A549), karaciğer (HepG2), kolon (WiDr) kanseri ve normal fibroblast (BJ) hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisi MTT testi kullanılarak belirlenmiştir. Sitotoksikite deneylerinde pozitif kontrol olarak cisplatin kullanılmıştır. Sonuçlar EP'nin BJ hücrelerine kıyasla VMM917 (10.1 kat) ve HeLa (3.04 kat) hücreleri üzerinde seçici sitotoksik etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu çalışma, EP'nin özellikle melanoma ve serviks kanseri hücreleri üzerinde oldukça seçici bir sitotoksik etkiye sahip olduğunu ilk kez göstermektedir. Bu etkinin mekanizmasının daha kapsamlı çalışmalarla açıklanması gerekmektedir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Received : 23.03.2020

Accepted : 29.05.2020

#### Anahtar Kelimeler

Etil piruvat

Hücre kültürü

Kanser

Sitotoksikite

**To Cite :** Ayazoğlu Demir E, Demir S, Turan İ 2020. Investigation of the Cytotoxic Effect of Ethyl Pyruvate on Various Cancer Cell Lines. KSU J. Agric Nat 24 (1): 49-56. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.707661>.

### INTRODUCTION

Cancer is a term that generally refers to more than 277 types of diseases, and is the second leading cause of death worldwide (Hassanpour and Dehghani, 2017). Overall, the prevalence of cancer has been increasing

steadily on a yearly basis and it is estimated that 18.1 million people were diagnosed with cancer and 9.1 million cancer-related deaths occurred in 2018 in the world (Bray et al., 2018). The formation of cancer is explained with the theory that cancer formation



develops as a result of mutations and that physiological cells are transformed into cancer cells programmed for continuous reproduction (Sever and Brugge, 2015). In general, the process of cancer formation occurs as a result of disruption of cellular signaling, which creates a negative effect on the control of the cell cycle (Hassanpour and Dehghani, 2017). Proto-oncogenes are responsible for cell division under normal conditions, but their becoming oncogene as a result of genetic mutations causes tumor formation. In addition, the ineffectiveness of tumor suppressor genes further triggers this uncontrolled cell division (Wang et al., 2018). Today, various methods, such as chemotherapy, radiotherapy, surgical resection and immunotherapy are used in the cancer treatment. Although chemotherapy is one of the widely used treatment method against cancer, the emergence of side effects and drug resistance over time decreases the percentage of success (Demir et al., 2018a). To overcome these problems, scientists have stepped up new chemotherapeutic discovery studies (Kilinc et al., 2020).

Pyruvate, an important metabolite in cellular energy metabolism, is produced as a result of glycolysis. The pyruvate is used as a substrate for the tricarboxylic acid cycle, and as a result of this cycle, ATP and electron-rich compounds (NADH and FADH<sub>2</sub>) are produced (Liang et al., 2009; Demir et al., 2020a). Pyruvate is not only an end product of the glycolysis metabolic pathway in cells, but also an endogenous antioxidant and free radical scavenger. The determination that pyruvate is an effective reactive oxygen species (ROS) scavenger encouraged many researchers to try using it as a therapeutic agent for the treatment of various pathological conditions that are thought to mediate redox-dependent phenomena (Sappington et al., 2003). Despite the promising findings from further studies, the utility of pyruvate as a therapeutic agent was found to be limited by its poor stability in solution. When pyruvate dissolves in water, it can undergo condensation and cyclization reactions spontaneously, and some intermediates formed may exhibit toxic effects. Due to these disadvantages of pyruvate, different analogs, such as sodium pyruvate (SP), methyl pyruvate (MP) and ethyl pyruvate (EP) have been produced in time (Sappington et al., 2003; Vyawahare et al., 2012). EP is a simple aliphatic ester derived from pyruvic acid which is the endogenous metabolite (Vyawahare et al., 2012). The effective ROS scavenger, anti-inflammatory, cardioprotective and neuroprotective properties of EP have been determined through *in vitro* and *in vivo* studies (Vyawahare et al., 2012; Turkmen et al., 2016a; Turkmen et al., 2016b). Although these studies have described the protective roles of EP in cells, tissues and organs, its cytotoxic effect has so far been demonstrated only in some cancer models, such as

lung, pancreas and malignant mesothelioma (Park et al., 2011; Li et al., 2012a; Pellegrini et al., 2017). Recently, Zhou and Sakamoto (2019) reported that EP inhibits the proliferation of mouse melanoma (B16F10) cells through inhibiting tyrosinase activity and modulating ROS-ERK signaling pathway. Human melanoma (VMM917), cervix (HeLa), breast (MCF-7) and colon (WiDr) cancer cell lines are frequently used in *in vitro* experiments as melanoma, cervix, breast and colon cancer models, respectively (Narisawa-Saito et al., 2008; Berg et al., 2017; Liu et al., 2017; Montagner and Sahai, 2020). However, there is no study that determines the cytotoxic effect of EP on these four cell lines. The aim of this study was to determine the cytotoxic effects of EP on these cell lines for the first time.

## MATERIALS and METHOD

### Chemicals

Ethyl pyruvate (CH<sub>3</sub>COCOOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, purity: 98%, Cat No: E47808) was purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) and serial dilutions were prepared with phosphate buffer saline (PBS). All other chemicals used in cytotoxicity studies were purchased from Lonza (Verviers, Belgium), Biological Industries (Kibbutz Beit Haemek, Israel) and Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA).

### Cell Culture

Human melanoma (VMM917), cervix adenocarcinoma (HeLa), breast adenocarcinoma (MCF-7), lung carcinoma (A549), hepatocellular carcinoma (HepG2), colon adenocarcinoma (WiDr) and normal foreskin fibroblast (BJ) cells were supplied by the American Type Culture Collection (Manassas, VA, USA). All cells were cultured in Eagle's minimum essential medium (EMEM) supplemented with 10% heat inactivated fetal bovine serum and 1% gentamicin solution and the cells were incubated at 37°C with 5% CO<sub>2</sub> supply (Demir et al., 2018a).

### Cytotoxicity Experiments

3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide (MTT) assay was employed to determine the cytotoxic effect of EP on various cell lines as described earlier with slight modifications (Mosmann, 1983; Turan et al., 2017). All cancer cells were seeded into 96-well microplates with 10.000 cells per well, while BJ cells were seeded with 2.500 cells per well (Demir et al., 2019a; Demir et al., 2019b). All cells were then incubated with varying concentrations of EP (0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5 and 5 mM) for 72-h (Park et al., 2011; Cheng et al., 2014). Cisplatin (CDDP) was used as a positive control in cytotoxicity experiments to show that the experimental setup was working correctly (Demir et al., 2018b). At the end of the period,

the plate contents were removed and 10 µL of MTT (0.25 mg mL<sup>-1</sup>) dye was added to the wells and the cells were incubated with this dye for 3 h (Turan et al., 2018). The formazan crystals formed at the end of the incubation were dissolved with dimethyl sulfoxide (DMSO) and the resulting optic density was measured using a microplate reader (Molecular Devices Versamax, California, USA) at 570 nm. Cell viability values corresponding to each concentration were calculated according to the negative control using the obtained absorbance values. Dose-response curves were drawn using %logarithmic concentrations against cell viability and the IC<sub>50</sub> value of EP and CDDP were calculated for each cell line (Aliyazicioglu et al., 2019; Demir et al., 2020b). IC<sub>50</sub> values calculated for EP and CDDP in all cell lines were used to determine the selectivity index value with the following formula (Turan et al., 2019):

$$\text{Selectivity index} = \text{BJ cells IC}_{50} / \text{Cancer cells IC}_{50}$$

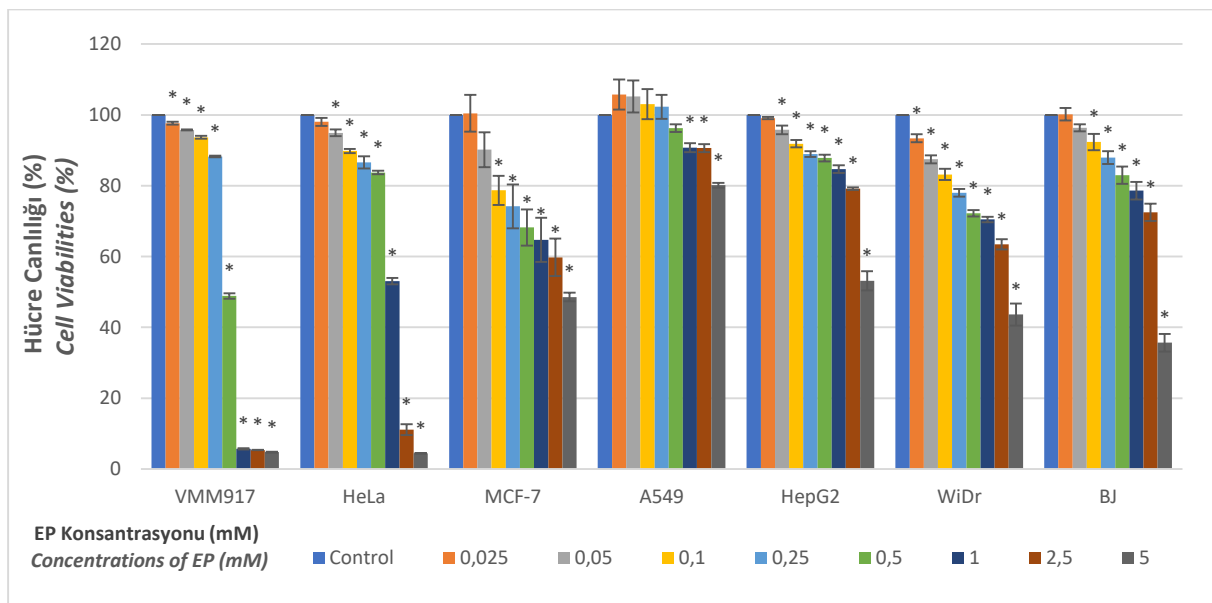
### Statistical Analysis

All cytotoxicity experiments were performed four times. The distribution of the data was examined with the Kolmogorov-Smirnov test. Data showing normal distribution were expressed as arithmetic mean±standard deviation. Statistical analyzes between the groups were revealed by ANOVA and post-hoc Tukey tests. p<0.01 was regarded as

significant.

### RESULTS and DISCUSSION

Ethyl pyruvate is a stable and lipophilic ester derived from the endogenous metabolite pyruvic acid (Pellegrini et al., 2017) and it has been reported that it has many beneficial biological properties, such as antioxidant, anti-inflammatory, cardioprotective and neuroprotective (Vyawahare et al., 2012; Turkmen et al., 2016b; Turkmen et al., 2016b). However, the cytotoxic effect of EP has so far been demonstrated only in some cancer models, such as lung, pancreas, malignant mesothelioma (Park et al., 2011; Li et al., 2012a; Pellegrini et al., 2017). Therefore, this study aimed to determine the cytotoxic effect of EP on cell lines, including VMM917, A549, HepG2, HeLa, WiDr and MCF-7, representing common cancers in the world. The cytotoxic effect of EP on these cell lines was determined using the MTT assay and the the growth curves of the cells are shown in Figure 1. When all cells are evaluated together (except on A549 cell line), statistically significant cytotoxic effect of EP was emerged starting at a concentration of 0.1 mM. Although, the growth curves showed that EP exhibited cytotoxic effect in all studied cancer cells in a dose-dependent manner, the most strong cytotoxic effect was determined in VMM0917 and HeLa cells.



Şekil 1. EP'nin kanser ve BJ hücre hatları üzerindeki sitotoksik etkisi. \*Kontrol ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farkı belirtir (p<0.01).

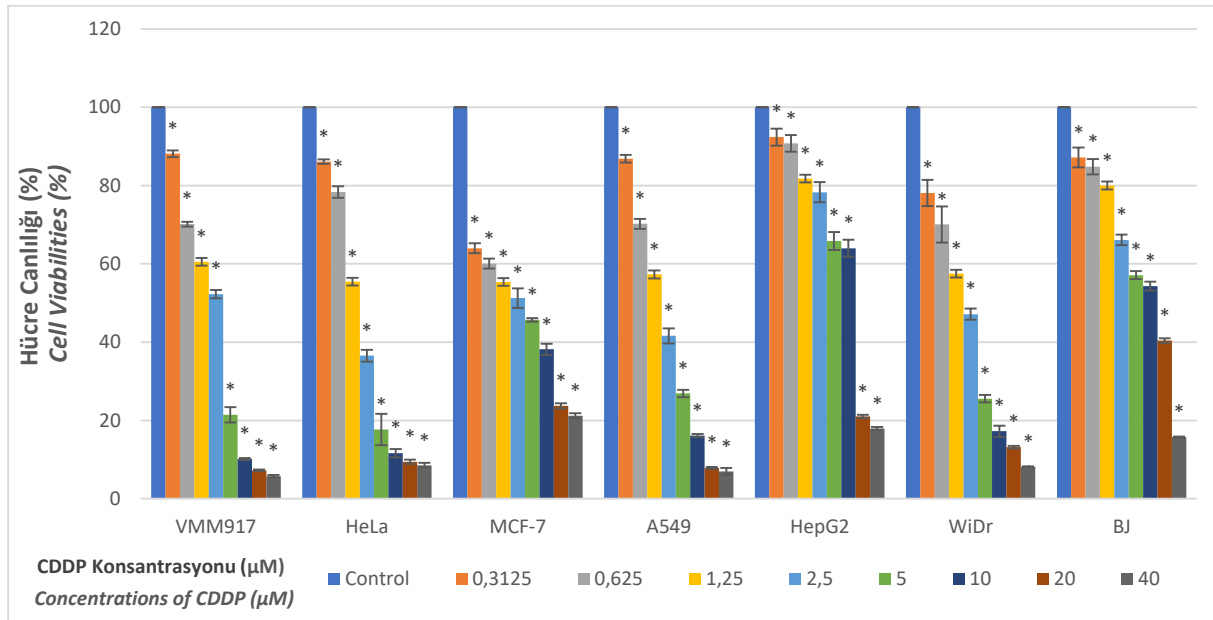
Figure 1. The cytotoxic of EP on cancer and BJ cell lines. \*Denotes statically significant differences in comparison with control (p<0.01).

Cisplatin is a metallic (platinum) coordination compound with square planar geometry (Dasari and Tchounwou, 2014). It was approved by the U.S. Food and Drug Administration (FDA) in 1978 for use in cancer chemotherapy (Makovec, 2019). CDDP is used

in the clinical treatment of different types of cancer, such as lung, ovarian, breast, brain, head and neck (Dasari and Tchounwou, 2014). The main target molecule of CDDP in eukaryotic cells is DNA. It binds to the N7 reactive sides of purine residues which

causes DNA damage in cancer cells, blocks cell division and causes apoptotic cell death (Makovec, 2019). The other mechanisms of cytotoxic effect of CDDP are described with its ability to induce oxidative stress, modulate the intracellular calcium level and proliferation signaling pathways (Dasari and Tchounwou, 2014). Chemotherapeutic drugs, such as

CDDP and paclitaxel are used *in vitro* cytotoxicity studies to demonstrate that the experimental setup is working properly (Demir et al., 2020b; Misir et al., 2020). CDDP was therefore employed as a positive control in cytotoxicity experiments and the concentration dependent cytotoxic effect of CDDP was shown in Figure 2.



Şekil 2. CDDP'nin kanser ve BJ hücre hatları üzerindeki sitotoksik etkisi. \*Kontrol ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farkı belirtir ( $p < 0.01$ ).

Figure 2. The cytotoxic of CDDP on cancer and BJ cell lines. \*Denotes statically significant differences in comparison with control ( $p < 0.01$ ).

In order to make the results more understandable, the  $IC_{50}$  values of EP and CDDP in all studied cell lines were calculated and presented in Table 1. When Table 1 is examined, it is seen that  $IC_{50}$  values for EP ranged from 0.34 to 3.79 mM. The concentration range of 0.025-5 mM prepared by serial dilution for ethyl pyruvate was used in the study.  $IC_{50}$  values could not be calculated for A549 and HepG2 cells since 50% growth inhibition was not also observed even in the highest concentration of EP (5 mM).

Çizelge 1. Farklı hücre hatlarında EP ve CDDP için hesaplanan  $IC_{50}$  değerleri (n=4)

Table 1.  $IC_{50}$  values calculated for EP and CDDP on different cell lines (n=4)

Hücre Serileri (Cell Lines)	EP (mM)	CDDP (µM)
VMM917	0.34±0.01	2.34±0.05
HeLa	1.13±0.01	2.06±0.14
MCF-7	3.51±0.53	3.73±0.27
A549	>5	2.13±0.12
HepG2	>5	9.14±0.16
WiDr	3.79±0.26	2.76±0.22
BJ	3.44±0.24	12.07±0.34

In consistent with these results, Cheng *et al.* (2014) reported that EP inhibits the proliferation of liver cancer cell lines (SMMC-7721, HepG2, and HCC-LM3) in a dose-dependent manner and the  $IC_{50}$  values were 24.7, 29.7, and 20.4 mM, respectively. Michel *et al.* (2019) demonstrated that the concentrations of 1, 5, 10, 15 and 20 mM EP exhibits dose dependent antiproliferative effect on HepG2 cells. Lim *et al.* (2007) demonstrated that EP inhibits high mobility group box protein 1 (HMGB1) release through inducing the necrosis-to-apoptosis switch in A549 lung adenocarcinoma cells, while Liu *et al.* (2019) reported that the concentration of 30 mM EP inhibits the growth of A549 cells through HMGB1/receptor for advanced glycation end products (RAGE) axis and the nuclear factor kappa-B (NF-κB)/signal transducer and activator of transcription 3 (STAT3) pathway. No literature comparison has been made since there is no study showing the cytotoxic effect of EP on VMM917, WiDr, HeLa and MCF-7 cell lines. However, cytotoxic effects of EP have been also reported in different cell lines, such as colon adenocarcinoma (MC38) (Liang et al., 2009), gallbladder carcinoma (GBC-SD and SGC-996) (Li et al., 2012b), gastric carcinoma (SGC-7901) (Zhang et al., 2012), leukemia (THP-1 and K562) (Birkenmeier et al. 2016), prostate adenocarcinoma

(PC-3 and CWR22RV1) (Huang et al. 2018) and diffuse large B-cell lymphoma (Su-DHL-4, Su-DHL-8, and Su-DHL-10) (Zhang et al., 2019). The mechanism of this cytotoxic effect of EP is explained by its property to increase the rate of apoptosis and autophagy (Liang et al., 2009), to arrest the cell cycle (Birkenmeier et al. 2016; Huang et al. 2018; Zhang et al., 2019) and to decrease the expression of some proteins related the formation of tumor microenvironment, such as HMGB1, RAGE, vascular endothelial growth factor (VEGF) and matrix metalloproteinases (MMPs) proteins (Li et al., 2012b; Zhang et al., 2012).

When all cells are evaluated together, statistically significant cytotoxic effect of CDDP was emerged starting at a concentration of 0.3125  $\mu\text{M}$ . In order to make the results more understandable, the  $\text{IC}_{50}$  values ( $\mu\text{M}$ ) of CDDP in all studied cell lines were calculated and presented in Table 1. When Table 1 is examined, it is seen that  $\text{IC}_{50}$  values for CDDP ranged from 2.06 to 9.14  $\mu\text{M}$  in cancer cell lines. Consistent with these results, it is reported that the  $\text{IC}_{50}$  values of CDDP on HeLa and A549 cell lines vary between 0.75 to 8.6  $\mu\text{M}$  (Gumus et al., 2009; Casagrande et al., 2013; Singh et al., 2015) and 1.12 to 7  $\mu\text{M}$  (Adach et al., 2016; Jin et al., 2019; Zhang et al., 2020), respectively. Similarly, it is reported that the  $\text{IC}_{50}$  values of CDDP on MCF-7 and HepG2 cell lines vary between 3.09 to 12.5  $\mu\text{M}$  (Aung et al., 2007; Gumus et al., 2009; Mansouri-Torshizi et al., 2016) and 7.75 to 24.1  $\mu\text{M}$  (Sakinah et al., 2007; Adach et al., 2016; Hashiesh et al., 2018), respectively. In parallel with these results, it is reported that the  $\text{IC}_{50}$  values of CDDP on WiDr and BJ cell lines vary between 1.2 to 6  $\mu\text{M}$  (Temmink et al., 2007; Turan et al., 2018; van Zweeden et al., 2018) and 13 to 20  $\mu\text{M}$ , (Adach et al., 2016; Col Ayvaz et al., 2017; Varbanov et al., 2019), respectively. Since there is no study in the literature investigating the cytotoxic effect of CDDP on the VMM917 cell line, no direct comparison could be made.

Selectivity is one of the most important criteria for a compound to be evaluated as a chemotherapeutic (Demir et al., 2019b). For this reason, one normal BJ cell line was used along with six cancer cells in the study. The selectivity index of the EP and CDDP for all studied cancer cells were calculated using the formula described in the "Materials and Method Section" of the  $\text{IC}_{50}$  values obtained for each cell and results were presented in Table 2. Since the  $\text{IC}_{50}$  value cannot be calculated in the A549 and HepG2 cells for EP, the selectivity index value could not be calculated in these two cell lines. Other results showed that EP exhibited a highly selective cytotoxic effect, especially in the VMM917 and HeLa cell lines. In fact, the selectivity index value of EP obtained for VMM917 is higher than the CDDP which was used as positive control. Malign cervical tumors are one of the most common malignancies in the female population. More than half

a million women are diagnosed with cervical cancer each year, and approximately 300.000 cervical cancer-related deaths occur each year (Cohen et al., 2019). Melanoma represents the most aggressive and deadliest form of skin cancer and according to WHO data, about 132.000 new cases of melanoma are diagnosed globally each year. (Domingues et al., 2018). Although chemotherapy is one of the most used treatment method of melanoma and cervical cancer, the development of drug resistance over time and the occurrence of side effects negatively affect the continuity and success percentage of the treatment. For this reason, studies are continuing to discover chemotherapeutics with selective cytotoxic effects (Demir et al., 2018b; Domingues et al., 2018). In this regard, we think that the results of this study, which demonstrated the selective cytotoxic effect of EP on VMM917 and HeLa cells for the first time, are important. The mechanism of the selective cytotoxic effect of EP, especially on these two cell lines, should be determined and the results should be supported by *in vivo* studies.

Çizelge 2. EP ve CDDP'nin seçicilik indeks değerleri  
Table 2. Selectivity index values of EP and CDDP

Hücre Serileri (Cell Lines)	Test Bileşikleri (Test Compounds)	
	EP	CDDP
VMM917	10.1	5.16
HeLa	3.04	5.86
MCF-7	0.98	3.24
A549	Not determined	5.67
HepG2	Not determined	1.32
WiDr	0.91	4.38

## CONCLUSION

This is the first study to determine the cytotoxic effect of EP on VMM917, HeLa MCF-7 and WiDr cell lines. It was determined that the extract had selective cytotoxic effect especially against VMM917 and HeLa cells. The determination of the mechanism of this cytotoxic effect through more extensive studies is thought to contribute to the usability of EP as a potential therapeutic agent in melanoma and cervix cancer.

## Researchers Contribution Rate Declaration Summary

The authors declare that they have contributed equally to the article.

## Conflicts of Interest Statement

None of the authors had any financial or personal relationships with other individuals or organizations that might inappropriately influence their work during the submission process.



## REFERENCES

- Adach A, Daszkiewicz M, Tyszka-Czochara M 2016. A family of complexes with N-scorpionate-type and other N-donor ligands obtained in situ from pyrazole derivative and zerovalent cobalt. Physicochemical and cytotoxicity studies. RSC Adv, 6: 44070.
- Aliyazicioglu Y, Demir S, Yaman SO, Sener SO, Demir EA, Aliyazicioglu R, Turan I 2019. Phytochemical analysis of *Dorycnium pentaphyllum* and its antiproliferative effect on cervix cancer cells. KSU J Agric Nat, 22(Suppl 2): 365-373.
- Aung HH, Mehendale SR, Wang CZ, Xie JT, McEntee E 2007. Cisplatin's tumoricidal effect on human breast carcinoma MCF-7 cells was not attenuated by American ginseng. Cancer Chemother Pharmacol, 59(3): 369-374.
- Berg KCG, Eide PW, Eilertsen IA, Johannessen B, Bruun J, Danielsen SA, Bjørnslett M, Meza-Zepeda LA, Eknæs M, Lind GE, Myklebost O, Skotheim RI, Sveen A, Lothe RA 2017. Multi-omics of 34 colorectal cancer cell lines-a resource for biomedical studies. Mol Cancer, 16(1): 116.
- Birkenmeier G, Hemdan NY, Kurz S, Bigl M, Pieroh P, Debebe T, Buchold M, Thieme R, Wichmann G, Dehghani F, 2016. Ethyl pyruvate combats human leukemia cells but spares normal blood cells. PLoS One, 11(8): e0161571.
- Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, Siegel RL, Torre LA, Jemal A 2018. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA Cancer J Clin, 68(6): 394-424.
- Casagrande N, De Paoli M, Celegato M, Borghese C, Mongiat M, Colombatti A, Aldinucci D 2013. Preclinical evaluation of a new liposomal formulation of cisplatin, lipoplatin, to treat cisplatin-resistant cervical cancer. Gynecol Oncol, 131: 744-752.
- Cheng P, Dai W, Wang F, Lu J, Shen M, Chen K, Li J, Zhang Y, Wang C, Yang J, Zhu R, Zhang H, Zheng Y, Guo CY, Xu L 2014. Ethyl pyruvate inhibits proliferation and induces apoptosis of hepatocellular carcinoma via regulation of the HMGB1-RAGE and AKT pathways. Biochem Biophys Res Commun, 443(4): 1162-1168.
- Cohen PA, Jhingran A, Oaknin A, Denny L 2019. Cervical cancer. Lancet, 393: 169-182.
- Col Ayyavaz M, Turan I, Dural B, Demir S, Karaoglu K, Aliyazicioglu Y, Serbest K 2017. Synthesis, *in vitro* DNA interactions, cytotoxicities, antioxidative activities, and topoisomerase inhibition potentials of Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), and Zn(II) complexes with azo-oxime ligands. Turk J Chem, 41(5): 728-747.
- Dasari S, Tchounwou PB 2014. Cisplatin in cancer therapy: molecular mechanisms of action. Eur J Pharmacol, 740: 364-378.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y 2018a. Cytotoxic effect of *Rhododendron luteum* leaf extract on human cancer cell lines. KSU J Agric Nat, 21(6): 950-956.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu R, Ozer Yaman S, Aliyazicioglu Y 2018b. *Primula vulgaris* extract induces cell cycle arrest and apoptosis in human cervix cancer cells. J Pharm Anal, 8(5): 307-311.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y 2019a. Antioxidant properties of *Primula vulgaris* flower extract and its cytotoxic effect on human cancer cell lines. KSU J Agric Nat, 22(1): 78-84.
- Demir S, Turan I, Misir S, Aliyazicioglu Y 2019b. Selective cytotoxic effect of *Dorycnium pentaphyllum* extract on human breast, liver, and lung cancer cells. KSU J Agric Nat, 22(3): 473-479.
- Demir S, Kazaz IO, Aliyazicioglu Y, Kerimoglu G, Teoman AS, Yaman SO, Arslan A, Mentese A 2020a. Effect of ethyl pyruvate on oxidative state and endoplasmic reticulum stress in a rat model of testicular torsion. Biotech Histochem, 95(4): 317-322.
- Demir S, Ozer Yaman S, Sener SO, Ayazoglu Demir E, Aliyazicioglu R, Ozgen U, Mentese A, Deger O, Aliyazicioglu Y 2020b. *Dorycnium pentaphyllum* extract has antiproliferative effect on human cervix and colon cancer cells. Nutr Cancer, 72(3): 504-512.
- Domingues B, Lopes JM, Soares P, Pópulo H 2018. Melanoma treatment in review. ImmunoTargets and Therapy, 7: 35-49.
- Gumus F, Eren G, Acik L, Celebi A, Ozturk F, Yilmaz S, Sagkan RI, Gur S, Ozkul A, Elmalı A, Elerman Y 2009. Synthesis, cytotoxicity, and DNA interactions of new cisplatin analogues containing substituted benzimidazole ligands. J Med Chem, 52: 1345-1357.
- Hassanpour SH, Dehghani M 2017. Review of cancer from perspective of molecular. J Cancer Res Pract, 4: 127-129.
- Hashiesh HM, Elkhoely AA, Eissa AA, Youns MM 2018. Rosmarinic acid enhances cisplatin cytotoxicity in HepG2 cell line and attenuates its nephrotoxicity in mice. Int J Pharm Sci Res, 9(7): 2731-2743.
- Huang B, Lv DJ, Wang C, Shu FP, Gong ZC, Xie T, Yu YZ, Song XL, Xie JJ, Li S, Liu YM, Qi H, Zhao SC 2018. Suppressed epithelial-mesenchymal transition and cancer stem cell properties mediate the anti-cancer effects of ethyl pyruvate via regulation of the AKT/nuclear factor- $\kappa$ B pathway in prostate cancer cells. Oncol Lett, 16(2): 2271-2278.
- Jin C, Song P, Pang J 2019. The CK2 inhibitor CX4945 reverses cisplatin resistance in the A549/DDP human lung adenocarcinoma cell line. Oncol Lett, 18: 3845-3856.
- Kilinc K, Demir S, Turan I, Mentese A, Orem A, Sonmez M, Aliyazicioglu Y 2020. *Rosa canina* extract has antiproliferative and proapoptotic effects on human lung and prostate cancer cells.

- Nutr Cancer, 72(2): 273-282.
- Li QQ, Lu XF, Jia CQ, Liang XY, Jia JY, Yan KQ, Cheng BQ 2012a. Ethyl pyruvate inhibits pancreatic tumor growth in mice. *Pancreatic Dis Ther*, 2: 2.
- Li ML, Wang XF, Tan ZJ, Dong P, Gu J, Lu JH, Wu XS, Zhang L, Ding QC, Wu WG, Rao LH, Mu JS, Yang JH, Weng H, Ding Q, Zhang WJ, Chen L, Liu YB 2012b. Ethyl pyruvate administration suppresses growth and invasion of gallbladder cancer cells via downregulation of HMGB1-RAGE axis. *Int J Pharmacol*, 25(4): 955-965.
- Liang X, Chavez AR, Schapiro NE, Loughran P, Thorne SH, Amoscato AA, Zeh HJ, Beer-Stolz D, Lotze MT, de Vera ME 2009. Ethyl pyruvate administration inhibits hepatic tumor growth. *J Leukoc Biol*, 86(3): 599-607.
- Lim SC, Choi EJ, Kim CH, Duong HQ, Jeong GA, Kang HS, Han SI 2007. Ethyl pyruvate induces necrosis-to-apoptosis switch and inhibits high mobility group box protein 1 release in A549 lung adenocarcinoma cells. *Int J Mol Med*, 20(2): 187-192.
- Liu S, Gao G, Yan D, Chen X, Yao X, Guo S, Li G, Zhao Y 2017. Effects of miR-145-5p through NRAS on the cell proliferation, apoptosis, migration, and invasion in melanoma by inhibiting MAPK and PI3K/AKT pathways. *Cancer Med*, 6(4): 819-833.
- Liu Q, Huo Y, Zheng H, Zhao J, Jia L, Wang P 2019. Ethyl pyruvate suppresses the growth, invasion and migration and induces the apoptosis of non-small cell lung cancer cells via the HMGB1/RAGE axis and the NF- $\kappa$ B/STAT3 pathway. *Oncol Rep*, 42(2): 817-825.
- Makovec T 2019. Cisplatin and beyond: Molecular mechanisms of action and drug resistance development in cancer chemotherapy. *Radiol Oncol*, 53(2): 148-158.
- Mansouri-Torshizi H, Rezaei E, Kamranfar F, Majd MH 2016. Investigating the apoptosis ability of ethylenediamine 8-hydroxyquinolinato palladium (II) complex. *Adv Pharm Bull*, 6(3): 449-453.
- Michel M, Hollenbach M, Pohl S, Ripoll C, Zipprich A 2019. Inhibition of glyoxalase-1 leads to reduced proliferation, migration and colony formation, and enhanced susceptibility to sorafenib in hepatocellular carcinoma. *Front Oncol*, 9: 785.
- Misir S, Aliyazicioglu Y, Demir S, Turan I, Hepokur C 2020. Effect of Turkish propolis on miRNA expression, cell cycle, and apoptosis in human breast cancer (MCF-7) cells. *Nutr Cancer*, 72(1):133-145.
- Montagner M, Sahai E 2020. In vitro models of breast cancer metastatic dormancy. *Front Cell Dev Biol*, 8: 37.
- Mosmann T 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods*, 65: 55-63.
- Narisawa-Saito M, Yoshimatsu Y, Ohno S, Yugawa T, Egawa N, Fujita M, Hirohashi S, Kiyono T 2008. An *in vitro* multistep carcinogenesis model for human cervical cancer. *Cancer Res*, 68(14): 5699-5705.
- Park SY, Yi EY, Jung M, Lee YM, Kim YJ 2011. Ethyl pyruvate, an anti-inflammatory agent, inhibits tumor angiogenesis through inhibition of the NF- $\kappa$ B signaling pathway. *Cancer Lett*, 303: 150-154.
- Pellegrini L, Xue J, Larson D, Pastorino S, Jube S, Forest KH, Saad-Jube ZS, Napolitano A, Pagano I, Negi VS, Bianchi ME, Morris P, Pass HI, Gaudino G, Carbone M, Yang H 2017. HMGB1 targeting by ethyl pyruvate suppresses malignant phenotype of human mesothelioma. *Oncotarget*, 8(14): 22649-22661.
- Sakinah SAS, Handayani ST, Hawariah LPA 2007. Zerumbone induced apoptosis in liver cancer cells via modulation of Bax/Bcl-2 ratio. *Cancer Cell Int*, 7: 4.
- Sappington PL, Han X, Yang R, Delude RL, Fink MP 2003. Ethyl pyruvate ameliorates intestinal epithelial barrier dysfunction in endotoxemic mice and immunostimulated Caco-2 enterocytic monolayers. *J Pharmacol Exp Ther*, 304(1): 464-476.
- Sever R, Brugge JS 2015. Signal transduction in cancer. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 5(4): a006098.
- Singh TD, Meitei HT, Sharma AL, Robinson A, Singh LS, Singh TR 2015. Anticancer properties and enhancement of therapeutic potential of cisplatin by leaf extract of *Zanthoxylum armatum* DC. *Biol Res*, 48(1): 46.
- Temmink OH, Hoebe EK, van der Born K, Ackland SP, Fukushima M, Peters GJ 2007. Mechanism of trifluorothymidine potentiation of oxaliplatin-induced cytotoxicity to colorectal cancer cells. *Br J Cancer*, 96: 231-240.
- Turan I, Demir S, Kilinc K, Aliyazicioglu Y, Alver A, Misir S, Ozer Yaman S, Akbulut K, Mentese A, Deger O 2017. *Morus rubra* extract induces G<sub>1</sub> cell cycle arrest and apoptosis in human lung and prostate cancer cells. *IJPER*, 51(1): 51-58.
- Turan I, Demir S, Kilinc K, Yaman SO, Misir S, Kara H, Genc B, Mentese A, Aliyazicioglu Y, Deger O 2018. Cytotoxic effect of *Rosa canina* extract on human colon cancer cells through repression of telomerase expression. *J Pharm Anal*, 8(6): 394-399.
- Turan I, Demir S, Aliyazicioglu R, Kilinc K, Ozer Yaman S, Akbulut Cakiroglu K, Kanbolat S, Ayazoglu Demir E, Mentese A, Aliyazicioglu Y, Deger O 2019. Dimethyl sulfoxide extract of *Dianthus carmelitarum* induces S phase arrest and apoptosis in human colon cancer cells. *Nutr Cancer*, 71(7): 1181-1188.

- Turkmen S, Cekic Gonenc O, Karaca Y, Mentese A, Demir S, Beyhun E, Sahin A, Gunduz A, Yulug E, Turedi S 2016a. The effect of ethyl pyruvate and N-acetylcysteine on ischemia-reperfusion injury in an experimental model of ischemic stroke. *Am J Emerg Med*, 34(9): 1804-1807.
- Turkmen S, Mutlu A, Sahin A, Karaca Y, Mentese A, Demir S, Yulug E, Tatli O, Ari NS, Turedi S 2016b. Effects of N-acetylcysteine and ethyl pyruvate on ischemia-reperfusion injury in experimental electrical burn model. *Am J Emerg Med*, 34(7): 1217-1224.
- van Zweeden AA, van Groeningen CJ, Honeywell RJ, Giovannetti E, Ruijter R, Smorenburg CH, Giaccone G, Verheul HMW, Peters GJ, van der Vliet HJ 2018. Randomized phase 2 study of gemcitabine and cisplatin with or without vitamin supplementation in patients with advanced esophagogastric cancer. *Cancer Chemother Pharmacol*, 82(1): 39-48.
- Varbanov HP, Kuttler F, Banfi D, Turcatti G, Dyson PJ 2019. Screening-based approach to discover effective platinum-based chemotherapies for cancers with poor prognosis. *PLoS One*, 14(1): e0211268.
- Vyawahare NS, Bansode VJ, Munjal NB 2012. The future magic bullet: A review of pharmacological activities of ethyl pyruvate and its derivatives. *Current Drug Therapy*, 7: 144-149.
- Wang LH, Wu CF, Rajasekaran N, Shin YK 2018. Loss of tumor suppressor gene function in human cancer: An overview. *Cell Physiol Biochem*, 51(6): 2647-2693.
- Zhang J, Zhu JS, Zhou Z, Chen WX, Chen NW 2012. Therapeutic effects of ethyl pyruvate on tumor growth and metastasis in a severe combined immunodeficiency mouse orthotopic implantation model. *Eur J Inflamm*, 10(1): 25-32.
- Zhang T, Guan XW, Gribben JG, Liu FT, Jia L 2019. Blockade of HMGB1 signaling pathway by ethyl pyruvate inhibits tumor growth in diffuse large B-cell lymphoma. *Cell Death Dis*, 10: 330.
- Zhang S, Zhong X, Yuan H, Guo Y, Song D, Qi F, Zhu Z, Wang X, Guo Z 2020. Interfering in apoptosis and DNA repair of cancer cells to conquer cisplatin resistance by platinum(IV) prodrugs. *Chem Sci*, 11: 3829-3835.
- Zhou S, Sakamoto K 2019. Pyruvic acid/ethyl pyruvate inhibits melanogenesis in B16F10 melanoma cells through PI3K/AKT, GSK3 $\beta$ , and ROS-ERK signaling pathways. *Genes Cells*, 24(1): 60-69.

## Erkenci Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Embriyo Kültürü ve Embriyo Canlılığı Üzerine Çalışmalar

Onur ERGÖNÜL<sup>1,\*</sup>, Cengiz ÖZER<sup>2</sup>, Zeliha ORHAN ÖZALP<sup>3</sup>, Tamer UYSAL<sup>4</sup>, İlknur KORKUTAL<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tekirdağ, <sup>5</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2251-426X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9833-3975>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-3146-6888>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-0171-0605>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-8016-9804>

✉: [onur.ergonul@tarimorman.gov.tr](mailto:onur.ergonul@tarimorman.gov.tr)

### ÖZET

Embriyo kültürü ıslah çalışmalarına entegre edilerek çalışmaların etkinliğini arttıran ve kombinasyonlar üzerinde oluşan olumsuzlukları aşmaya yarayan bir doku kültürü tekniğidir. Bu teknik, asma ıslahı çalışmalarında çekirdeksizlik, erkencilik, türler arası melezlemeler ile farklı ploidi seviyesinde bitkiler elde etmeye yönelik olarak kullanılmaktadır. Üzümde erkencilik özellikle sofralık üretim amaçlandığında aranan karakterlerden biridir. Ancak ıslah çalışmalarında çekirdeklerindeki düşük çimlenme oranları dolayısıyla erkenci çeşitler etkin bir şekilde kullanılamamaktadırlar. Bu kısıtı aşmak adına kullanılan embriyo kültürü çalışmaları ile embriyoların dejenere olması engellenerek yeni çeşit adaylarının ortaya çıkması sağlanmaktadır. Bu çalışmada erkenci çeşitler ana ebeveyn olarak kullanılmış, oluşturulan melezleme kombinasyonlarından elde edilen çekirdeklerin bir kısmı *in vivo*da çimlendirilmiştir. Kalan çekirdekler ise son tozlamadan sonraki haftalara dikkat edilerek *in vitro*da E20A besi ortamına alınmıştır. Üzerinde çalışılan Yalova İncisi, Trakya İlkeren, Tekirdağ Sultanı, Cardinal, Velika ve Bozcaada Çavuşu çeşitlerinin son tozlamadan sonra optimum kültüre alınma süreleri tespit edilmiştir. Özellikle Trakya İlkeren, Cardinal ve Velika çeşitlerinde *in vivo*da çok düşük olan çimlenme oranlarına karşın embriyo kültürü çalışmalarında yüksek embriyo canlılıklarına ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda Trakya İlkeren ve Velika için 6., Cardinal için 7. hafta izolasyonlarının optimum kültüre alma süreleri olduğu tespit edilmiştir.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 06.03.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

### Anahtar Kelimeler

Asma Islahı

Embriyo Kültürü

Erkencilik

*Vitis vinifera* L.

## Studies on Embryo Culture and Embryo Viability in Early Ripening Cultivars (*Vitis vinifera* L.)

### ABSTRACT

Embryo culture is a tissue culture technique that is integrated into breeding studies to increase the effectiveness of the breeding studies and to help eliminating the negativities occurring on combinations. This technique is being used for seedlessness, earliness, interspecies hybridization and obtaining plants at different ploidy levels in grapevine breeding studies. Earliness in grape is one of the desired characters, especially when it is intended for table grape production. However, due to the low germination rates in the seeds, early varieties cannot be used effectively. With the embryo culture studies used eliminating this constraint, the degeneration of embryos is prevented and new variety candidates can be obtained. Here, early ripening grape varieties were used as maternal parent and some of the seeds obtained from the hybridization combinations were germinated in *in vivo* techniques. The remaining seeds were taken into the E20A medium in *in vitro*, paying attention to the weeks after the last pollination. For embryo culture, optimum sampling time of Yalova İncisi, Trakya İlkeren, Tekirdağ Sultanı, Cardinal, Velika and Bozcaada Çavuşu varieties were determined. Despite the very low

### Research Article

### Article History

Received : 06.03.2020

Accepted : 09.07.2020

### Keywords

Grape Breeding

Embryo Culture

Earliness

*Vitis vinifera* L.



germination rates in *in vivo* method in cv. Trakya İlkeren, cv. Cardinal and cv. Velika, high embryo viability was obtained in embryo culture studies. As a result of the study, it was determined that 6<sup>th</sup> weeks for Trakya İlkeren and Velika, 7<sup>th</sup> weeks for Cardinal variety were optimum sampling times.

**Atf İçin:** Ergönül O, Özer C, Orhan Özalp Z, Uysal T, Korkutal İ 2021. Erkenci Üzüm Çeşitlerinde (*Vitis vinifera* L.) Embriyo Kültürü ve Embriyo Canlılığı Üzerine Çalışmalar. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 57-63. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.700139>.

**To Cite:** Ergönül O, Özer C, Orhan Özalp Z, Uysal T, Korkutal İ 2021. Studies on Embryo Culture and Embryo Viability in Early Ripening Cultivars (*Vitis vinifera* L.). KSU J. Agric Nat 24 (1): 57-63. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.700139>.

## GİRİŞ

Asma ıslahı araştırmaları; verim, kalite, çekirdeksizlik, dayanıklılık ve erkencilik amacıyla seleksiyon, melezleme, gen aktarımı ve mutasyon yöntemleriyle yapılmaktadır (Sabır ve ark. 2006). Günümüzde, moleküler teknikler ve doku kültürü gibi biyoteknolojik yaklaşımlar klasik ıslah çalışmalarına entegre edilerek yapılmakta, bu şekilde etkinliği artırılmaktadır. Embriyo kültürü (embriyo kurtarma) klasik ıslah çalışmalarıyla melez bitki elde etme şansının bulunmadığı durumlarda kullanılan bir tekniktir. Asma ıslahında çoğunlukla çekirdeksizliğin ön planda tutulduğu çalışmalarda, çekirdeksiz birey elde etme şansını artırmaya yönelik olarak bu tekniğin kullanıldığı görülmektedir. Klasik ıslah çalışmalarında çekirdekli x çekirdeksiz melezlemelerinde en yüksek % 49 oranında çekirdeksiz birey elde etme şansı varken, embriyo kültürünün kullanılmasıyla yapılan çekirdeksiz x çekirdeksiz melezlemelerinde bu oran % 92'lere çıkabilmektedir. Ayrıca erkenci çeşitlerin embriyolarında zayıf çimlenme oranı görülmesi nedeniyle bu teknik kullanılmaktadır. Bu şekilde, ıslah çalışmalarında erkenci çeşitler baba ebeveyn olarak kullanılmalarının yanı sıra ana ebeveyn olarak ta kullanılabilen ve erkenci birey elde etme şansı arttırılabilmektedir (Ramming ve Emershad 1990).

Bazı durumlarda tozlanma sonrası döllenme gerçekleşir fakat (1) zigot bölünmez, (2) zigot birkaç hücreli embriyo oluşturmak üzere bölünür ve daha ileri gelişme gösteremez veya ölür, (3) endosperm embriyonun gelişimini destekleyecek yapıda değildir, embriyo gelişmesinde küçük kalır ve olgunlaşamaz. Böyle durumlarda belirli bir fizyolojik olgunluğa sahip embriyonun bulunduğu tohum veya kapsüller sterilize edildikten sonra, embriyolar steril koşullarda kendilerini çevreleyen dokulardan izole edilir. Küçük embriyolu bitkilerde izolasyon sırasında embriyoların zarar görmemesine dikkat edilmelidir. Binoküler mikroskop altında izole edilen embriyolar, uygun besi ortamı ve fiziksel koşullarda kültüre alınır ve embriyolar çimlenerek yeni bitkicikleri oluşturur (Bajaj 1990).

Embriyo kültürü, asma ıslahında çekirdeksizlik ve erkencilik çalışmaları dışında haploid, triploid ve

tetraploid bitki eldesine yönelik çalışmalarda da ıslaha entegre edilerek kullanılmaktadır. Ayrıca *Vitis* türleri arasında melezlemelerin yapılması, çekirdeksizlik ile diğer özelliklerin (soğuğa dayanım, fungal hastalıklara dayanım vb.) kombine edilmesi amacıyla yürütülen çalışmalarda da kullanılmaktadır (Ji ve Wang 2013, Li ve ark. 2015). Embriyo kültüründe başarıyı genotip, izole edilen çekirdek veya ovulun fizyolojik gelişim dönemi, kültür ortamı ve diğer değişkenler etkilemektedir (Li ve ark. 2015).

Tüm bunlara ek olarak, embriyo kültürü pahalı, yoğun iş gücü gerektiren ve oldukça fazla tecrübe isteyen bir çalışmadır.

Bu çalışmada, erkenci olarak bilinen, çekirdeklerinde çimlenme sorunu olabilecek üzüm çeşitleri ile boş çekirdekli olan Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidinin farklı melezleme kombinasyonlarından elde edilen çekirdekleri, embriyo canlılıklarındaki değişimleri incelenmiştir.

## MATERYAL ve METOD

Bu çalışmanın bulguları TAGEM tarafından desteklenen ve Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsünde "Melezleme Yoluyla Erkenci ve Geççi Üzüm Çeşitlerinin Elde Edilmesi" ismiyle (Proje No: TAGEM/BBAD/15/A08/P-04/04) yürütülen proje materyallerinden elde edilmiştir. Çalışmalar Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde bulunan Doku Kültürü Laboratuvarında yürütülmüştür. Deneme için; Trakya İlkeren, Cardinal, Velika, Yalova İncisi, Tekirdağ Sultanı, Bozcaada Çavuşu, Tekirdağ Misketi, Barış, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Beauty Seedless olmak üzere sofralık 10 üzüm çeşidi ve melezleme çalışmaları sonucu elde edilmiş Yalova İncisi x Barış melezi olan bir adet çeşit adayı; 44 x D-40 seçilmiştir (Çizelge 1). Bu çeşitler özellikle erkenci olarak bilinen ve tohum çimlenme kabiliyeti çok düşük olan çeşitler arasından tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra boş çekirdekli olarak bilinen Bozcaada Çavuşu üzüm çeşidi de çalışmalarda değerlendirilmiştir. Erkenci üzüm çeşitleri ile Bozcaada Çavuşu üzüm çeşitleri çalışmada ana ebeveyn olarak, diğer çekirdeksiz çeşitler ise sadece baba ebeveyn olarak kullanılmıştır.

Çekirdeksiz çeşitlerde olduğu gibi erkenci çeşitlerin

birçoğunda da embriyolar gelişmenin belirli aşamalarında dejenere olmaktadır. Embriyo dejenerasyonunu önlemek için emaskülasyon ve yapay

tozlama işlemlerinden sonra aşağıda aşamaları verilen embriyo kültürü tekniğinden yararlanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışılan çeşit bilgileri

Table 1. Informations about the subjected varieties

	Çeşitler (Varieties)	Tane Rengi (Berry Color)	Çekirdeksizlik Durumu (Seedlessness)	Olgunlaşma Dönemi (Maturation time)
Ana Ebeveynler (Female Parents)	Trakya İlkeren	Mavi siyah	Çekirdekli	Çok erken
	Cardinal	Kırmızı	Çekirdekli	Erken
	Velika	Mavi siyah	Çekirdekli	Orta erken
	Yalova İncisi	Yeşil sarı	Çekirdekli	Çok erken
	Tekirdağ Sultanı	Yeşil sarı	Çekirdekli	Orta erken
	Bozcaada Çavuşu	Yeşil sarı	Boş çekirdekli	Orta erken
Baba Ebeveynler (Male Parents)	Tekirdağ Misketi	Yeşil sarı	Çekirdeksiz	Orta erken
	Barış	Yeşil sarı	Çekirdeksiz	Orta
	Tekirdağ Çekirdeksizi	Gri	Çekirdeksiz	Orta
	Beauty Seedless	Mavi siyah	Çekirdeksiz	Çok erken
	44 x D-40	Yeşil sarı	Çekirdeksiz	Çok erken

### Yüzey Sterilizasyonu

Melezlenmiş salkımların hasadı son tozlama tarihinden itibaren altı ve yedinci haftalarda gerçekleştirilmiştir. Yalnızca Velika çeşidinde daha önce herhangi bir çalışma bulunmadığı için optimum kültüre alma süresinin belirlenmesi amacıyla 6. ile 10. haftalar arası değerlendirmeye alınmıştır. Embriyo aborsiyonu için fizyolojik gelişim dönemleri çeşitler bazında farklılık gösterebileceğinden, hasat ve dolayısıyla kültüre alma işlemi birkaç değişik tarihte yapılabilmektedir. Hasattan sonra salkımlardan ayrılan taneler %70'lik etil alkolde 3 dakika, %0.1'lik Tween 20 içeren çözeltide 10 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuşlardır (Çalkan Sağlam 2006). Her defasında 5 dakika olmak üzere 3 kez steril saf su ile çalkalanarak durulanıp, dikim işleminde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Sterilizasyon işlemleri steril kabinde gerçekleştirilmiştir.

### Embriyoların İzolasyonu ve Dikim

Embriyo kültürü tekniği çalışmalarında kullanılan besin ortamları, diğer mikroçoğaltım yöntemlerinde kullanılanlara göre daha kompleks yapıdadır. Çalışmalarda değişik besin ortamları kullanılabilmeyle birlikte E20A ortamının ön plana çıkması nedeniyle (Tangolar ve ark. 1998, Tangolar ve ark. 1999, Kebeli ve ark. 2001, Boz ve ark. 2002, Elidemir ve Uzun 2002, Çalkan Sağlam 2006, Ulaş ve ark. 2015) sterilizasyon işleminden sonra ovuller izole edilerek E20A besin ortamına dikilmiştir. İlk dikimden 8 hafta sonra ovullerde gelişimini sürdüren zigotik embriyolar çekirdeklerinden izole edilerek tekrar E20A besin ortamına dikilmişlerdir (Şekil 1). E20A ortamına  $10^{-2}$  mgL<sup>-1</sup> IAA eklenerek pH 5.9 olacak şekilde ayarlanmıştır.

### In vitro Yetiştirme Koşulları

Ovul ve embriyoların gelişimleri, sıcaklığı  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  de kontrol edilen iklim odasında 8 saat karanlık 16 saat aydınlık fotoperiyotta, 4000 lux aydınlatma şiddetine sahip iklim odasında gerçekleştirilmiştir



Şekil 1. Çimlenmiş embriyo  
Figure 1. Germinating embryo

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Trakya İlkeren çeşidi çekirdeklerinde normal çimlendirme ile % 2.6 çimlenme oranı elde edilmiştir. Bu çeşidin *in vivo* çekirdek çimlenme oranları ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Embriyo kültürü çalışmalarında son tozlamadan sonraki 6. hafta uygun bulunmuş, bu dönem kültüre alınan Trakya İlkeren çekirdeklerinde % 51.1 ile % 72.4 arasında canlılık oranları tespit edilmiştir (Çizelge 2). Elidemir ve Uzun (1999) yaptıkları

embriyo kültürü çalışmasında Trakya İlkeren çeşidinin E20A ortamına alınan çekirdeklerinde, tam çiçeklenmeden sonraki 50. günde % 88.9 ve 60. günde % 89.3 embriyo canlılık oranları elde etmişlerdir. Bir diğer çalışmada Trakya İlkeren x Barış melezlemesinden, en yüksek embriyo canlılık oranları

(% 85.7) 50. günde izole edilen ve E20A ortamında görülmüştür (Elidemir ve Uzun 2002). Bu çalışmada Trakya İlkeren çeşidi için embriyo kültüründe en uygun izolasyon süresi son tozlamadan sonraki altıncı hafta (42. gün) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Trakya İlkeren çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlarda embriyo canlılık oranları  
Table 2. Viability rates of embryo in combinations where Trakya İlkeren cultivar is used as female parent

Kombinasyon (Combination)	İzolasyon Haftası (Isolation week)	Embriyo Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Kültürüne Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Canlı Sayısı (Number of the live embryos)	Embriyo Canlılık Yüzdesi % (Embryo percentage from seeds (%))
Trakya İlkeren x Tekirdağ Misketi	6 hafta	76		55	72.4
	7 hafta	117		52	44.4
Trakya İlkeren x Barış	6 hafta	185		122	65.9
	7 hafta	99		51	51.5

*In vivo* şartlarda Cardinal çeşidinin çekirdeklerinde çimlenme oranları % 2.9'da kalmıştır. Bu çeşidin çekirdek çimlenmeleri üzerine yapılan çalışmalar benzer değerler vermektedir. Branäs (1974) % 8.6 çekirdek çimlenme oranı elde ederken, Yalvaç (2006) bu çeşitte çimlenen hiçbir çekirdek olmadığını belirtmiştir. Ayrıca Ramming ve Emershad (1990) dört yıllık *in vivo* çimlendirme oranı ortalamasını % 13 olarak kaydetmişlerdir. Aynı çalışmada orchid agar

ortamı kullanılarak *in vitro*'ya alınan (son tozlamadan yaklaşık 12 hafta sonra) çekirdeklerde % 31.7 embriyo çimlenme oranına ulaşmışlardır. Cardinal çeşidi erkenci ve bazı araştırmacılara göre boş çekirdekli olarak da kabul edilmektedir (Çelik ve Karlı İlbağ 2003). Dolayısıyla çekirdeklerinin düşük çimlenme kabiliyeti buna bağlanabilir. Cardinal çeşidinin embriyo kültürüne alınan (son tozlamadan 7 hafta sonra) çekirdekleri % 70.6 gibi yüksek bir oranda canlı embriyo oluşturmuşlardır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Cardinal çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonda embriyo canlılık oranları  
Table 3. Viability rates of embryo in combination where Cardinal cultivar is used as female parent

Kombinasyon (Combination)	İzolasyon Haftası (Isolation week)	Embriyo Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Kültürüne Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Canlı Sayısı (Number of the live embryos)	Embriyo Canlılık Yüzdesi % (Embryo percentage from seeds (%))
Cardinal x Tekirdağ Çekirdeksizi	6 hafta	28		16	57.1
	7 hafta	85		60	70.6

Velika çeşidinin 2018 yılında melezleme çalışmalarında kullanılmasıyla elde edilen çekirdekleri normal çimlendirme şartlarında % 4.14 gibi düşük bir oranda çimlenmiştir. Velika çeşidi çekirdeklerinin çimlenmesi ile ilgili herhangi bir literatür bilgisi olmadığından bulgularla karşılaştırılamamıştır. 2019 yılında Velika x Trakya İlkeren kombinasyonuna ait çekirdekler embriyo

kültürüne alınmış ve son tozlamadan 6 ile 10 izolasyon haftaları arasında çalışmalar yürütülmüştür (Çizelge 4). İzolasyon haftası olarak 8 ve 6. haftalar embriyo canlılığı açısından iyi sonuçlar vermiştir (sırasıyla % 66.7 ve % 61.1). İzolasyon zamanı olarak sekizinci hafta daha yüksek canlı embriyo vermiş olsa da, altıncı haftadan elde edilen embriyoların gelişimlerinin oldukça iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Velika çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonda embriyo canlılık oranları  
Table 4. Viability rates of embryo in combination where Velika cultivar is used as female parent

Kombinasyon (Combination)	İzolasyon Haftası (Isolation week)	Embriyo Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Kültürüne Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Canlı Sayısı (Number of the live embryos)	Embriyo Canlılık Yüzdesi % (Embryo percentage from seeds (%))
Velika x Trakya İlkeren	6 hafta	18		11	61.1
	7 hafta	21		11	52.4
	8 hafta	18		12	66.7
	9 hafta	23		13	56.5
	10 hafta	28		12	42.9

Diğer bir erkenci çeşit olan Yalova İncisi çeşidinde normal çimlendirme çalışmaları ıslah çalışmaları için kabul edilebilir düzeylerde (çimlenme oranları % 42.75- % 79.11) gerçekleşmiştir (Çizelge 5). *In vivo* şartlarda bu çimlenme oranlarına sahip çeşitler için ıslah çalışmalarında yeterli sayıda birey elde etmek mümkündür. Dolayısıyla Yalova İncisi çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonların embriyo kültüründe çalışılmasına gerek görülmemiştir. Yalvaç (2006) Yalova İncisi çekirdeklerinin en yüksek çimlenme oranını % 13.33 olarak tespit etmiştir. Bu

çimlenme oranı bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre oldukça düşüktür.

Tekirdağ Sultanı sofralık üzüm çeşidinin Beauty Seedless ile yapılan melezlemelerinden elde edilen çekirdeklerin embriyo kültüründeki embriyo canlılık oranları altıncı ve yedinci haftalarda sırasıyla % 31.7 ve % 36.7 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 6). Tekirdağ Sultanına ait hem *in vivo* hem de *in vitro* çekirdek canlılık oranları ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır.

Çizelge 5. Yalova İncisi çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlarda embriyo canlılık oranları  
Table 5. Viability rates of embryo in combinations where Yalova İncisi cultivar is used as female parent

Kombinasyon (Combination)	İzolasyon Haftası (Isolation week)	Embriyo Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Kültürüne Canlı Sayısı (Number of the live embryos)	Embriyo Canlılık Yüzdesi % (Embryo percentage from seeds (%))
Yalova İncisi x Tekirdağ Misketi	6 hafta	20	17	85.0
	7 hafta	17	15	88.2
Yalova İncisi x Beauty Seedless	6 hafta	89	36	40.4
	7 hafta	95	64	67.4

Çizelge 6. Tekirdağ Sultanı çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonda embriyo canlılık oranları  
Table 6. Viability rates of embryo in combination where Tekirdağ Sultanı cultivar is used as female parent

Kombinasyon (Combination)	İzolasyon Haftası (Isolation week)	Embriyo Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Kültürüne Canlı Sayısı (Number of the live embryos)	Embriyo Canlılık Yüzdesi % (Embryo percentage from seeds (%))
Tekirdağ Sultanı x Beauty Seedless	6. hafta	41	13	31.7
	7. hafta	30	11	36.7

Bozcaada Çavuşu boş çekirdekli olarak bilinen bir çeşit olduğundan, endosperm ve embriyo oluşumları sıkıntılıdır, çekirdeklerinde çimlenme sorunu yaşamaktadır. Çalışma sürecinde klasik çimlendirmede % 46.5 çimlenme oranına ulaşılmış, bu oran embriyo kültürü çalışmalarında ise % 94.8 gibi oldukça yüksek bir embriyo canlılık oranı değerine erişmiştir (Çizelge 7). Marasalı (1992) Çavuş çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı ve farklı tozlayıcılarla oluşan kombinasyonlardan elde edilen çekirdekler *in vivo* şartlar altında % 1.17 ile % 7.93 oranında

çimlenme elde etmiştir. Diğer bir çalışmada, *in vitro* şartlar altında E20A ortamı kullanıldığında, Bozcaada Çavuşu x Alphonse Lavallee' kombinasyonunda % 41.6 ve Bozcaada Çavuşu x Sultanı Çekirdeksiz kombinasyonunda % 55.6 embriyo çimlenme oranları elde edilmiştir (Çelik ve Karlı İlbay 2003). Çalışma bulguları ile diğer literatür bulguları arasındaki farklılıkların kullanılan tozlayıcı çeşit ve kültüre alma zamanındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 7. Bozcaada Çavuşu çeşidinin ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonda embriyo canlılık oranları  
Table 7. Viability rates of embryo in combination where Bozcaada Çavuşu cultivar is used as female parent

Kombinasyon (Combination)	İzolasyon Haftası (Isolation week)	Embriyo Alınan Çekirdek (Number of the seeds cultured)	Kültürüne Canlı Sayısı (Number of the live embryos)	Embriyo Canlılık Yüzdesi % (Embryo percentage from seeds (%))
Bozcaada Çavuşu x (44xD-40)	6. hafta	115	109	94.8
	7. hafta	97	80	82.5

## SONUÇ

Bilindiği üzere erkenci özellikteki üzüm çeşitlerinin embriyoları hızlı olgunlaşma sürecinde gelişemediklerinden büyük oranda dejenere olmakta,

bu çeşitlerin ana ebeveyn olarak kullanıldıkları kombinasyonlardan yeterli sayıda bitki eldesi mümkün olamamaktadır. Bu problemi ortadan kaldırmak, erkencilige yönelik hem daha fazla sayıda



aday çeşit elde edebilmek hem de her iki ebeveynin erkenci genotiplerden seçilmesi suretiyle varyasyon yaratabilmek amacıyla embriyo kültürü tekniği kullanılmaktadır.

Araştırmada erkencilğe yönelik ıslah çalışmalarında erkenci çeşitlerin ana ebeveyn olarak kullanılmasına yönelik embriyo kültürü çalışmaları yürütülmüş, bulgulara göre normal çimlendirme ile birey elde etme şansı çok düşük olan kombinasyonlardan erkenci olma olasılığı yüksek çeşit adayları elde edilmiştir.

Üzerinde çalışılan Yalova İncisi, Trakya İlkeren, Tekirdağ Sultanı, Cardinal, Velika ve Bozcaada Çavuşu çeşitlerinin son tozlamadan sonra optimum kültüre alınma süreleri tespit edilmiştir. Özellikle Trakya İlkeren, Cardinal ve Velika çeşitlerinde *in vivo*'da çok düşük olan çimlenme oranlarına karşın embriyo kültürü çalışmalarında yüksek embriyo canlılıklarına ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda Trakya İlkeren için 6., Cardinal için 7., Velika çeşidi için ise 6. hafta izolasyonlarının optimum kültüre alma süreleri olduğu tespit edilmiştir.

Embriyo kültürü çalışmalarında erkenci çeşitlerin ana ebeveyn olarak kullanılması durumunda, canlı embriyo elde edebilmek için, optimum örnek alma zamanlarının çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, erkenci çeşitlerde embriyo dejenerasyonu daha erken dönemde görülürken, geççi çeşitlerde daha geç dönemde dejenerasyon görülebilmekte, ancak bu sınıflandırma embriyo kültürü çalışmalarının etkinliği ve dolayısıyla melez bitki eldesi açısından yeterli olmamaktadır. Dolayısıyla her çeşitte embriyo kültürü çalışmaları için optimum örnek alma zamanlarının tespiti gerekmektedir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### KAYNAKLAR

Bajaj YPS 1990. Wide Hybridization in Legumes and Oilseed Crops Through Embryo, Ovule and Ovary Culture. In: Bajaj Y. P. S. (ed) Biotechnology in Agriculture and Forestry, 10, Legumes and Oilseed Crops I. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 337.

Boz Y, Kebeli N, Özer C 2002. Çekirdeksiz Üzüm Çeşitlerinden Yeni Hibritlerin Elde Edilmesinde Embriyo Kültürünün Kullanılması Üzerinde Araştırmalar. Türkiye V. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu Bildiriler, 5-9 Ekim 2002, s:53-56.

Branas J 1974. Viticulture. Imprimerie Dehan.

Montpellier. 356s.

Çalkan Sağlam, Ö 2006. Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin Ebeveyn Olarak Kullanıldığı Melezlemelerden Embriyo Kültürü Yoluyla Bitki Eldesi Üzerinde Araştırmalar. MBAE Yayınları. Yayın No:112.

Çelik H, Karlı İlbağ A 2003. The Use of *in vitro* Embryo Culture for Cross-Breeding Studies of Empty-Seeded Table Grape Cultivars. ISHS Acta Horticulturae. 603.

Goldy RG, Ramming DW, Emershad RL, Chaparro JX 1989. Increasing Production of *Vitis vinifera* X *V. Rotundifolia* Hybrids through Embryo Rescue. Hort. Science 24: 820-822.

Elidemir A, Uzun Hİ 2002. Melez Üzümlerin (*Vitis vinifera* L.) Embriyo Kültürü Yoluyla Çoğaltılması Üzerine Araştırmalar. Türkiye 5. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu Bildiriler, 5-9 Ekim 2002, s: 262-269.

Ji W, Wang Y 2013. Breeding for Seedless Grapes Using Chinese Wild *Vitis* spp. II. *In vitro* Embryo Rescue and Plant Development. J Sci. Food Agric., 93: 3870-3875.

Karlı A, Çelik H 1996. Erkenci Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Embriyo Kültürü Üzerinde Araştırmalar. XIII Ulusal Biyoloji Kongresi, Cilt: 2, s: 1-10, İstanbul.

Kebeli N, Boz Y, Özer C 2003. Studies on The Applying of Embryo Culture in Breeding New Hybrids by Crossing Seedless Grape Cultivars. Acta Hort., 625: 279-281.

Li J, Wang X, Wang X, Wang Y 2015. Embryo Rescue Technique and Its Applications for Seedless Breeding in Grape. Plant Cell Tiss Organ Cult., 120: 861-880.

Maraslı B 1992. Çavuş Üzüm Çeşidinde Tohum Taslakları ve Embriyo Gelişimi ile Boş Çekirdekliklik Arasındaki İlişkiler Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Basılmamış Doktora tezi), Ankara. 93s.

Ramming DW, Emershad RL 1990. Embryo Culture of Early Ripening Seeded Grape (*Vitis vinifera* L.) Genotypes. Hortscience, 25(3): 339-342.

Sabır A, Tangolar S 2006. Dünyada Son Yıllarda Yürütülen Asma Islahı Çalışmalarının Hedefleri ve Kullanılan Islah Yöntemleri. Alatarım, 5(2): 9-16.

Tangolar S, Gök S, Ergenoğlu F, Çetiner S 1998. Bazı Çekirdeksiz Üzüm Çeşitlerinin Embriyo Kültüründen Yararlanılarak Çoğaltılması. Türk Tarım ve Orman Dergisi, 22(1): 87-92.

Tangolar S, Eti S, Gök S, Ergenoğlu F 1999. Çekirdeksiz x Çekirdeksiz Üzüm Melezlemelerinden Embriyo Kültürü Kullanılarak Bitki Elde Edilmesi. Tr. J. of Agriculture and Forestry 23 (Ek Sayı 4): 935-942.

Tsolova V 1990. Obtaining Plants from Crosses of Seedless Grapevine Varieties by Means of *in vitro* Embryo Culture. Vitis, 29: 1-4.

- Ulaş S, Kesgin M, Dilli Y 2015. The Success of *in vitro* Embryo Rescue Technique in Hybridization of Seedless Grape Varieties. BIO Web of Conferences 5, 01008.
- Yalçın Elidemir A, Uzun HA 1999. Erkenci ve Çekirdeksiz Üzümlerin (*Vitis vinifera* L.) Embriyo Kültürü Yoluyla Çoğaltılması Üzerine Araştırmalar. Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Derg., 12: 93-106.
- Yalvaç T 2006. Bazı Uygulamaların Üzüm Çekirdeklerinin Çimlenme Oranı ve Hızına Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi. Isparta. 55s.

## Effects of Farm Manure, Vermicompost and Plant Growth Regulators on Yield and Fruit Quality in Watermelon

Ceren Ayşe BAYRAM<sup>1\*</sup>, Gökhan BÜYÜK<sup>2</sup>, Armağan KAYA<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Adıyaman Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Adıyaman, <sup>3</sup>Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayı Mühendislik Fakültesi, Alanya

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1570-273X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0522-3188>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-6776-3497>

✉: [cerenaysenazik@gmail.com](mailto:cerenaysenazik@gmail.com)

### ABSTRACT

This study was conducted in 2018, under open field conditions in Adıyaman Province of Turkey to determine the effects of farm manure, vermicompost and plant growth regulators on yield and some fruit quality parameter of watermelon. Matured farm manure, vermicompost and three different plant growth regulators (Crop-Set, Endoroots and ISR-2000) were used to compare with control (not fertilizers applied) application. Vermicompost, farm manure, Endoroots, ISR-2000 and Crop-Set were applied to the plants at 150 kg, 2 tons, 250 g, 60 cc and 90 cc da<sup>-1</sup> doses, respectively. The highest yield result was obtained from Endoroots application (11.630 tons da<sup>-1</sup>). Fruit weight varied between 2.93 (control) kg and 5.01 kg (vermicompost). Higher results were observed from vermicompost application for fruit weight, fruit width, fruit height, phenolic. Total Soluble Solids (TSS) was recorded statistically significant for Endoroots application. Applied plant growth regulators, farm manure and vermicompost fertilizers had significant effects on pomological and phenological characteristics of watermelon under semi-arid conditions. The highest results have been determined from Endoroots and vermicompost applications. As a result of this study, Endoroots (250 g da<sup>-1</sup>) and vermicompost (150 kg da<sup>-1</sup>) fertilizers can be concluded as a beneficial application for watermelon cultivation.

### Research Article

#### Article History

Received : 11.03.2020

Accepted : 30.06.2020

#### Keywords

Fruit quality  
Farm manure  
Vermicompost  
Plant Growth Regulator  
Watermelon

## Çiftlik Gübresi, Vermikompost ve Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Karpuz Meyvesinde Verim ve Meyve Kaliteye Etkileri

### ÖZET

Bu çalışma, 2018 yılında Türkiye'nin Adıyaman ilinde açık alan koşullarında organik gübrelerin ve bitki büyüme düzenleyicilerinin karpuzun verim ve bazı meyve kalitesi parametrelerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Kontrol (hiç uygulama yapılmayan) ile karşılaştırmak için çiftlik gübresi, vermikompost ve üç farklı bitki büyüme düzenleyicileri (Crop-Set, Endoroots ve ISR-2000) kullanılmıştır. Vermikompost, çiftlik gübresi, endoroots, ISR-2000 ve Crop-Set sırasıyla 150 kg, 2 tons, 250 g, 60 cc ve 90 cc da<sup>-1</sup> dozları olacak şekilde bitkilere uygulanmıştır. En yüksek verim (11.630 ton da<sup>-1</sup>) sonucu Endoroots uygulamasından elde edilmiştir. Meyve ağırlığı 2,93 kg (kontrol) ile 5,01 (vermicompost) kg arasında değişmektedir. Meyve ağırlığı, meyve genişliği, meyve yüksekliği, fenolik için vermikompost uygulamasından daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM) Endoroots uygulaması için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Uygulanan bitki büyüme düzenleyicileri, çiftlik gübresi ve vermikompostun, yarı kurak koşullar altında karpuzun pomolojik ve fenolojik özellikleri üzerinde önemli etkileri olmuştur. En yüksek sonuçlar Endoroots ve vermicompost uygulamalarından belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, Endoroots (278 g da<sup>-1</sup>) ve vermikompost (150 kg da<sup>-1</sup>) gübreleri, karpuz yetiştiriciliği için faydalı uygulamalar olarak sunulmaktadır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 11.03.2020

Kabul Tarihi : 30.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

Meyve Kalitesi  
Çiftlik Gübresi  
Solucan Gübresi  
Bitki Büyüme Düzenleyicisi  
Karpuz

**To Cite :** Bayram CA, Büyük G, Kaya A 2021. Effects of Farm Manure, Vermicompost and Plant Growth Regulators on Yield and Fruit Quality in Watermelon. KSU J. Agric Nat 24 (1):64-69. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.701708>.

## INTRODUCTION

Plant growth regulator isolated from the root zone of different crops. They have effects on plant growth and improvement of nutrient uptake (Çakmakçı et.al, 2006). The use of Plant Growth Promoting Bacterias (PGPRs) as bio-fertilizers or bio-control agents in agriculture has been a focus of research for a number of years. Plant growth regulators constitute a natural defense system of plants and ensure the nutrient uptake. They also help to protect plants against external factors and affect their yield and product quality positively (Iwata, 2001).

PGPR can help plants to grow in nutrient deficient conditions. Additionally, they were characterized as salt tolerant and temperature resistant in a study conducted in Uzbekistan (Egamberdiyeva and Höflich, 2004). The effect of PGPRs on sour cherry cultivation, suggested that *Bacillus* T8 and *Bacillus* OSU-142, alone or in combination, have a great potential for the enhancement of yield and plant growth of sour cherry and therefore they have been suggested in growth promotion in sour cherry cultivation (Arıkan and Pırlak, 2016). From these results we conclude that plant growth regulators may be isolated from the soil of different crop root zones.

The effects of different kinds of organic fertilizer on the growth, yield, quality, and nutrient absorption and utilization of watermelon were examined to provide theoretical basis for adequate fertilization and efficient

production of watermelon in gravel-mulched field (Ouda and Mahadeen, 2008). In another study, suggested that effects of mineral and organic fertilization in the plant development, nutritional status, and fruit yield of melon (De Souza et al., 2018). Organic fertilizers contain nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and other nutrients in different proportions. In addition to providing nutrients, they also help growing plants and physical, chemical and biological characteristics of soil (Aygün and Acar, 2019). The application of bovine manure resulted in increase of nitrogen organic forms in soil (De Souza et al., 2018).

This study was focused on which fertilizers can be used on watermelon cultivation under semi-arid climatic conditions also according to results fertilization program of watermelon can be prescribed. This study to determine the effects of organic fertilizers and plant growth regulators on yield and some fruit quality parameters (pomological criteria, antioxidant, lycopene, phenolic and total chlorophyll ) in watermelon cultivation.

## MATERIALS and METHODS

The experiment was carried out in Adıyaman University Agricultural Research Center Application Area (ADYÜTAYAM) in 2018. Some soil physical and chemical properties of experimental area are given in Table 1.

Table 1. Some Soil Physical and Chemical Properties of the Experimental Area

*Çizelge 1. Deneme Alanına Ait Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri*

Soil Properties <i>Toprak Özellikleri</i>	Depth (cm) <i>Derinlik (cm)</i>		References ( <i>Referanslar</i> )
	0-30 cm ( <i>0-30 cm</i> )	30-60 cm ( <i>30-60 cm</i> )	
Texture	clay	sand-clay	Bouyocous (1951)
CaCO <sub>3</sub> (%) (Scheibler)	2.03	6.91	Ülgen ve Yurtsever,1974*
pH	7.62	7.85	Richards, 1954
EC (mmhos/cm)	0.03	0.03	Richards, 1954;
Organic matter (%)	1.45	1.74	Walkey (1934)
Olsen-P(kg/da) Available. P	0.40	1.09	Olsen ve Sommers (1982)
Exc.Ca (ppm)	24145.3	23538.7	FAO, 1990
Exc.Mg (ppm)	1807.1	2210.2	FAO, 1990
Exc.Na			
Exc.K			
Available.Fe (ppm)	8.43	8.74	Follet, 1969
Cu (ppm)	13.64	11.58	Follet, 1969
Zn (ppm)	2.05	2.07	Follet, 1969
Mn (ppm)	78.74	41.02	Follet, 1969

## Plant Materials

“Crimson Sweet” watermelon (*Citrullus lanatus*) variety was used as plant material. The variety is medium late standard variety and highly adapted to different soil and climate conditions. Round-oval fruit shape and bright red fruit flesh.

## Properties of Plant Growth Regulators, Farm manure and Vermicompost

Endoroots soluble under the trade name as plant growth regulators: cocktail mycorrhizae (*Glomus intraradices* (25%), *G. mosseae* (24%), *G. aggregatum* (1%), *G. monosporum* (1%), *G. deseticola* (1%), *G. brasilianum* (1%), *G. etunicatum* (1%), *G. margarita*



(1%), Crop-Set: *Lactobacillus acidophilus* fermentation product leaf fertilizer, ISR-2000 (855,81  $g\ l^{-1}$  *Lactobacillus acidophilus* active ingredients) were used.

The matured farm manure used in this study was collected from commercial farms and contained 59% organic matter, 1.6% N and pH was 8.2. Vermicompost used in the study was produced from cow manure and contained 64.18% organic matter, 2.58% N and pH was 7.4. Both of farm manure and vermicompost were used as organic fertilizers. Some physical and chemical analyzes of used and analyzed vermicompost and farm manure content results were similar with this study results (Çitak et al., 2011; Göksu and Kuzucu, 2017). The EC value of vermicompost is  $3.4\ dSm^{-1}$ .

Production seedlings of watermelon were transplanted with three replicates and six different applications to the main plots on 2<sup>nd</sup> May 2018. Experimental area was 20 m in length and 12.5 m in width. Ten plants were transplanted to plots (9  $m^2$ ) by 2 x 0.5 m intervals. Applications were distributed randomly and irrigated by a drip system.

Fertilizer applications: for control, no applications of any fertilizer and plant growth regulators, 150  $kg\ da^{-1}$  vermicompost (% 2.58 N), 2 tons  $da^{-1}$  farm manure (% 1.6 N), 250  $g\ da^{-1}$  Endoroots, 60  $cc\ da^{-1}$  ISR-2000 and 90  $cc\ da^{-1}$  Crop-Set were applied. Endoroots, ISR-2000 and Crop-Set doses were firm recommendations. Vermicompost and farm manure doses were determined according to the region soil structures and farmer practices. In the experiment “Neemazal” was used three times for plant protection.

### The Parameters Studied as Part of the Study

Three fruits were chosen randomly from each plot for pomological analyzes. Fruit weight (kg) was assessed by digital precision scales, and fruit width, length, and thickness were measured via ruler and fruit shell thickness (mm) was measured via digital calipers. Additionally, Total Soluble Solids (%) was detected in fruit juice samples of the collected fruits by digital refractometer.

Fruit samples were also subjected to biochemical assessments including lycopene ( $\mu g/g$ ), anthocyanin ( $mg/g\ FW$ ) and ( $mg/kg\ FW$ ) content. In order to determine the lycopene content, 6 g of fruit was weighed in 40 ml amber test tubes. Pure acetone containing 5 ml of 0.05 % Butyl Hydroxy Toluene (BHT) was vortexed for 1 min with 5 ml of 95% ethanol and 10 ml of hexane. The samples were taken and shaken into the ice bath for 20 minutes, and 3 ml of deionized water was added to verify lycopene content. Hexan layer of the mixture was read at 503 nm in spectrophotometer (Fish et al 2002; Kong and Ismail 2011).

Total anthocyanin was identified according to the

method mentioned by Giusti and Wrolstad (2001). The extract was prepared by homogenizing 5 g of fruit samples in 10 ml of 1% HCl containing methanol solution. The absorbances of the samples were read at 530 and 700 nm in the spectrophotometer.

Total phenolic amount was determined according to Folin-Ciocalteu method. The plant tissue homogenized in ethanol was centrifuged overnight after incubation at  $-80^{\circ}C$ . 1 ml ethanol, 5 ml distilled water, 1 ml folin and 3 ml 2%  $Na_2CO_3$  were added to the supernatant and incubated for 2 hours in the dark at room temperature and then read at 760 nm on the spectrophotometer (Slinkard and Singleton, 1977; Chandler and Dodds, 1983).

Total chlorophyll ( $mg/g\ FW$ ) content, 1 g of leaf tissue was homogenized in acetone and absorbances of samples were read at 662,645 and 470 nm in spectrophotometer (De Kok and Graham, 1980; Lichtenthaler and Welburn, 1983).

### Statistical Analysis

The study was carried out in randomized block experiment design with three replications under open field conditions. Obtained data were analyzed by using variance analysis using MINITAB package program and important parameters were subjected to Duncan multiple comparison at  $P<0.05$  significance level (Yurtsever, 1984).

## RESULTS and DISCUSSION

As a result of the study, fruit weight was identified between 2.93 kg and 5.01 kg (Table 2). Fruit weight results of plant growth regulator applications were higher than the control (Crop-Set by 5.8 %, ISR-2000 by 132.5% and Endoroots by 18.6%) application. When compared with control, yield was significantly increased by plant growth regulators, farm manure and vermicompost. In this study, Endoroots (250  $g\ da^{-1}$ ) is the most appropriate application in Adıyaman as the highest yield was recorded from Endoroots. It is thought that the Endoroots application would give good results because of regular transport of plant nutrients especially P and water to the plant. Similarly, Kiracı and Karataş (2005) examined the effects of plant growth regulators on tomato yield, and reported that Crop-Set and ISR-2000 were played an important role in increasing fruit weight. Arikan et. al., (2013) were also reported plant growth regulators increasing fruit and vegetable yield Plant growth regulators and microbial fertilizers were compared with green manure and presented successful results on tomato cultivation in the study conducted by Göktekin and Ünlü, 2016). Vermicompost application similarly to study has positive effect on yield of greenhouse peppers, fennel and tomato (Arancon et. al., (2004); Darzi et. al., (2008); Zaller, 2007).

As part of the study, the effects of vermicompost and farm manure compost at different volume ratios on rhizosphere environment, quality and yield of cucumber were studied. The results showed that vermicompost and cow manure compost could significantly improve the soil physical and chemical properties, increase soil nutrients, organic matter and enzyme activities; the cucumber yield and the contents of free amino acid, soluble protein, soluble sugar and vitamin C in fruit were also enhanced (Joshi et. al., 2015). By the fact that plant growth regulators play a big role in increasing the yield and fruit weights of watermelon.

When control and plant growth regulator applications were compared for fruit height, width and fruit shell thickness the results of all applications were not found statistically significant. Fruit width and height results were higher than the control application. The highest result of fruit width and height were obtained from vermicompost application by 20.66 cm and 22.39 cm respectively (Table 2).

The content of TSS was found higher on plant growth regulators applied plots compared with control plots. Highest % TSS was identified under Endoroots application (Table 2). The results were found 0.01 % statistically significant. According to Koca, 2006; TSS content of carrot ranged between 6.87-11.01%. Researcher has achieved higher TSS results. Gündüz and Özdemir (2012) reported that there is a positive relationship between the number of fruits and TSS. The application of plant growth regulators on watermelon plants increased the amount of lycopene at rates ranging from 0.2 % to 1 %. The highest amount of anthocyanin and phenolic substance were obtained from Endoroots application with 0.5 % and 8.5 %, respectively (Table 2). Similarly, Kiracı et. al., 2013 have reported that plant growth regulators have positive effects on anthocyanin, phenolic substance and lycopene content of carrot. Where plant growth regulator and two different organic fertilizers were applied on watermelon, TSS, lycopene and total chlorophyll were determined statistically significant.

Total chlorophyll content has been increased when all Plant growth regulator applications were compared with control. Highest result was obtained from Endoroots application by 9.23 (Table 2). Different azotobacteria species are effective on antioxidant enzymes, carotenoid, chlorophyll pigments, soluble protein and dry matter (Karaboz and Özcan, 2005).

In this study, yield was increased by plant growth regulator and farm manure applications. Crop-Set as a plant growth regulator has positive effect on yield in around the world by the studies with different plant. For example of these studies, Crop-Set application was increased marketable yield of potato in a ranked of

5.83 % (Anonymous, 1997a); Crop-Set has been applied to Dark Red Norland variety of potato; marketable yield was increased in a ranked of 20.9% (Anonymous, 1997b).

According to the control application, the highest efficiency was obtained with 11.63 tons da<sup>-1</sup> in Endoroots application and Endoroots application was determined statistically important (Table 2). Zhang et al. (2011) examined the effects of vermicompost on watermelon yield and quality in different volume ratios, they stated that additional vermicompost could significantly increase the content of the present N, present P, present K, organic matter in the soil and the content of N, P, K in watermelon plants and fruits. Çetinkaya and Dura (2010) were reported; Endoroots application had good effect on corn yield and corn quality.

Farm manure and vermicompost applications were measured higher in all the parameters examined in the watermelon compared to the control application (Table 2). As vermicompost application compared to animal manure, vermicompost application had higher and positive effects on fruit weight, fruit width, fruit height, fruit thickness and yield. Vermicompost application could give good results than farm manure. This could be because of physical and chemical properties of vermicompost were better than those of animal manure. Compared to cow dung compost, the vermicompost was better at the same volume ratio, and adding 25% worm casing showed the best effect (JiRui et al., 2013). The amount of lycopene, anthocyanin, total chlorophyll and phenolic substance were higher in vermicompost application than farm manure. TSS rate was low in vermicompost application to farm manure due to dilution effect or Karadoğan et al., 1997 stated that farm manure can be interpreted as increasing the efficiency of nitrogen and decreasing the dry matter rate.

## CONCLUSION

Results indicated that both plant growth regulators, farm manure and vermicompost fertilizers can be used successfully in watermelon cultivation under semi-arid ecological conditions. When the effects of plant growth regulators, farm manure and vermicompost fertilizers applications on fruit yield and some quality parameters were evaluated; it was concluded that plant growth regulators, farm manure and vermicompost fertilizers applications could supply significant benefits in watermelon cultivation. Based on the results, Endoroots and vermicompost applications were found to be beneficial and can be recommended for watermelon cultivation. The doses of 250 g da<sup>-1</sup> and 150 kg da<sup>-1</sup> were the most efficient for Endoroots and vermicompost, respectively.

Table 2. Some Phenological and Pomological Properties of Watermelon Cultivars.

*Çizelge 2. Karpuz Çeşitlerinin Bazı Fenolojik ve Pomolojik Özellikleri*

Variables <i>Değişkenler</i>	Endoroots <i>Endoroots</i>	ISR-2000 <i>ISR-2000</i>	Crop-Set <i>Crop-Set</i>	Farm		
				Manure <i>Çiftlik</i>	Vermicompost <i>Vermikompost</i>	Control <i>Kontrol</i>
Fruit Weight (kg)	3.6	3.39	3.11	4.80	5.01	2.93
Fruit Width (cm)	19.4	18.64	17.38	20.53	20.66	19.90
Fruit Height (cm)	19.9	20.10	21.67	21.62	22.39	18.03
Fruit Shell Thickness (mm)	12.5	12.25	12.16	11.70	12.86	13.40
TSS (%)	15.9a***	12.69c	13.44bc	15.02ab	13.29bc	10.47d
Lycopene (µg/g)	58.5	57.96	57.99	58.04	58.04	57.86
Total Anthocyanin (mg/g FW)	0.71	0.70	0.66	0.69	0.70	0.66
Total Phenolic (mg/kg FW)	129	121	113	126	129	118
Total Chlorophyll (mg/g FW)	9.23	9.07	8.88	9.10	9.16	7.71
Yield (ton/da)	11.63**	8.56	6.53	7.45	9.27	5.79

The parameters that are not lettered against the applications are not statistically different from each other. Statistically different applications are shown in the line by showing \*\* (p≤0.1) and \*\*\* (p≤0.01).

Uygulamalar karşısında harflendirilmemiş parametreler istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir. Farklı olan uygulamalar \*\* (p≤0.1) ve \*\*\* (p≤0.01) ile gösterilerek harflendirmeler satırda yapılmıştır.

a, b, c; Sütün içerisinde aynı harf ile işaretlenmiş ortalamalar P seviyesinde istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir. Means followed by the same letter within the column are not statistically different a

**Statement of Conflict of Interest**

Authors have declared no conflict of interest.

**Author's Contributions**

The contribution of the authors is equal.

**REFERENCES**

- Anonymous 1997a. The effect of Crop-Set on Total and Marketable Yield of Dark Red Norland Variety Potatoes. Improcrop Ltd. Şti.
- Anonymous 1997b. The Effect of Crop-Set on Total and Marketable Yield of Yukon Gold Variety Potatoes. Improcrop Ltd. Şti.
- Arancon N Q, Edwards C A, Atiyeh R and Metzger J D 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93(2): 139-144
- Arıkan Ş, İpek M, Pırlak L 2013. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Fruit Quality of Quince. International Conference on Agriculture and Biotechnology 29-30 December 2017, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Arıkan Ş, Pırlak L 2016. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth, Yield and Fruit Quality of Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.), *Erwerbs-Obstbau*, 58(4): 221-226.
- Bouyoucos GD, 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soil. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.
- Çakmakçı R, Dönmez F, Aydın A, Şahin F 2006. Growth Promotion of Plants By Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Under Greenhouse and Two Different Field Soil Conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6): 1482-1487.
- Chandler SF, Dodds JH 1983. The Effect of Phosphate, Nitrogen and Sucrose on the Production of Phenolics and Solasodine in Callus Cultures of *Solanum laciniatum*. *Plant Cell Report*, 2(4): 205-208.
- Çıtak S, Sönmez S, Koçak F, Yaşın S 2011. Vermikompost ve Ahrır Gübresi Uygulamalarının Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) Bitkisinin Gelişimi ve Toprak Verimliliği Üzerine Etkileri. *Derim*, 28(1): 56-69.
- Darzi MT, Ghalavand A, Rejali F 2008. Effect Of Mycorrhiza, Vermicompost And Phosphate Biofertilizer Application On Flowering, Biological Yield And Root Colonization In Fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(1): 88-109.
- Çetinkaya N and Dura S 2010. The Effects of A Endomycorrhizal Preparete on Yield and Vegetative development of Corn. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1):53-59
- De Souza JRM, Artur AG, Taniguchi CAK, Pinheiro JI 2018. Yellow Melon Yield In Response to Mineral or Organic Fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 41(9): 1-8.
- De-Kok L, Graham M 1980. Levels of Pigments, Soluble Proteins, Amino Acids and Sulfhydryl Compounds in Foliar Tissue of *Arabidopsis Thaliana* During Dark Induced and Natural Senescence. *Plant Physiology and Biochemistry*, 27(2): 133-142.
- Egamberdiyeva D, Höflich G 2004. Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria on Growth and Nutrient Uptake of Cotton and Pea In A Semi-Arid Region of Uzbekistan. *Journal of Arid Environments*, 56(2): 293-301.



- Follet RH 1969. Zn, Fe, Mn, Cu in Colorado Soils, Fort Collins CO: Colorado State University Dissertation.
- FAO 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.
- Fish WW, Perkins-Veazie P, Collins JK 2002. A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. Journal of Food Composition and Analysis, 15(3): 309-317.
- Giusti MM, Wrolstad RE 2001. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, (1): F1-2.
- Göksu GA, Kuzucu CÖ 2017. Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) Farklı Dozlardaki Vemikompost Uygulamalarının Verim ve Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(2): 48-58.
- Göktekin Z, Ünlü H 2016. Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Yeşil Gübre, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri. Ziraat Fakültesi Dergisi 11(2): 108-119.
- Gündüz K, Özdemir E 2012. Çileklerde Meyve Kalite Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1): 9-14.
- Iwata M 2001. Probenazole-a Plant Defence Activator. Pesticide Outlook, 12(1): 28-31.
- JiRui L, QingHua S, XiuFeng, W, Min W MengDi X, XiuHui L 2013. Effects of Vermicompost and Cow Dung Compost at Different Volume Ratios on Rhizosphere Environment, Quality and Yield of Cucumber. Shandong Agricultural Sciences, 45(6): 66-70.
- Joshi R, Singh Jand Vig AP 2015. Vermicompost as an Effective Organic Fertilizer and Biocontrol Agent: Effect on Growth, Yield and Quality of Plants. Rev Environ Sci Biotechnol 14, 137-159. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>
- Karaboz İ, Özcan NH 2005. İzmir ve Aydın Yöresindeki Topraklardan İzole Edilen *Azotobacter chroococcum* İzolatlarının Tuz, Sıcaklık ve Bazı Ağır Metaller Toleranslarının Belirlenmesi. Orta On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 3: 2-10.
- Karadoğan T, Özer H, Oral E 1997. Çiftlik Gübresi ve Mineral Gübrelemenin Patates Yumrusunun Direncine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2): 227-234.
- Kellog W 1952. Our Garden Soil. The Macmillan Company, New York.
- Kıracı S, Gönül E, Padem H 2013. Mikrobiyal Gübre Ve Bitki Aktivatörü Uygulamalarının Organik Havuç Yetiştiriciliğinde Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2): 36-43.
- Kıracı S, Karataş A 2015. Organik Tarımda Kullanılan Bazı Bitki Aktivatörlerinin Domateste Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 26(4): 19-26.
- Koca N 2006. Havuçlarda Karotenoidler ve Aktioksidan Aktivite. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 81 sy, Ankara.
- Kong KW, Ismail A 2011. Lycopene Content and Lipophilic Antioxidant Capacity of By Products From Psidium Guajava Fruits Produced During Puree Production Industry. Food and Bioprocess Processing 89(1): 53-61.
- Lichtenthaler K, Welburn AR 1983. Determination of Total Carotenoids and Reduced Volumes of Organic Solvents. Journal of Food Composition and Analysis, 15(3): 309-317.
- Olaniyi JO, Fagbayide JA 2007. Influence Of Source and Time of Nitrogen Application on Growth, Yield and Nutrient Composition of Eugosi Melon. Research Journal of Agronomy, 1: 99-104.
- Olsen SR, Dean LA 1965. Phosphorus. In: Black CA (ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Inc. Publisher Madison Wisconsin, 1035-1049.
- Ouda BA, Mahadeen AY 2008. Effect of Fertilizers on Growth, Yield, Yield Components, Quality and Certain Nutrient Contents in Broccoli (*Brassica oleracea*). International Journal of Agriculture and Biology, 10(6): 627-632.
- Richard LA 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. Handbook 60, U. S. Department of Agriculture.
- Slinkard K, Singleton VL 1977. Total Phenol Analyses: Automation and Comparison with Manual Methods American Journal of Enology and Viticulture, 28(1): 49-55.
- Ülgen N, Yurtsever N 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araş. Ens. Teknik Yayınları., Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No:T-66.
- Yurtsever N 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın, (121).
- Zaller JG, 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientia Horticulturae 112(2): 191-199.
- Zhang N, Ren Y, Shi Q, Wang X, Wei M, Yang F 2011. Effects of Vermicompost on Quality and Yield of Watermelon. China Vegetables, (6): 76-79.



## Effect of Rhizospheres Bacteria Isolated from Kahramanmaraş Pepper Fields Against *Phytophthora capsici*

Zeynep Hümeysra ARDIÇ<sup>1</sup>, Mustafa KÜSEK<sup>2\*</sup>, Ceyda CEYHAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Adana Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kışla Caddesi, 01321, Yüreğir/ADANA, <sup>2,3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6195-6351>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6320-5869>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-9695-281X>

✉: [mkusek@ksu.edu.tr](mailto:mkusek@ksu.edu.tr)

### ABSTRACT

For the study, 36 soil samples with roots parts were taken from root zone of better grown healthy pepper plants from the pepper fields of Kahramanmaraş province. Bacterial isolations were made from collected soil samples. Overall, 713 isolates were obtained from the bacteria colonies based on the morphological characteristics differences. By measuring the radius of inhibition zone, ZHA17 was determined to be most effective isolate. Fifteen isolates were selected from these bacteria in such a way to establish a zone to inhibit the growth of *Phytophthora capsici* and used in pot experiments under controlled conditions. The isolates were identified as *Bacillus pumilus*, *B. subtilis* ss *subtilis*, *Mycobacterium confluentis*, *M. immunogenum*, *Paenibacillus castaneae*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. viridilivida* and *Tsukamurella paurometabola* bacteria species according to Biolog GEN III identification system.

### Research Article

#### Article History

Received : 13.03.2020  
Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

Pepper  
Soil Bacteria  
Biolog Gen III  
*Phytophthora capsici*  
Biological Control

## Kahramanmaraş Biber Alanlarından İzole Edilen Toprak Bakterilerinin *Phytophthora capsici*'ye Karşı Etkisinin Belirlenmesi

### ÖZET

Kahramanmaraş ilindeki biber ekim alanlarındaki biber bitkilerinden daha iyi gelişmiş sağlıklı bitkiler seçilerek kök bölgelerinden köklerle birlikte 36 toprak örneği alınmıştır. Bu toprak örneklerinden bakteri izolasyonu yapılarak elde edilen bakteri kolonilerinden morfolojik karakter farklılıkları göz önüne alınarak 713 izolat elde edilmiştir. Engelleme zonlarının yarıçapları ölçülerek suretiyle en etkili izolatın ZHA17 olduğu belirlenmiştir. *Phytophthora capsici*'ye karşı bu bakterilerden engelleme zonu oluşturan 15 izolat seçilerek saksı çalışmasında kullanılmıştır. Saksı çalışmasında ZHA57, ZHA88, ZHA178, ZHA212, ZHA215, ZHA287 ve ZHA579 izolatları kök boğazı yanıklığı hastalığının gelişimini engellemiştir. Biolog Gen III tanılama sistemine göre izolatlar *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis* ss *subtilis*, *Mycobacterium confluentis*, *Mycobacterium immunogenum*, *Paenibacillus castaneae*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas viridilivida* ve *Tsukamurella paurometabola* bakteri türleri olduğu belirlenmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 13.03.2020  
Kabul Tarihi : 09.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Biber  
Toprak Bakterileri  
Biolog Gen III  
*Phytophthora capsici*  
Biyolojik Kontrol

**To Cite :** Ardiç ZH, Küsek M, Ceyhan C 2021. Effect of Rhizospheres Bacteria Isolated from Kahramanmaraş Pepper Fields Against *Phytophthora capsici*. KSU J. Agric Nat 24 (1): 70-75. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.702589>.

### INTRODUCTION

Many disease and pests lead to significant economic losses in pepper. *Phytophthora capsici* Leon., which is the agent causing the root-crown rot disease (*Phytophthora* blight of pepper), is one of the major diseases affecting pepper. The disease agent is seen at almost anywhere around the world, where pepper is grown, and leads to significant losses. It was detected on pepper in New Mexico for the first time in the world;

and then the presence of the agent was reported all around the world. *P. capsici* was detected in Marmara, Aegean, Mediterranean, Black Sea, Central Anatolia and Southeastern Anatolia regions of Turkey leading to significant yield losses (Abak and Pitrat, 1981; Leonian, 1922). *Phytophthora* is a genus in Oomycota group and contains pathogens, which cause epidemics on many plants from time to time. There are more than fifty species of *Phytophthora*, which cause disease on

plants (Tsao, 1983).

Biological control studies have distinct importance in controlling the diseases, which have no chemical control such as *Phytophthora*. It is known that certain bacteria and fungus in saprophytic character living on the rhizosphere zone of the plant are competitive and that they produce certain metabolic material so as to make repressive impact on the pathogenic agents. These include microorganisms such as fluorescent *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Taloromyces* and avirulent *Fusarium*. Such microorganisms was started to be produced commercially due to their adaptation to the existing ecosystem and their positive effects on the plant growth.

In this study, beneficial bacteria isolates were recovered from the rhizosphere of healthy pepper plants in areas where crown rot disease is observed in the Kahramanmaraş province and the antagonistic species were determined through in vitro tests and pot experiments under controlled conditions.

## MATERIAL and METHODS

### The bacteria and fungi strains

Bacteria isolates were isolated from the soil around the root zone of the pepper plants grown in the Kahramanmaraş province. In order to isolate the bacteria, the soil samples were taken from the pepper plants with a good growing trend from a depth of 15-20 cm together with the root parts. The dilution series of the isolates, which was isolated from the soil, were prepared according to Aysan et al. (2003). The planting was made into Petri dishes containing Nutrient Agar (NA) nutrient media taking 100 µl with the help of a glass stirrer from  $10^3$ ,  $10^5$  and  $10^7$  dilution series. At the end of 2-4 days incubation of the Petri plates in 25°C, different colonies, which have developed in the NA nutrient media, were taken and pure cultures were developed on NA nutrient media.

The agent of the stem and fruit blight of peppers, *P. capsici* was obtained from the Eastern Mediterranean Transitional Zone Research Institute (Kahramanmaraş).

### Determination of the effects of the bacterial isolates against *P. capsici*

*Phytophthora capsici* isolate was planted on a disk area at a radius of 6.0 mm in the middle of a Petri dish containing HRA nutrient media. After planting the *P. capsici* isolate, different bacterial isolates were planted in spots with a toothpick at four sides of the isolate with a distance of 3 cm at each side. On the other hand, sterile water was used at the control treatment instead of bacteria. The development radius of the fungus in control and bacterial treatments was measured with a ruler on the 6<sup>th</sup> day of planting. In order to identify the

inhibition zone, colony radius length of the fungus in bacterial treatment was deducted from the colony radius length of the fungus in control application. This experiment was established according to the randomized trial design of four replication.

### Identification of the bacteria isolates

Fifteen bacteria isolates selected according to the length of the inhibition zone were identified. Identification was made according to Anonymous (2008) and Rosvid et al. (2011) using Biolog GEN III MicroPlate (BIOLOG 21124 Cabot Blvd Hayward, CA 94545).

### Biological control in pot experiment

In order to determine the efficiency of 15 isolates, which were isolated from the soil and selected according to their antagonistic effects against *P. capsici* in the growth chamber, a pot trial was established with the pepper seedlings in five repetitions. The density of the bacteria isolates, which were developed at 25°C in NA nutrient medium for a period of 24 hours, was adjusted to a concentration of  $10^8$  cell/ml with physiologic water (0.85 % NaCl). Then the roots of the pepper plants were merged into suspension of bacteria isolates and awaited in such suspension for a period of 10 minutes and then transferred into the pots. However for the control application, the pepper seedlings were kept in physiologic water without bacteria for a period of 10 minutes and then transferred into the pots. *P. capsici* mycelium was inoculated into the peat until one petri plate (10 cm) was filled. The developing micelles were mixed to 1 l torf and 1 petri dish. The plants, which were transferred into the pots, were grown in climate chamber at 25°C. The scalds on the stem was measured with a ruler 5 days after bacteria treatment. The results were compared by Duncan's Multiple Range Test at 5% importance level.

## RESULTS

### The effect of the soil bacteria against *P. capsici*

During the study, 713 bacteria were isolated from the soil around the root zone of pepper plant. Fifteen isolates having the highest inhibition zone were selected among the isolates isolated from the soil. The inhibition zone of the selected bacteria varied between 17 mm and 29 mm. ZHA212 isolate (29 mm) was found to have the highest inhibition zone, and followed by ZHA17 (24 mm), ZHA90 (23.2 mm) and ZHA296 (23 mm) respectively. ZHA579 (17 mm), ZHA215 (17.3 mm) and ZHA191 (18 mm) were observed to have the lowest inhibition zone among the selected isolates. All the selected bacterial isolates were found to be negative in the tobacco hypersensitivity reaction and pectolytic activity in potatoes.

### Identification of the bacteria isolates via BIOLOG identification system

The metabolic profiles of the selected bacteria were obtained using Biolog's Microbial Identification System Software program. The metabolic profiles of fifteen bacteria isolates, which were selected according to their zone radius, were identified according to the isolates with their metabolic profiles present in the system library. Two of the bacteria isolates were identified as *Mycobacterium immunogenum* (similarity rates of ZHA17 and ZHA57 isolates were 50% and 56 % respectively); 5 isolates were identified as *Paenibacillus castaneae* (similarity rates of ZHA88, ZHA178, ZHA212, ZHA215 and ZHA296 isolates were 54%, 67%, 67%, 68% and 64% respectively); 1 isolate was identified as *Bacillus pumilus* (similarity rate of ZHA90 isolate was identified as 51%); 1 isolate was identified as *Pseudomonas fluorescens* (similarity rate

of ZHA91 isolate was 58%); 1 isolate was identified as *Mycobacterium confluentis* (similarity rate of ZHA246 isolate was 51%); 1 isolate was identified as *B. subtilis* ss *subtilis* (similarity rate of ZHA287 isolate was 68%); 1 isolate was identified as *P. viridilivida* (similarity rate of ZHA308 was 63%) and 1 isolate was identified as *Tsukamurella paurometabola* (similarity rate of ZHA569 isolate was 50%) (Table 1). Two of the abovementioned bacteria didn't show similarity with the bacteria recorded on BIOLOG GEN III system.

### Biological control in pot experiments

It was detected in pot experiments that ZHA57, ZHA88, ZHA178, ZHA296, ZHA308 and ZHA569 isolates, which were obtained from the bacteria isolated from the soil, inhibit development of Phytophthora blight of pepper significantly ( $F_{4,84}=9,30$ ;  $p<0.05$ ) (Table 2).

Table 1 The bacteria isolates identified with Biolog GEN III automatic identification system.

Çizelge 1. Biolog GEN III otomatik tanılama sistemi ile tanılanan bakteri izolatları

<i>Species of the Bacteria</i> <i>Bakteri Türü</i>	<i>Similarity Rate (%)</i> <i>Benzerlik Oranı</i>	<i>Isolate Number</i> <i>İzolat No</i>
<i>Bacillus pumilus</i>	51	ZHA90
<i>Bacillus subtilis</i> ss <i>subtilis</i>	68	ZHA287
<i>Mycobacterium confluentis</i>	51	ZHA246
<i>Mycobacterium immunogenum</i>	50-56	ZHA17, ZHA57
<i>Paenibacillus castaneae</i>	54-68	ZHA88,ZHA178,ZHA212,ZHA215,ZHA296
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	58	ZHA191
<i>Pseudomonas viridilivida</i>	63	ZHA308
<i>Tsukamurella paurometabola</i>	50	ZHA569
Non-identified		ZHA235, ZHA579

Table 2 Effect of Rhizobacteria on development of the disease

Çizelge 2. Rhizobakteriaların hastalık gelişimi üzerine etkisi

<i>Isolates</i> <i>İzolatlar</i>	<i>Length of the necrosis (cm)</i> <i>Nekroz Uzunluğu (cm)</i>	<i>Species of the Bacteria</i> <i>Bakteri Türü</i>
Negative Control ( <i>Negatif Kontrol</i> )	00.0 a	
Positive Control ( <i>Pozitif Kontrol</i> )	10.0 e	
ZHA246	10.0 e	<i>Mycobacterium confluentis</i>
ZHA235	10.0 e	Unidentified
ZHA90	10.0 e	<i>Bacillus pumilus</i>
ZHA17	09.1 de	<i>Mycobacterium immunogenum</i>
ZHA212	08.9 de	<i>Paenibacillus castaneae</i>
ZHA215	08.6 cde	<i>Paenibacillus castaneae</i>
ZHA287	08.3 cde	<i>Bacillus subtilis</i> ss <i>subtilis</i>
ZHA579	08.0 bcde	Unidentified
ZHA191	07.8 bcde	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
ZHA308	07.3 bcd	<i>Pseudomonas viridilivida</i>
ZHA178	06.9 bcd	<i>Paenibacillus castaneae</i>
ZHA57	06.6 bcd	<i>Mycobacterium immunogenum</i>
ZHA569	06.5 bcd	<i>Tsukamurella paurometabola</i>
ZHA296	06.0 bc	<i>Paenibacillus castaneae</i>
ZHA88	05.5 b	<i>Paenibacillus castaneae</i>



It was observed that ZHA17, ZHA212, ZHA215, ZHA287 and ZHA579 isolates inhibited Phytophthora blight of pepper partly, but such inhibition was not significantly important statistically. ZHA246, ZHA235 and ZHA90 isolates among the soil bacteria gave the same result with positive control and they were unable to inhibit development of the disease.

## CONCLUSION and DISCUSSIONS

Rhizosphere soil samples were taken from 36 different pepper fields in Kahramanmaraş province in order to isolate antagonistic bacterial agents, which may be used for biological control against *P. capsici*. Bacteria isolates. With this purpose a total of 713 bacterial isolates were obtained from the soil samples. An inhibition zone was determined against *P. capsici* in Petri plates on nutrient media for the rhizosphere bacteria isolates wherein 15 isolates which formed the greatest inhibition zone, were identified and these isolates were further tested in pot experiments. When the radius of the inhibition zones were examined 6 days after inoculation of the Rhizobacteria and the fungal pathogen together in Petri plates, the greatest inhibition zone was observed for *Paenibacillus castaneae* ZHA212 (29 mm) and *Mycobacterium immunogenum* ZHA17 (24 mm) isolates; and the smallest inhibition zone was observed for ZHA579 (17 mm) isolate, whose type could not be identified. Ling et al. (2014) reported that the efficiency of *Paenibacillus* spp. could be increased on terra rossa through different fertilization regimes and hence the number of the soil borne pathogens could be decreased through encouragement of the plant growth. Some species of *Paenibacillus* genus were identified as nitrogen fixing species (Anand and Chanway, 2013; Anand et al., 2013). They prevent germination and development of the plant pathogens on the soil; and hence they contribute soil productivity and plant health as they may be used for biological control (Ling et al., 2011; Gua and Liao, 2013).

Efficiency of the soilborne bacteria isolates against *P. capsici* were also reported in previous studies (Jee et al., 1988; Akgül and Mirik, 2008; Kim et al., 2009). Jee et al. (1988) observed *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas cepacia* and *Bacillus polymyxa* species forming an inhibition zone against *Phytophthora capsici* during their study.

Analyzing the results of Biolog Gen III identification system, 9 of the 15 isolates matched with different bacteria species (*B. pumilus*, *B. subtilis* ss *subtilis*, *M. confluentis*, *M. immunogenum*, *Paenibacillus castaneae*, *P. fluorescens*, *P. viridilivida*, *Tsukamurella paurometabola*) and 2 isolates (ZHA235, ZHA579) could not be identified. The highest similarity rate was observed as 68% between ZHA287 and *B. subtilis* ss *subtilis*.

In pot experiment conducted in order to determine the

efficiency of the 15 isolates selected against *P. capsici*, *M. immunogenum* ZHA57, *Paenibacillus castaneae* ZHA88, ZHA178, ZHA296, *Pseudomonas viridilivida* ZHA308 and *Tsukamurella paurometabola* ZHA569 isolates were detected to inhibit development of *P. capsici* L. (Phytophthora blight of pepper) significantly ( $F_{4,84} = 9,30$ ;  $p < 0.05$ ). Among these bacteria, *M. immunogenum* ZHA17, *Paenibacillus castaneae* ZHA212, ZHA215, *B. subtilis* ss *subtilis* ZHA287 and unidentified ZHA579 isolates were detected to inhibit *P. capsici* (Phytophthora blight of pepper) partly. Uppal et al. (2006) detected in their study that *P. viridilivida* inhibited development Verticillium wilt disease caused by *Verticillium dahliae*. Daafy et al. (2003) reported that *P. viridilivida* isolate was effective against potato late blight caused by *Phytophthora infestans*. Kim et al. (2009) reported in their study that 15 isolates of *Paenibacillus polymyxa* showed antimicrobial activity against *P. capsici*, which was similar to in this study. Soil borne bacteria not only inhibit development of certain plant disease agents but also increase resistance of plants. Tran et al. (2007) reported that *P. fluorescens* not only inhibited infection against potato late blight caused by *Phytophthora infestans*, but also inhibited formation of spore structures. Zang et al. (2010) determined that certain isolates of soil borne *Bacillus* bacteria decreases the severity of *P. capsici* at a significant level at greenhouse conditions. It was reported in many studies that *Mycobacterium immunogenum* species, which display a similarity rate of 50-56% in GEN III identification, is a pathogen bacteria for people (Loots et al., 2006; Selvaraju et al., 2005; Gordon et al., 2008). However, identification of *M. immunogenum* ZHA17 and ZHA57 isolates, which were reported to inhibit development of pathogens during the inhibition studies conducted against *P. capsici*, must be supported with molecular identification methods; and it must be detected whether these isolates are pathogens for people. If they are not hazardous in terms of being human pathogen, they can be studied for biological control studies.

There are studies indicating that C-924 isolate of *Tsukamurella paurometabola* species shows antagonistic effect against plant pathogenic fungi and that they may be used for biological control of nematodes (Bruzos et al., 2013; Marin et al., 2013; Hernandez et al., 2008).

It is reported based on the studies conducted that induced systemic resistance (ISR) of soil borne bacteria representing various species including *Pseudomonas* and *Bacillus* encourages systemic acquired resistance (SAR) (Raupach and Kloepper 1998; Kloepper et al., 2004; Mirik, 2005; Zhang et al., 2010). It is proved via the soil borne bacteria that signal transmission in ISR is independent from salicylic acid but dependent on ethylene and jasmonic acid (Tran et al., 2007). Kone et al. (2009) treated their plants in their study with



systemic acquired resistance (SAR) indicators including acibenzolar-S-methyl (ASM); and determined that it showed resistance in pumpkin against *P. capsici*. As a result, certain isolates, which were isolated from soil samples taken from pepper fields from the Kahramanmaraş province, was determined to be effective against *P. capsici*. In future studies, effective isolates should be selected and the inhibition mechanism of soil borne bacteria against *P. capsici* and efficiency of different combinations of these bacteria against *P. capsici* must be explored, and finally the optimum combination could be determined.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Kahramanmaraş Sütçü İmam University The Scientific Research Coordination Unit, Project number: 2014/3 16 YLS. This study was derived from master thesis of Zeynep Hümeyra ARDIÇ.

#### Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

#### Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

#### REFERENCES

- Abak K, Pitrat M 1981. Biberlerde Kök Boğazi Yanıklığı (*Phytophthora capsici* Leon) Hastalığına Dayanıklılık Üzerine Bir Araştırma. A.Ü.Z.F. Yılı 29(2-3-4):943-947.
- Akgül DS, Mirik M 2008. Biocontrol of *Phytophthora capsici* on Pepper Plants by *Bacillus megaterium* Strains. Journal of Plant Pathology 90(1):29-34.
- Anand R, Chanway CP 2013. Nif Gene Sequence and Arrangement in the Endophytic Diazotroph *Paenibacillus polymyxa* Strain P2b-2R. Biol Fertil Soils 49:965-970.
- Anand R, Grayston S, Chanway C 2013. N-2-Fixation and Seedling Growth Promotion of Lodgepole Pine by Endophytic *Paenibacillus polymyxa*. Microb Ecol 66:369-374.
- Anonymus 2008. Biolog Gen III Microplate Instruction for Use.
- Aysan Y, Karatas A, Cinar O 2003. Biological Control of Bacterial Stem Rot Caused by *Erwinia chrysanthemi* on Tomato. Crop Protection 22:807-811.
- Bruzos MM, Campos JM, Chavez PC, Valdivia RM, Vazquez EP 2013. Interaction Among *Tsukamurella paurometabola* C-924 and *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* CFH in Bean Plants. Acta Agronomica 62(1):52-58.
- Daafy F, Adam L, Fernando VGD 2003. Comparative Screening of Bacteria for Biological Control of Potato Late Blight (strain US-8), Using in vitro, Detached-leaves, and Whole-plant Testing Systems. Can J Plant Pathol 25:276-284.
- Gordon T, Nadziejko C, Galdanes K, Lewis D, Donnely K 2006. *Mycobacterium immunogenum* Causes Hypersensitivity Pneumonitis-like Pathology in Mice. Journal Inhalation Toxicology 18(6):449-456.
- Guo T, Liao MD 2014. Suppression of *Rhizoctonia solani* and Induction of Host Plant Resistance by *Paenibacillus kribbensis* PS04 Towards Controlling of Rice Sheath Blight. Biocontrol Sci Technol 24:116-121.
- Hernandez A, Moreira A, Pimentel E, Martinez J, Mena J, Del Toro N 2008. A Rapid Method for Estimating Viability in Desiccated Cells of the Biocontrol Agent *Tsukamurella paurometabola* C-924. Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology 16:222-229.
- Jee HJ, Nam CK, Kim CH 1988. Studies and Biological Control of Phytophthora Blight of Red Pepper.1. Isolation of Antagonists and Evaluation of Antagonistic Activity in vitro and in Greenhouse. Korean J Plant Pathol 4(4):305-312.
- Kim SG, Khan Z, Jeon YH, Kim YH 2009. Inhibitory Effect of *Paenibacillus polymyxa* GBR-462 on *Phytophthora capsici* causing Phytophthora Blight in Chilli Pepper. Journal of Phytopathology 157(6):329-337.
- Klopper JW, Ryu CM, Zhang SA 2004. Induced Systemic Resistance and Promotion of Plant Growth by *Bacillus* spp. Phytopathology 94:1259-1266.
- Kone D, Csinos AS, Jackson KL, Ji P 2009. Evaluation of Systemic Acquired Inducers for Control of *Phytophthora capsici* on Squash. Crop Protection 28:533-538.
- Leonian LH 1922. Stem and Fruit Blight of Pepper Caused by *Phytophthora capsici* sp. Nov. Phytopathology 12:401-408.
- Ling N, Huang Q, Guo S, Shen Q 2011. *Paenibacillus polymyxa* SQR-21 Systemically Affects Root Exudates of Watermelon to Decrease the Conidial Germination of *Fusarium oxysporum* f.sp. *niveum*. Plant Soil 341:485-493.
- Ling N, Wang D, Zhu C, Song Y, Yu G, Ran W, Huang Q, Guo S, Shen Q 2014. Response of the Population Size and Community Structure of *Paenibacillus* spp. to Different Fertilization Regimes in a Long-term Experiment of Red Soil. Plant Soil 383:87-98.
- Loots MAM, De Jong MD, Van Solingen D, Wetsteyn JCFM, Faber WR 2006. Chronic Leg Ulcer Caused by *Mycobacterium immunogenum*. Journal of Travel Medicine 12(6):347-349.
- Marin M, Wong I, Garcia G, Moran R, Basulto R, Pimentel E, Mena J 2013. Actividad Antagónica in vitro de *Tsukamurella paurometabola* C-924 Frente a Fitopatógenos. Rev Protección Veg 28(2):132-137.
- Mirik M 2005. Biberde Bakteriyel Leke Etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın

- Tanılanması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanakları. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı Doktora Tezi, 162 sy.
- Raupach GS, Kloepper JW 1998. Mixtures of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Enhance Biological Control of Multiple Cucumber Pathogens. *Phytopathology* 88:1158-1164.
- Rosyid TA, Karim R, Adzahan NM, Chazali FM 2011. Antibacterial Activity of Several Malaysian Leaves Extracts on the Spoilage Bacteria of Yellow Alkaline Noodles. *African Journal of Microbiology Research* 5(8):898- 904.
- Selvaraju SB, Khan IUH, Yadav JS 2005. Biocidal Activity of Formaldehyde and Nonformaldehyde Biocides Toward *Mycobacterium immunogenum* and *Pseudomonas fluorescens* in Pure and Mixed Suspensions in Synthetic Metalworking Fluid and Saline. *Applied And Environmental Microbiology* 71(1): 542-546.
- Tran H, Ficke A, Asimwe T, Höfte M, Raaijmakers JM 2007. Role of the Cyclic Lipopeptide Massetolide A in Biological Control of *Phytophthora infestans* and in Colonization of Tomato Plants by *Pseudomonas fluorescens*. *New Phytologist* 175:731–742.
- Tsao PH 1983. Factors Affecting Isolation and Quantitation of *Phytophthora* from Soil. (Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology, American Phytopathological Society ST Paul, MN., USA: Ed. Erwin DC, Bartnicki-Garcia S, Tsao PH, 219-236 sn.
- Uppal AK, El Hadrami A, Adam LR, Menuta M, Daafy F 2007. Pathogenic Variability of *Verticillium dahliae* Isolates from Potato Fields in Manitoba and Screening of Bacteria for their Biocontrol. *Can J Plant Pathol* 29:141-152.
- Zhang S, White TL, Martinez MC, McInroy JA, Kloepper JW, Klassen W 2010. Evaluation of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Control of Phytophthora Blight on Squash Under Greenhouse Conditions. *Biological Control* 53:129–135.

## Isıtmasız Sera Koşullarında Yapılan Yenidünya Aşılarında Aşı Başarısının Belirlenmesi

A. Aytekin POLAT

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü 31034, Antakya/HATAY

<https://orcid.org/0000-0002-5701-4767>

✉: aapolat@mku.edu.tr

### ÖZET

Bu araştırma, ısıtmasız sera koşullarında yenidünya çöğürlerine yapılan “T” ve yonga göz aşılarında aşı başarı durumunun belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. ‘Hafif Çukurgöbek’ yenidünya çeşidi, 1 yaşlı yenidünya çöğürlerine 9 Kasım 2017 tarihinde Yonga ve “T” aşı, 8 Şubat 2018 tarihinde ise Yonga aşı metotları ile aşılanmıştır. İlk aşılama döneminde her yinelemede 10 bitki, ikinci aşılama döneminde 6 bitki kullanılmıştır. Her dönem yapılan aşı uygulamalarından 30-45 gün sonra aşı bağları çözülerek aşı tutma oranları belirlenmiştir. Tutan aşılar da aşı gözlerinin sürmesi için aşı noktasının 10 cm üzerinden anacın tepesi budama makası ile kesilmiş ve bundan 30 gün sonra süren aşı oranları belirlenmiştir. Denemede en yüksek aşı başarısı, 9 Kasım 2017 tarihinde yapılan “T” aşıdan(% 64.9) elde edilmiştir. Bunu aynı dönemde yapılan yonga aşılar(% 61.0) izlemiştir. 8 Şubat 2018 tarihinde yapılan Yonga aşılarında ise % 44.8 aşı başarısı elde edilmiştir. Sonbahar-kış aylarında yapılan aşılamalardaki aşı başarısı, ilkbahar döneminde yapılan aşılamalardaki aşı başarısından daha düşük olmasına karşın, bu dönemlerde yapılacak aşılar da yeterli düzeyde bir aşı başarısının elde edilebileceği belirlenmiştir. Araştırma, sonbahar-kış aylarında sera koşullarında yapılacak aşılamalar ile yenidünyalarda aşılama periyodunun uzatılabileceğini göstermiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 22.05.2020

Kabul Tarihi : 04.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Yenidünya  
Vegetatif çoğaltma  
Göz aşısı  
Aşı başarısı

## Determination of Budding Success in Loquat Budding Done in Unheated Greenhouse Conditions

### ABSTRACT

This research was carried out to determine of the budding success in “T” and chip buddings done on loquat seedlings in unheated glasshouse conditions. ‘Hafif Çukurgöbek’ loquat cultivar was budded on one-year-old loquat seedlings with “T” and chip budding methods on 9 November, 2017 and with chip buddings on 8, February, 2018. In the first budding period ten plants and in the second budding period 6 plants were used in each replication. The percent of bud-take successes were recorded after 30-45 days of the budding operations. In the bud take, the top of the rootstock was cut with a pruning shear 10 cm above the budding point in order to sprout of the budding eyes. After 30 days of this cutting, the ratio of bud-sprout was recorded. The highest success rate was obtained from “T” budding (64.9 %) on 9 November. This was followed by chip buddings (61.0 %) on 9 November, 2017. In the chip buddings on 8 February of 2018 achieved a 44.8% budding success. Although the budding success of buddings in the autumn-winter period was lower than the budding success of the buddings made in the spring period, it has been determined that a satisfactory level of budding can be obtained from these periods. The research has shown that the budding period can be extended in loquat nurseries by budding in greenhouse conditions during autumn-winter months.

### Research Article

#### Article History

Received : 22.05.2020

Accepted : 04.07.2020

#### Keywords

Loquat  
Vegetative propagation  
Budding methods  
Budding success

**Atıf İçin:** Polat AA 2021. Isıtmasız Sera Koşullarında Yapılan Yenidünya Aşılarında Aşı Başarısının Belirlenmesi KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 76-82. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.741591>.

**To Cite :** Polat AA 2021. Determination of Budding Success in Loquat Budding Done in Unheated Greenhouse Conditions. KSU J. Agric Nat 24 (1): 76-82. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.741591>.

## GİRİŞ

Yenidünya (*Eriobotrya japonica* Lindl.), Rosales takımının Rosaceae familyasından subtropik iklim koşullarında yetişen, sonbahar-kış aylarında çiçek açan, herdem yeşil ağaçlara sahip bir meyve türüdür. Yenidünya meyvesi, sonbahar ve kış meyvelerinin mevsiminin geçtiği ve yaz meyvelerinin henüz pazara çıkmadığı ve dolayısıyla taze meyveye büyük gereksinim duyulan bir dönemde pazarlara çıkmaktadır. Bu nedenle, tüketicinin büyük rağbet gösterdiği, sevilen bir meyvedir. Bu sıralarda pazarlarda çilek, erkenci erik ve kayısı dışında rekabet edebilecek başka meyveler pek söz konusu olmadığından, yenidünya, her yıl uygun fiyatla satılmaktadır (Polat 1996).

Yenidünya tohum, aşı, çelik, daldırma ve doku kültürü yöntemleriyle çoğaltılabilmekle birlikte yenidünyanın çoğaltılmasında en çok uygulanan yöntem aşılama (Morton 1987, Demir 1987, Lin ve ark. 1999, Crane ve Caldeira 2006, Kumar ve ark. 2014, Sultan 2017). Aşılama kullanılan aşı yöntemleri ülkelere göre değişmekle birlikte en yaygın kullanılan yöntemler, "Yarma", "Kabuk altı" ve "İngiliz" kalem aşılı ile "T", "Yama" ve "Yonga" göz aşılıdır (Lin ve ark. 1999, Kumar ve ark. 2014, Crane ve Caldeira 2019). Türkiye'de yaygın olarak göz aşılı kullanılmaktadır.

Yenidünya'da aşılama ve dolayısıyla fidan elde etmenin öteki birçok meyve türüne göre daha zor olduğu ve bundan dolayı da bazen aşılı fidan temininde yetersizlikler yaşandığı bir gerçektir. Bu zorluğun en başta gelen nedenleri; yenidünya türünde gerek anaç bitkilerinin gerek alınan aşı kalemlerinin kabuğunun oldukça kalın olması ve aşı kalemlerinden alınacak aşı gözünün de diğer meyve türlerinden farklı olarak yaprak sapının oldukça alt kısmında yerleşik olmasından dolayı dıştan görünür olmamasıdır. Özellikle de kabuğun kalın olması, aşı yarasının kapanması, aşı kaynaşması ve neticede aşı başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca aşıcıların yenidünya türünde aşılama konusundaki bilgi ve tecrübe eksikliği de aşı başarısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Çünkü, birçok aşıcı daha çok ılıman iklim meyve türleri ve turuncgil fidanlarında aşılama ustalaşmış olmaları nedeniyle, yenidünya bitkilerinin aşılmasında teknik açıdan zorlanabilmektedir. Nitekim, Abbasi ve ark.(2014), başarı oranının düşük olmasının, yenidünyaların çoğaltılmasında aşı kullanımını sınırladığını ileri sürmüştür. Aşılama başarısı oranı, çeşitlere, aşı yöntemine, aşılama zamanına ve aşılamanın yapıldığı ekolojilere göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu durum, yukarıda belirtildiği gibi yenidünyalarda aşılama işleminin zor olmasının yanında, doğru aşılama zamanının ve aşılama kullanılan aşı kalemlerinin iyi seçilememesinden de kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, aşılama yapılacak çöğürler

de aşılama uygun değilse tutma oranı çok düşük düzeyde kalabilmektedir.

Aşı ile çoğaltmada, istenilen düzeyde aşı başarısının elde edilebilmesi için, her şeyden önce aşılamanın uygun zamanda yapılması gerekir. Genel bir görüşle, bir meyve çeşidi için uygun aşı zamanı, aşı yapılırken oluşan yarayı kapatacak ve aşı yerinde iyi bir kaynaşma sağlayacak yeterlikte fizyolojik aktivitenin olduğu dönemdir. Bu dönem, değişik ekolojik bölgelerde farklı tarihlere rastladığı gibi, çeşitlere göre de değişiklik gösterebilmektedir. Adana koşullarında yapılan bir çalışma ile yenidünyalar için en uygun aşılama döneminin mart ayı olduğu ortaya çıkarılmıştır (Polat ve Kaşka 1991).

Demir (1987), tohum ekiminden 1.5-2 sene sonra, çapları 1.0-1.5 cm olduğunda çöğürlerin aşılı duruma geldiklerini belirtmektedir. Yapılan birçok çalışmada da, gövde çapı 1.0-1.5 cm olan çöğürlerin aşılmasından olumlu sonuçlar alınmıştır. Ancak her zaman bu olgunlukta çöğür bulunamayıp, daha ince gövdeli çöğür bitkilerinin kullanım zorunluluğu doğabilmektedir. Nitekim, Adana koşullarında kış aylarında açıkta ve ısıtılan sera koşullarında yapılan yenidünya aşılılarında aşı başarı oranlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bir araştırmada, anaç materyali olarak 0.7-1.0 cm çapındaki yenidünya çöğürleri kullanılmış, aşılama metodu ve aşılama zamanlarına göre % 10.00 ile % 95.00 arasında değişen oranlarda başarı elde edilmiştir (Polat ve Kaşka 1992a). Araştırmacılar, aynı amaçla yaptıkları başka bir çalışmada ise % 35.00-% 100.00 arasında aşı başarısı belirlemişler ve bu durumun, başka bazı faktörlerin yanı sıra, bu denemede aşılama daha uygun bir büyüme evresinde olan 1.0-1.5 cm çapındaki bitki materyalinin kullanılmasından kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir (Polat ve ark. 1996). Doğrudan çöğürlerin çap kalınlıkları ile aşı başarı oranları arasındaki ilişkiyi aydınlatmayı hedefleyen bir çalışmada, meyvesiz dallardan alınan aşı kalemlerinin % 88.84 aşı tutma, % 63.51 aşı sürme oranları ile meyveli dallardan alınan aşı kalemlerine göre (sırasıyla % 78.23, % 55.25) daha yüksek aşı başarısı verdikleri saptanmıştır (Polat ve ark. 1999). Gövde çapı 1.00-1.50 cm olan çöğür bitkileri, gövde çapı 0.50-0.99 cm. olanlara göre daha yüksek aşı başarısı göstermiş olmasına rağmen, aradaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Polat ve Kaşka'nın (1992b,c) yaptığı araştırmalarda Akko XIII ve Armut Şekilli (Ekotip-2) çeşitleri yenidünya çöğürlerine "T", yama ve yonga aşı yöntemleri ile aşılama ve aşılama ilkbahar sürgün ve sonbahar durgun göz aşılı olmak üzere 2 dönemde yapılmıştır. Yenidünya çöğürü üzerine ilkbaharda yapılan sürgün aşılı % 85,12 ve % 70,42 oranında başarılı olurken aşılama zamanı olarak



nisan ayı, mayıs ayına oranla daha başarılı sonuçlar vermiştir. Sonbaharda yapılan aşılarla, yenidoğya çögüründe başarı oranı % 48,28 olarak belirlenmiştir.

Yenidoğnyalar için en uygun aşı zamanı ve aşı metodunun saptanması amacıyla yapılan çalışmalarda (Demir 1987, Polat ve Kaşka 1991), kış aylarında yapılan aşılarla aşı randımanının düşük olduğu görülmüştür. Bu noktadan hareketle yapılan bu çalışmada, kış aylarında sera koşullarında yapılacak aşılarla aşı başarısının yükseltilmesi amaçlanmıştır. Böylece gerek aşılama periyodunun uzatılması gerek fidan yetiştiriciliğinde zamandan kazanç sağlanması hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma, Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümüne ait Tayfur Sökmen kampüsünde bulunan ısıtmasız cam serada ve araştırma alanındaki yenidoğya parselinde 2017 ve 2018 yıllarında yürütülmüştür.

### Materyal

Araştırmada, ısıtmasız cam serada 20 x 30 x 40 boyutlarındaki tüplerde yetiştirilen yenidoğya çögürü

anaç olarak (Şekil 1), 'Hafif Çukurgöbek' çeşidi ise aşı kalemi olarak kullanılmıştır.

### Yöntem

Deneme, "Tesadüf Parselleri Deneme Desenine" (Bek ve Efe 1988) göre kurulmuştur. İlk aşılama döneminde (9 Kasım 2017), yenidoğya çögür anaçları her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde 5 tekerrürlü olarak "T" ve "Yonga" aşıları ile aşılanmıştır. Bu dönemde yapılan aşılarıdaki tutma oranının düşük olması nedeniyle 3 ay sonraki ikinci bir aşılama döneminde (8 Şubat 2018) aşılama işlemi tekrarlanmıştır. Bu ikinci aşılama döneminde, aşılanacak bitkilerin kabuk vermemesi nedeniyle "T" aşı yapılamadığından sadece "Yonga" aşı yöntemi uygulanabilmiştir. İkinci aşılama döneminde, aşılamalar her tekerrürde 6 bitki olacak şekilde 5 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Her dönem, yapılan aşı uygulamalarından 45 gün sonra aşı bağları çözülerek tutan aşılar belirlenmiştir. Tutan aşıları aşı gözlerinin sürmesi için aşı noktasının 10 cm üzerinden anaçın tepesi budama makası ile kesilmiş ve bundan 30 gün sonra süren aşı oranları belirlenmiştir. Süren ve belirli bir büyüklüğe ulaşan fidanlar açtıdaki araştırma alanına dikilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Saksılara dikilmiş yenidoğya çögür anaçları ve T aşı ile aşılanmış bir bitki  
Figure 1. Loquat rootstocks planted in pots and a plant budded with "T".



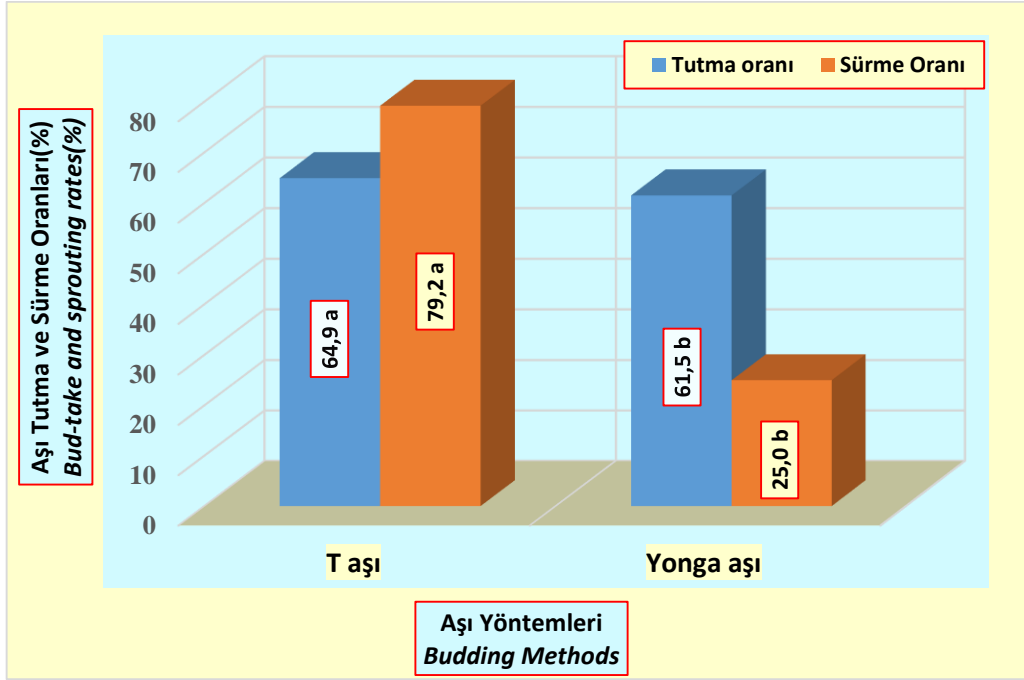
Şekil 2. Yenidoğya fidanlarının açık alandaki bahçe koşullarına dikimi  
Figure 2. Planting of loquat saplings to orchard conditions in open area.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Denemeden elde edilen aşı tutma ve aşı sürme oranlarına ilişkin verilerin varyans analizi, "IBM SPSS Statistics 22" paket programında "T-testine" göre yapılmıştır. Analiz sonuçları, aşı yöntemlerine ve aşılama dönemlerine göre ayrı grafiklerde verilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Hafif Çukurgöbek yenidoğru çeşidinin, yenidoğru çögür anacı üzerine 9 Kasım 2017 tarihinde yapılan aşılarının aşı tutma ve sürme oranları Şekil 3' de verilmiştir.



Şekil 3. Kasım ayında yapılan aşıların aşı yöntemlerine göre başarı oranları(%)  
Figure 3. Success rates (%) of buddings according to budding methods in November.

Şekil 3'den görüldüğü üzere, kasım ayında yapılan aşıların tutma oranı, "T" aşısında % 64.9, "Yonga" aşılarında % 61.5 olarak belirlenmiştir. Aşı yöntemlerinin tutma oranları arasındaki farklılık t-testine göre %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (P<0.05). Kasım ayında yapılan ve tutan "T" aşılarının sürme oranı % 79.2 olarak belirlenirken, aynı dönemde yapılan ve tutan "Yonga" aşılarında ise bu oran % 25 olarak belirlenmiştir. Bu iki aşı yönteminin aşı sürme oranları arasındaki farklılık da % 1 düzeyinde önemli çıkmıştır. Bu bulgulara göre, sonbahar aylarında yapılacak aşılamalarda "T" aşının tercih edilmesi önerilebilir.

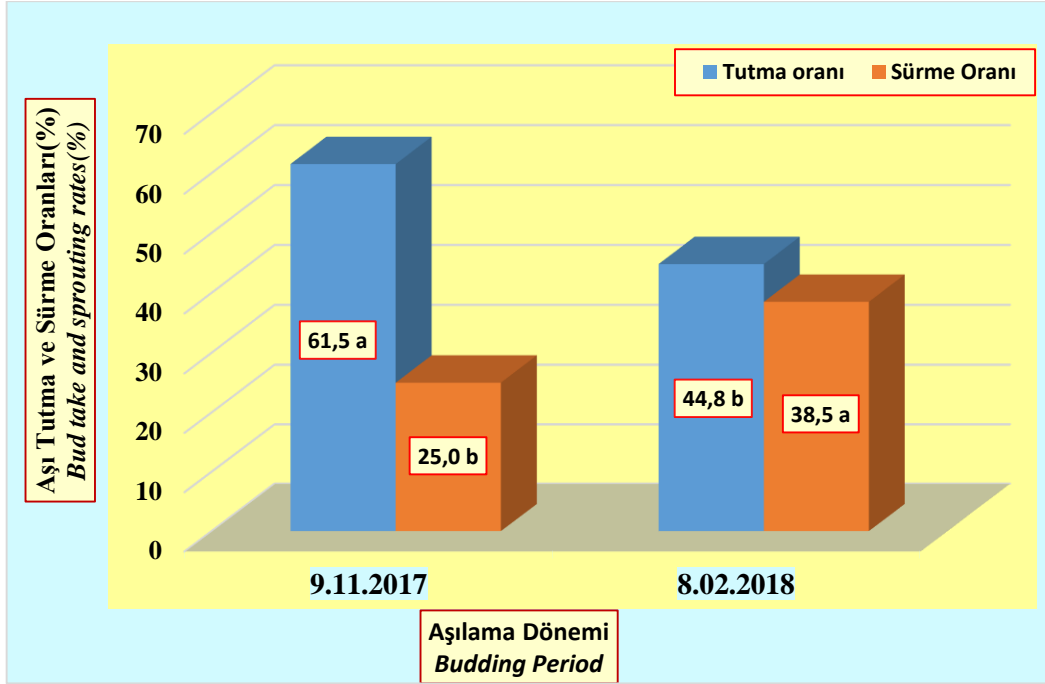
Farklı dönemlerde yapılan "Yonga" aşılarında aşı tutma ve sürme oranları(%) Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4'ten görüldüğü üzere 9 Kasım 2017 tarihinde yapılan aşıların aşı tutma oranı, 8 Şubat 2018 tarihinde yapılanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Dönemler arasındaki bu farklılık, istatistiksel olarak t-testine göre de % 1 düzeyinde önemli çıkmıştır (P<0.01). Ancak, kasım ayında yüksek aşı tutumu gösteren yonga aşılarının aşı sürme oranı, Şubat ayında yapılan yonga aşılarının sürme oranına göre daha düşük bulunmuştur. Yonga aşının, dönemlere göre aşı sürme

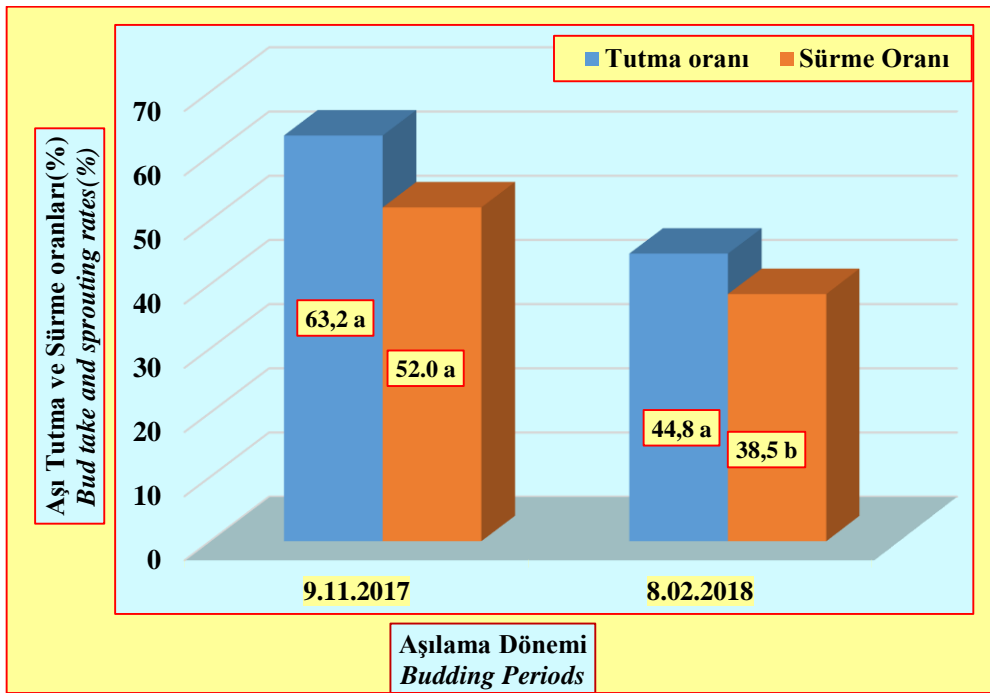
oranları arasındaki bu farklılık da istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu durum, yenidoğru bitkilerinde "Yonga" aşılarının tutması ve sürmesi üzerine aşılama döneminin önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir.

Aşılama yöntemleri ayırımı yapılmaksızın genel olarak yapılan değerlendirmede, kasım ayında yapılan aşıların aşı tutma ve sürme oranlarının, şubat ayında yapılan aşılarla göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dönemler arasındaki bu farklılık, istatistiksel olarak aşı tutma yönünden %1 (P<0.01), aşı sürme yönünden % 5 (P>0.05) düzeyinde önemli bulunmuştur (Şekil 5).

Bu durumun, aşı başarısı üzerinde önemli etkisi bulunan sıcaklık ve nem başta olmak üzere iklim koşullarının dönemlere göre gösterdiği farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle de kasım ayında aşıların yapıldığı dönemki hava sıcaklığının, şubat ayına göre daha yüksek olmasının aşı başarısını olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Nitekim Polat ve Kaşka, (1991), aşılama çalışmalarında, değişik koşullarda farklı sonuçlar alınmasının, öteki birçok faktörün yanı sıra, başta sıcaklık olmak üzere ekolojik faktörlerin farklı olması ve bu faktörlerin aşılanacak



Şekil 4. Farklı dönemlerde yapılan “Yonga” aşılarda aşı tutma ve sürme oranları(%)  
Figure 4. Bud-take and sprouting rates in “Chip” budding done in different periods.



Şekil 5. Dönemlere göre ortalama aşı tutma ve sürme oranları(%)  
Figure 5. Average bud-take and sprouting rates(%) by periods

çöğürler üzerindeki etkilerinden kaynaklandığını belirtmektedir. Ayrıca, Adana ekolojik koşullarında yenidoğuş için en uygun aşılama zamanı ve aşılama metodunun saptanması amacıyla 1987-1990 yıllarında yapılan bir çalışmada (Polat ve Kaşka 1991), aşı kalemi olarak Akko-XIII ve Armut Şekilli (Ekotip 2); aşı yöntemi olarak, “T”, yama ve yonga aşılı kullanılmıştır. Çalışmada, en uygun aşı zamanının

mart ayı olduğu saptanmıştır. Bu dönemde yapılan aşılarda, ortalama aşı başarısı % 95,48 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, Şubat ortası ile Nisan ortası arasındaki dönemin de, aşılama için uygun bir dönem olduğu ve aşı başarısının yaklaşık % 90,00 gibi oldukça yüksek bir düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca, Akko-XIII çeşidinin (% 87,36), Armut Şekilli (Ekotip-2) çeşidine (% 80,24) göre daha yüksek aşı



başarısı gösterdiği, yama aşının (% 87,88), "T" (% 85,43) ve yonga (% 78,10) aşılardan daha yüksek aşı başarısı verdiği belirlenmiştir. Bazı yenidoğya çeşitlerinde aşı başarısının belirlenmesini amaçlayan başka bir çalışmada (Polat ve Kaşka 1993), Gold Nugget, Tanaka ve Champagne de Grasse yenidoğya çeşitlerinde 25.3.1991 tarihinde "T", yama ve yonga aşıları yapılmıştır. Aşı başarısı, Gold Nugget'te % 98.99, Champagne de Grasse'de % 94.35 ve Tanaka'da % 88.94 olarak belirlenmiştir. "T", yama ve yonga aşılar ise sırasıyla % 94.10, % 95.23 ve % 92.95 oranlarında aşı başarısı vermiştir.

Yenidoğyalarda aşılama konusunda yapılan çeşitli çalışmalarda aşı başarı oranları % 10.00 ile % 100.00 arasında belirlenmiştir (Demir 1987, Polat ve Kaşka 1991, 1992a,b,c, Polat ve ark. 1996). Hatay koşullarında yapılan bazı çalışmalarda da aşı tutma oranları % 62.50-90.00 aşı sürme oranları % 30.36-% 60.63 arasında saptanmıştır (Polat 1999, Polat ve ark. 1999).

Bu çalışmada, şubat ayında yapılan aşılamalardan elde edilen aşı başarı oranları, önceki bazı çalışmalarda (Polat ve Kaşka 1992a) elde edilen başarı oranlarından kısmen daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeninin, bu çalışmada aşılama yapılan Şubat dönemindeki hava ve toprak sıcaklıklarının, önceki çalışmalarda aşılama yapılan dönemlerdeki sıcaklıklardan farklı olmasının yanısıra uygulanan aşı yöntemi, aşıcının farklı kişi olması vb. birçok faktörün etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Polat ve Kaşka'nın (1992d), Adana'da yaptığı bir çalışmada, yenidoğyalarda üç yıl boyunca yapılan göz aşısı denemeleri sonucunda en yüksek aşı başarısının elde edildiği dönemlerde hava sıcaklığının 13-19 °C, toprak sıcaklığının 16-22°C ve oransal nemin % 55-65 dolayında olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, kasım ayında yapılan "T" aşılardan elde edilen başarı oranları, Eylül ayında durgun aşı yapan Demir(1987) ile Polat ve Kaşka'nın (1992b) bulgularından daha yüksek bulunmuştur.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonbahar-kış aylarında yapılan yenidoğya aşılama çalışmalarındaki aşı başarısı, ilkbahar döneminde yapılan aşılama çalışmalarındaki aşı başarısından daha düşük olmasına karşın, zorunlu durumlarda kış aylarında yapılacak aşılardan da yeterli düzeyde bir aşı başarısının elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu bulgular, yenidoğya fidan üreticilerinin sonbahar-kış aylarında sera içerisinde yapacakları aşılama ile aşılama dönemini uzatabileceği ve böylece, fidan üretiminde zamandan kazanç sağlayabileceğini göstermektedir.

Yenidoğyalarda, gerek kalemin gerek anacın kabuklarının kalın olması nedeniyle, öteki meyve türlerine göre aşı kaynaşması daha uzun bir sürede gerçekleşmektedir. Bu nedenle, aşı bağlarının, en

erken aşılama dört hafta sonra çözülmesi, hatta mümkünse bu sürenin 45 güne kadar uzatılması aşı başarısı açısından yararlı olacaktır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar makalede, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Abbasi NA, Hafız IA, Qureshi AA, Ali A, Mahmood SR 2014. Evaluating the Success of Vegetative Propagation Techniques in Loquat cv. Mardan. Pakistan Journal of Botany 46(2): 579-584.
- Bek Y, Efe E 1988. Araştırma ve Deneme Metodları I. ÇÜ Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No: 71, 395 s.
- Crane J H, Caldeira M L 2019. Loquat Growing in the Florida Home Landscape; <http://edis.ifas.ufl.edu>. [accessed 2020 April 19].
- Demir Ş 1987. Yenidoğya Tohum Muhafazası, Çöğür Üretimi ve Uygun Aşı Şekli Zamanının Saptanması Üzerinde Araştırmalar. Derim 41: 7-20.
- Kumar S, Ritu M, Pallavi G 2014. A Critical Review on Loquat (*Eriobotrya japonica* Thunb/ Lindl). International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives 5: 1-7.
- Lin SQ, Sharpe, RH, Janick J 1999. Loquat: Botany and Horticulture. Horticultural Reviews 23: 233-276.
- Morton J 1987. Loquat (Fruits of Warm Climates, Miami, FL. USA: Ed. Morton JF) 103-108.
- Polat AA, Kaşka N 1991. Adana Ekolojik Koşullarında, Yenidoğya (*Eriobotrya japonica* Lindl.) İçin En Uygun Aşılama Zamanı ve Aşılama Metodunun Saptanması Üzerinde Araştırmalar. Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry 15: 975-986.
- Polat AA, Kaşka N 1992a. Açıkta ve Isıtılan Sera Koşullarında Yapılan Yenidoğya Aşılarda Aşı Başarı Oranlarının Belirlenmesi. ÇÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 7(2): 141-148.
- Polat AA, Kaska N 1992b. Quince-A'nın Yenidoğyalarda Anaç Olarak Kullanılması Üzerine Bir Araştırma. Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry 16: 745 -755.
- Polat AA, Kaska N 1992c. Quince-C Anacına Yapılan Yenidoğya Aşılarda, Aş Başarısının Saptanması. Bahçe Dergisi 21 (1-2): 9-11.
- Polat AA, Kaska N 1992d. Yenidoğyalarda Aşı Başarısı Üzerine Hava ve Toprak Sıcaklıkları ve Hava Oransal Neminin Etkilerinin Saptanması. ÇÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 7(2): 1-16.
- Polat AA, Kaska N 1993. Bazı Yenidoğya Çeşitlerinde Aşı Başarısının Belirlenmesi. ÇÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 8(3): 151-154.
- Polat AA 1996. Akdeniz Bölgemiz İçin Önemli Meyve Türü: Yenidoğya (*Eriobotrya japonica* Lindl.) MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 1(1): 39-46.



Polat AA, Kaşka N 1996. Açıkta ve Isıtılan Serada Yapılan Yenidünya Aşılarında Aşı Başarısının Belirlenmesi. *Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry* 20(2): 117-120.

Polat AA 1999. Antakya Koşullarında Yenidünyalar İçin En Uygun Aşılama Zamanının Saptanması. *Derim* 16 (4): 169-179.

Polat AA, Kamiloğlu Ö, Durgaç C 1999. Değişik

Nitelikteki Aşı Kalemleri İle Gövde Kalınlığı Farklı Çöğürlerin Yenidünyalarda Aşı Başarısı Üzerine Etkileri. *Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry* 23(5): 1125-1132.

Sultan MZ 2017. Loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). (Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, John Wiley & Sons, Ltd.: Ed. Yahia EM) 1107-1126.

## Italia Üzüm Çeşidinde Salkımlarda Torbalama Uygulamalarının Olgunluk, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri

Onur ERGÖNÜL<sup>1\*</sup>, Serkan AYDIN<sup>2</sup>, Cengiz ÖZER<sup>3</sup>, Zeliha ORHAN ÖZALP<sup>4</sup>, Ahmet Semih YAŞASIN<sup>5</sup>  
Mehmet GÜLCÜ<sup>6</sup>, İlknur KORKUTAL<sup>7</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tekirdağ, <sup>2</sup>Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, <sup>6</sup>Bahkesir Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Bahkesir, <sup>7</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2251-426X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-6513-3005>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-9833-3975>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-3146-6888>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0003-0693-5432>, <sup>6</sup><https://orcid.org/0000-0001-7862-7733>

<sup>7</sup><https://orcid.org/0000-0002-8016-9804>

✉: onur.ergonul@tarimorman.gov.tr

### ÖZET

Araştırmada Italia çeşidinde 2012 ve 2013 yıllarında üç farklı torbalama uygulamasının (Mogul 19 g m<sup>-2</sup>, Mogul 30 g m<sup>-2</sup> ve Tyvek) olgunluk, verim ve kalite üzerine etkileri incelenmiştir. Torbalama uygulamaları tane tutumu döneminde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da Mogul tip torbalarda torba içi sıcaklıklarının dış koşullara göre daha yüksek olduğu, Tyvek tip torbalarda ise torba içi sıcaklıkların dış koşullara yakın seyrettiği belirlenmiştir. Torba içi nem değerleri tüm torbalarda dış koşullara göre düşük bulunmuş, Mogul tip torbalarda bu değer Tyvek tip torbalara göre daha düşük ortaya çıkmıştır. Araştırma bulgularına göre tane yarıma direnci ölçümlerinde açıkta geliştirilen tanelerin torbalama uygulanmış tanelere göre daha sağlam olduğu belirlenmiştir. Özellikle Mogul tip torbaların ise olgunlaşmayı hızlandırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 31.03.2020

Kabul Tarihi : 04.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Torbalama  
Olgunlaşma  
Kalite  
Verim

## The Effects of Bagging Applications on Maturation, Yield and Quality in cv. Italia Grape

### ABSTRACT

In the study, the effects of three different bagging applications (Mogul 19 g m<sup>-2</sup>, Mogul 30 g m<sup>-2</sup> and Tyvek) on the maturity, yield and quality of Italia grape cultivar were investigated in 2012 and 2013. Bagging applications were carried out during the berry set period. In both years of the study, it was determined that the temperatures in Mogul type bags were higher than the external conditions, while the temperatures in Tyvek type bags were close to the external conditions. Moisture values were found to be lower in all bags compared to external conditions, this value was lower in Mogul type bags compared to Tyvek type bags. According to the research findings, the berries in the control application were found to be more robust than the bagged ones in terms of resistance to berry crushing. Especially, Mogul type bags were determined to have an accelerating effect on maturation.

### Research Article

#### Article History

Received : 31.03.2020

Accepted : 04.07.2020

#### Keywords

Bagging  
Maturation  
Quality  
Yield

**Atıf İçin:** Ergönül O, Aydın S, Özer C, Orhan Özalp Z, Yaşasın AS, Gülcü M, Korkutal İ 2021. Italia Üzüm Çeşidinde Salkımlarda Torbalama Uygulamalarının Olgunluk, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24(1): 83-89. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.712306>.

**To Cite:** Ergönül O, Aydın S, Özer C, Orhan Özalp Z, Yaşasın AS, Gülcü M, Korkutal İ 2021. The Effects of Bagging Applications on Maturation, Yield and Quality in cv. Italia Grape. KSU J. Agric Nat 24(1): 83-89. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.712306>.

### GİRİŞ

Üzüm, yetiştiriciliğinin her döneminde bakım ve dikkat gerektiren bir meyve türüdür. Özellikle sofralık üzüm üretiminde, ürünün kalite ve verimini arttırıcı uygulamalar günümüzde olmazsa olmazdır. Bu uygulamalar arasında değişik dönemde ve değişik

özellikteki bitki büyüme düzenleyici ve kimyasal uygulamaları, yaz budamaları, güneşten koruyucu kimyasal uygulamaları, tane irileştirme amaçlı bilezik alma, salkım manipülasyonları (salkım uç kesimi, salkım çıkartma, çilkim çıkarma, tane seyreltme), torbalama vb. uygulamalar sayılabilir.

Üzümde torbalama dünya çapında çok fazla yayılış göstermiş bir uygulama olmamakla birlikte, birçoğuna tartışma kısmında değinilen ve özellikle Uzakdoğu ülkelerinde değişik torba tipleri kullanılarak üzümlerin kalitelerini artırmayı hedefleyen çalışmalar bulunmaktadır (Xiaohai ve ark. 1998, Liu ve ark. 2004, Xing-ben ve ark. 2005, Can-ying ve ark. 2006, Inchang ve ark. 2010).

Aydın ve Yaşasın (2012), torbalama uygulamaları hakkında yaptıkları derlemede, bağcılıkta sağlıklı, kaliteli ve en az maliyetli ürün elde edilmesine yönelik geliştirilen uygulamalardan birinin de “Torbalama (Bagging)” uygulaması olduğunu belirtmişlerdir. Nitekim son yıllarda meyvecilikte kullanılan torbalama sisteminin bağcılıkta da uygulanabilmesine yönelik araştırmalar giderek hız kazanmaktadır. Asma üzerindeki üzüm salkımlarının, belirli dönemlerde özel kumaştan yapılmış torbalar içerisine geçirilerek, salkım sapından zararlı girmeyecek şekilde bağlanması esasına dayanan bir uygulamadır. Salkımlar bu teknik ile dış ortamdan izole edilerek torba içerisinde kendine özgü mikroklimatik bir ortamda gelişimini tamamlamaktadır. Bu işlemin kullanılan malzemenin cinsine ve yapısına göre salkımların olgunlaşmasında erkencilik veya geççilik sağlayabileceğini de belirtmişlerdir.

Sofralık üzüm üretiminde kaliteye yönelik birçok uygulamanın yanında torbalama uygulamaları ile de

tane, salkım ve olgunlaşmaya yönelik kalite özelliklerinde ciddi iyileşme/değişimler sağlanabilmektedir. Türkiye’de daha önce hiç çalışılmayan, dünyada da çok az örneği bulunan torbalama çalışmalarının, üzerinde durulması gereken bir konu olduğu düşünülmüştür. Buradan hareketle, İtalia üzüm çeşidinde tane tutum döneminde salkımların üç farklı tipteki torba ile torbalanması esasına dayanan çalışma ile ürün olumunda erkencilik veya geççilik, torbalar içerisindeki tane ve salkımlarda gelişme farklılıkları ve kaliteli ürün elde edilebilirliği araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOD

Araştırma Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde Kober 5 BB üzerine aşılı Kordon terbiye şekilli İtalia üzüm çeşidinde 2.5x1.5 m sıra arası ve sıra üzeri mesafede tesis edilmiş olan parselde 2012-2013 yıllarında yürütülmüştür. Bu parseldeki bitkisel materyal 15 yaşında olup çift kollu kordon terbiye şeklinde ve kısa olarak budanmıştır. Çalışma alanı 40° 58’ 16 kuzey enlemi, 27° 28’ 14 doğu boylamında bulunmaktadır.

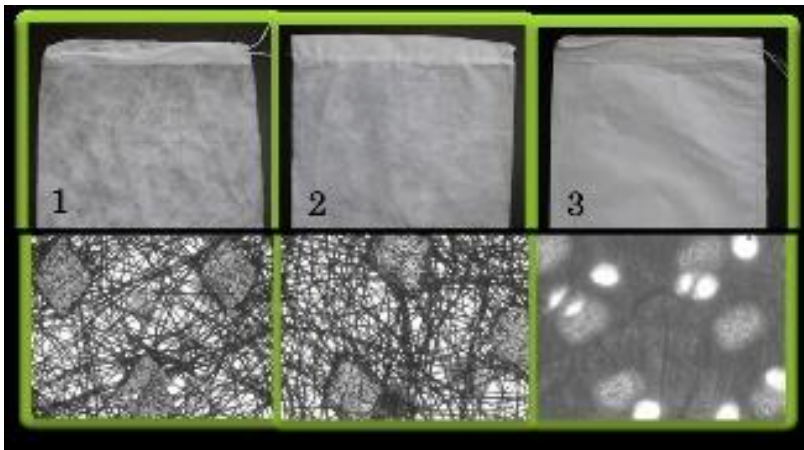
## Torbalamada Kullanılan Materyaller

Torbalama uygulamaları için kullanılan materyallerin (Şekil 1) özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Torbalamada kullanılan materyallerin özellikleri

Table 1. Materials’ properties which are used for bagging

Materyaller (Materials)	Ağırlık g m <sup>-2</sup> (Weight)	Renk (Color)	Kalınlık (Thickness)	Hava geçirgenliği cm <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> .sec <sup>-1</sup> (Air permeability)	Işık geçirgenliği (%) (Light transmittance)
Mogul 19 g m <sup>-2</sup> (Polypropylene 19 g m <sup>-2</sup> bag)	19	Beyaz	0.19 mm	163	80
Mogul 30 g m <sup>-2</sup> (Polypropylene 30 g m <sup>-2</sup> bag)	30	Beyaz	0.28 mm	145	70
Tyvek (Spunbond (Polyethylene micro-perforated) bag)	41.5	Beyaz	145 µm	-	35



Şekil 1. Kullanılan torba tipleri (1: Mogul 19, 2: Mogul 30, 3:Tyvek)

Figure 1. Type of bags which are used (1: Mogul 19, 2: Mogul 30, 3:Tyvek)

Kullanılan poli malzemelerin TSE uygunluk belgeleri ve Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan "Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Ait Üretim İzni Belgesi" bulunmaktadır.

### Bitkisel Materyal

Italia, Yeşil-sarı renkli, misket aromalı sofralık bir üzüm çeşididir. Bican x Hamburg Misketi melezinden 1911 yılında elde edilmiştir. Çekirdekli taneleri iri olup 7-8 g'dır. Ayrıca salkımları iri (600-700 g), beyaz ve kalın kabukludur. Orta geçi bir çeşittir ve vejetasyon süresi 165-172 gün kadardır. Ancak mantari hastalıklara oldukça hassastır (Alsancak, 2005).

### Araştırma Alanı İklim özellikleri

Araştırma alanı yarı kurak iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.8°C olup, aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 4.9°C ile Ocak, en sıcak ay 23.6°C ile Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 571.9 mm'dir. Fakat yağışın en fazla olduğu dönem Ekim-Mart ayları arasındadır. Yıllık ortalama bağıl nem %77 olup, bu değer Temmuz ayında %71'e düşmekte, Aralık-Ocak ayında ise %82'ye yükselmektedir (DMI, 2007).

### Salkımların Torbalama Zamanı ve Olgunluk Seyri

Salkımları torba içine alma işlemi çiçeklenmeden sonra tane tutumunun ardından (EL 27) uygulanmıştır (Coombe, 1995). Her tekerrürde iki bitki olacak şekilde çalışmalar yürütülmüştür. Salkımların tamamı sapıyla beraber torba içine alınıp torbanın ağzı salkım sapını boğmayacak biçimde sıkılarak, içine böcek giremeyecek şekilde iple bağlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Salkımlarda torbalamanın uygulama zamanı (sol) ve torbalanmış salkımlar (sağ)

Figure 2. Bagging application time in bunches (left) and bagged bunches (right)

Farklı torba tipleri için birer adet sıcaklık ve nem ölçer cihaz (HOBO U10-003 Temp/RH Data Logger, Onset

Computer Corporation 470 MacArthur Blvd. Bourne, MA 02532, USA) kullanılarak torba içerisindeki sıcaklık ve nem değerleri takip edilmiştir. Ben düşme döneminden itibaren kontrol parsellerinde SÇKM ölçümleri el tipi refraktometreyle (Atago ATC-1E Hand refractometer, Tokyo, Japan) izlenmiş, gerekli zamanlarda da torbaların açılmasıyla takip edilmiştir.

### Kalite Kriterleri Ölçüm ve Analizleri

Çalışmada; tane eni ve boyu, tane ağırlığı, tane yarıлма direnci (TYD), tane sap kopma direnci (TSKD), salkım eni ve boyu, salkım ağırlığı, salkım sıklığı indeksi, salkımdaki tane sayısı, suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM), toplam asitlik (TA), toplam fenolik madde miktarı gibi kalite parametreleri değerlendirilmiştir.

Tane eni ve boyu (mm): Hasatta örnekleme yöntemiyle her uygulamadan 25 adet tanenin eni ve boyu dijital kumpasla ölçülmüştür.

Tane ağırlığı (g): Hasatta örnekleme yöntemiyle her uygulamadan 50 tane alınarak hassas terazide ölçümleri yapılmıştır.

Tane yarıлма direnci (TYD) (g): Modifiye edilmiş terazide kopma anında değer in sabitlenmesi yöntemiyle 25 tane ölçülmüştür.

Tane sap kopma direnci (TSKD) (g): Modifiye edilmiş terazide kopma anında değer in sabitlenmesi yöntemiyle ölçülmüştür. Her uygulama için 25 tanede ölçüm yapılmıştır.

Salkım eni ve boyu (cm): Her uygulamadan alınan 5 adet salkımın eni ve boyu ölçülmüştür.

Salkım ağırlığı (g): Omca başına verimin salkım sayısına bölünmesiyle elde edilen değerdir.

Salkım Sıklığı İndeksi: OIV tanımlayıcı skalasının 204 nolu karakterine göre yapılan salkım sıklığı değerlendirmesidir. (1: çok gevşek, 3: gevşek, 5: normal, 7: sık, 9: çok sık salkım) (OIV 2002).

Salkımdaki Tane Sayısı (adet): Çalışılan tüm uygulamalardan alınan ikişer salkımda yapılan tane sayımı ortalamasıdır.

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) (%): El refraktometresi kullanılarak yapılmıştır (Cemeroğlu, 2007).

Toplam asitlik (TA) (g L<sup>-1</sup>): Titrimetrik yöntemle analiz edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

Olgunluk İndisi: % SÇKM değerinin toplam asitlik değerine oranlanması ile elde edilen değerdir (Coombe ve ark. 1980).

Toplam fenolik madde miktarı (mg kg<sup>-1</sup>): Folin-Ciocalteu Kolorimetrik Metodu kullanılarak spektrofotometrede ölçülmüştür (Cemeroğlu, 2007).

### İstatistikî Analiz

Çalışma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Her iki yıl, ayrı ayrı ve iki yılın ortalamalarının verildiği tabloda yıl birleştirilmesi yapılarak istatistikî



olarak değerlendirilmiştir. İstatistiki analiz JMP 13.2.0 istatistik programında yapılmıştır.

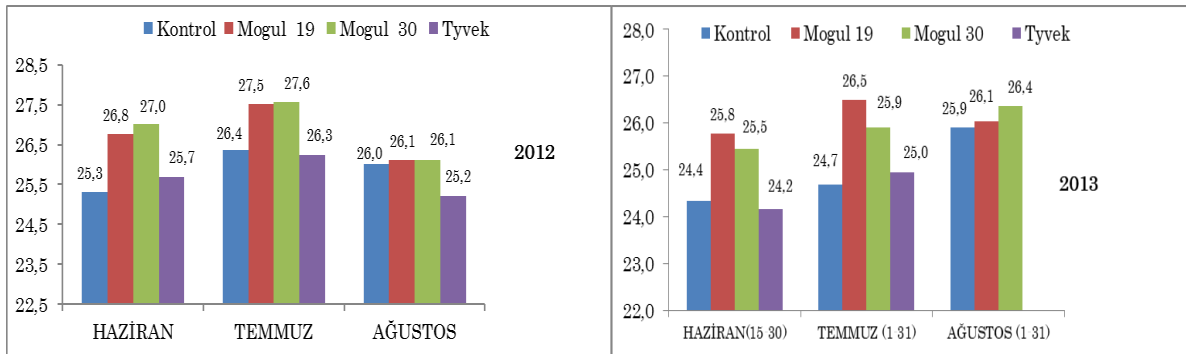
## BULGULAR ve TARTIŞMA

### İklim Değerlendirmeleri

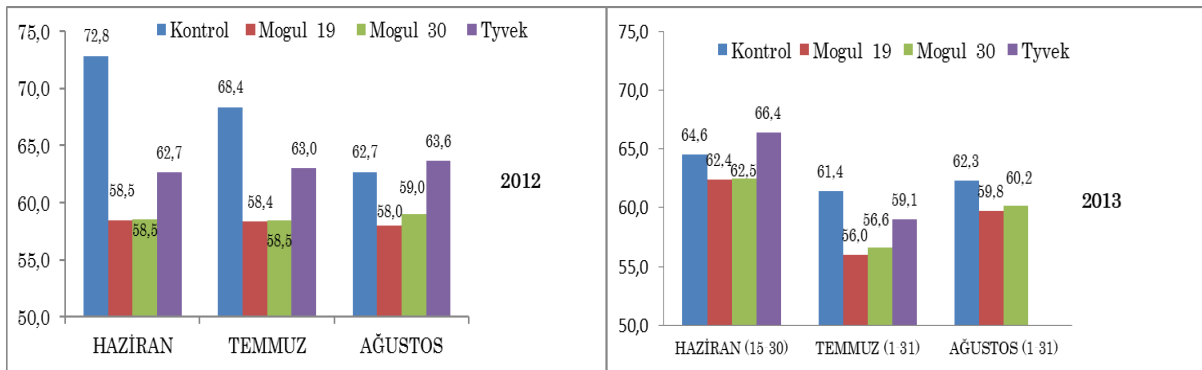
Yapılan ölçümlerde kullanılan torba tiplerinde torba içi sıcaklıkları açısından en yüksek sıcaklıklar Mogul tip torbalardan elde edilmiş ve torba içi sıcaklık ortalamalarının dış şartlara göre yaklaşık 1°C yüksek olduğu belirlenmiştir. Tyvek tip torbanın iç sıcaklığı ise dış şartlardan daha düşük seyretmiştir (Şekil 3). Ayrıca tüm torba tiplerinde torba içi gece-gündüz sıcaklık farkları dış şartlara göre yükselmiş, bu

yükseliş en çok 21°C'nin üzerinde değerle Mogul 19 tip torbada gerçekleşmiştir. Buna benzer sonuçlara Liu ve ark. (2004) da ulaşmıştır.

Torba içi nem değerlerinde ise sıcaklık değerlerinin aksi veriler elde edilmiştir. Buna göre Mogul tip torbaların torba içi nem değerlerinin hem dış şartlara göre hem de Tyvek tip torbaya göre düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4). Mogul 19 g m<sup>-2</sup> ve Mogul 30 g m<sup>-2</sup> torbalarda bu ölçüm açısından değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu belirlenmiştir. 2013 yılının Ağustos ayında Tyvek tip torba içerisindeki sıcaklık ve nemölçer cihazın arızası nedeniyle veriler alınamamıştır.



Şekil 3. Farklı torbalama materyallerinin 2012 ve 2013 yıllarındaki sıcaklık değerleri  
Figure 3. Temperature values of different bagging materials in 2012 and 2013



Şekil 4. Farklı torbalama materyallerinin 2012 ve 2013 yıllarındaki nem değerleri  
Figure 4. Moisture values of different bagging materials in 2012 and 2013

### Torbalama Uygulamaları

Salkım ağırlığı açısından 2012 yılında torbalama uygulamaları arasında istatistiki olarak fark görülmüş, diğer yılda ve her iki yıl ortalamasında istatistiki fark bulunmamıştır. 2012 yılında en yüksek salkım ağırlığına Mogul 19'da (791.6 g), en düşük salkım ağırlığına Tyvek tip torbada (486.8 g) ulaşılmıştır. Dolayısıyla Tyvek materyal torbalı salkımlar 2012 yılında Mogul 19 torbalama uygulaması ve kontrole göre daha düşük ağırlıklı salkımlar oluşturmuştur. Greer ve Weedon (2013) tane kompozisyonunun gölgelemeye tepkilerini ölçtükleri çalışmada, verim ve salkım sayısı açısından gölgelenmiş ve güneşe maruz kalmış olanlar arasında fark bulmaz iken, salkım ağırlığını gölgelenenlere göre %32 daha ağır bulmuştur. Benzer durum çalışmada

sadece 2012 yılı verilerinde ortaya çıkmış, dış koşullarda yetiştirilen kontrol uygulamaları özellikle ışık geçirgenlik düzeyi düşük olan Tyvek uygulamasına göre daha ağır salkımlar oluşturmuştur. Omca başına verim değerleri uygulamalar arasında istatistiki açıdan farklılık göstermemiştir. Buna karşın her iki yıl değerlerinde kontrol uygulamasının (5909.6 g) torbalama uygulamalarına göre yüksek değerler verdiği görülmektedir. 2013 yılı verimi diğer uygulama yılına göre daha yüksek olarak ortaya çıkmıştır. Uygulamalar arasında salkım boyu açısından fark oluşmamıştır. Ancak 2013 yılının tüm uygulamalarında daha uzun salkımlar oluşmuştur. Salkım eni özelliği açısından uygulamalar arasında istatistiki açıdan fark bulunmamıştır. Ancak salkım

uzunluğunun aksine 2012 yılında daha geniş salkımların olduğu görülmektedir. Ortalama tane ağırlığı açısından uygulamalar arasında istatistiki olarak fark bulunmamasına karşın, kontrol uygulaması torbalama uygulamalarına göre daha yüksek değerler vermiştir. Her ne kadar uygulamalar arasında tane ağırlıkları açısından istatistiki bir fark ortaya çıkmasa da, tane eni açısından farklılıklar oluşmuştur. Ortalama tane ağırlığı verilerine paralel olarak tane eni ölçümlerinde de kontrol uygulamasının (22.2 mm) öne çıktığı, bu uygulamada torbalama uygulamalarına göre tane eninin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tane boyu verileri açısından, ortalama tane ağırlığı ve tane eni verileri ile benzer şekilde kontrol uygulamasında (26.4 mm) tanelerin torbalama uygulanmış tanelere göre daha uzun olduğu görülmüştür. Ancak elde edilen veriler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 2). Bu bulgular, Ristic ve ark. (2008)'nin suni salkım gölgelemesi yaptığı ve gölgelemenin tane iriliğini % 20 azalttığını tespit ettiği çalışma ile uyumludur.

OIV'nin tanımlayıcı skalasına göre yapılan salkım sıklığı değerlendirmesinde uygulamalar arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Burada dikkat çeken; 2012 yılındaki salkımların 2013 yılındakilere göre daha sık olduğudur. İtalia çeşidinde 2012 yılında daha kısa salkım ve daha geniş salkım olması bu veriler ile ilintilidir.

Salkımlarda tane sayısı ölçümlerine göre uygulamalar arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır, ancak 2012 yılında diğer uygulama yılına göre salkımlarda daha fazla tane oluşmuştur.

Çalışmada yapılan uygulamaların tanelerde sap kopma direnci açısından fark oluşturmadığı görülmektedir. Diğer taraftan tane yarıma direnci verilerine bakıldığında, torbalama uygulamaları açısından farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu parametre için, 2012 yılı ve her iki yılın ortalamalarının istatistiksel değerlendirmesinin anlamlı olduğu ve Tyvek materyalden yapılmış torba ile kaplanmış salkımlarda tanelerin yarıma dirençlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer bir bulgu ise 2012 yılında tanelerin 2013 yılına göre çatlamaya daha sağlam ve dayanıklı olduğudur. Asaoka ve ark. (1997) sera şartlarında yüksek nem ve gölgelemenin İskenderiye Misketi üzüm çeşidinin tane yarıma/çatlaması üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Gölgelemiş ve nemsiz şartlarda tane çatlamasının gözlenmediği ama gölgelemiş ve yüksek nemli ortamda önemli biçimde çatlamının ortaya çıktığı tespit edilmiş, bu bulgular çalışma ile örtüşmüştür.

Mogul (19 ve 30) materyalinden yapılmış torbaların (% 20.5 ve % 20.8) kontrole (% 19.1) göre olgunlaşmayı hızlandırdığı görülmektedir. Yıllar kendi içerisinde SÇKM açısından değerlendirildiğinde istatistiki olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Her iki uygulama yılının ortalama değerleri üzerinden

yapılan değerlendirmede bu fark anlamlı bulunmuştur. Olgunlaşmanın tespitine yönelik yapılan TA ölçümlerinde ise farklı torbalama materyalleri arasında istatistiki açıdan önemlilik tespit edilmemiştir. Olgunluk indisi açısından farklı torba materyalleri arasında olgunlaşma farklılıkları ortaya çıkmıştır. Bu karaktere ait ölçümlere göre, tıpkı SÇKM ölçümlerinde olduğu gibi, Mogul malzeme ile torbalanmış üzümlerin daha erken olgunlaştığı tespit edilmiştir. Mogul malzemedeki yapılan torbaların diğer uygulamalara oranla daha yüksek torba içi sıcaklığa sahip olması olgunlaşmayı bu yönde etkilemiştir. Bu sonuçlar sıcaklık ile olgunlaşma arasındaki pozitif ilişki olduğunu bildiren Can-ying ve ark. (2006), Xing-ben ve ark. (2005), Dookozlian (2000), Ruffner (1982) ve Adams (2006) ile benzerdir. Mogul malzemeli torbalarda ışık geçirgenliği azalmasına karşın (ışık geçirgenlikleri % 70 ve % 80) tanelerin maruz kaldığı sıcaklık arttıkça şeker birikimi artmış, asitlik değerleri düşmüş, dolayısıyla olgunlaşma indisi artarak olgunlaşma hızlanmıştır.

Öte yandan kullanılan torbalama malzemeleri arasında fenolik madde miktarı ölçümleri açısından anlamlı farklılıklar ortaya çıkmamıştır (Çizelge 2).

Hasat tarihinin olgunluk indisi ölçümleri ile belirlenmesi OIV'nin sofralık üzümler için dikkate aldığı minimum olgunluk düzeyi standartları üzerinden yapılmıştır (OIV 2008). Mogul 19 g m<sup>-2</sup>'lik malzeme ile torbalamanın yapıldığı salkımların açıkta yetiştirilen kontrol salkımlarına göre yaklaşık 5 günlük erken olgunlaşmanın söz konusu olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Mogul 30 materyalinin kullanıldığı torbada ise 4 gün erken olgunlaşma ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar, torbalama çalışmaları yapan Xiaohai ve ark. (1998), Xing-ben ve ark. (2005), Can-ying ve ark. (2006)'nın bulguları ile uyuşmakta iken torbalamanın olgunluğu geciktirdiğini belirten Signes ve ark. (2007) ile uyuşmamaktadır. Bu uyuşmazlığın çalışmada kullanılan torba malzeme tiplerinden farklı tip malzeme kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada kullanılan torba materyallerinden Mogul tipinin olgunlaşmayı hızlandırarak öne çektiği, bu tip torbaların kayda değer bir erkencilik sağladığı tespit edilmiştir. Bu durum özellikle erkenci çeşitler kullanıldığında sağlanan erken olgunlaşma ile üzüm satış fiyatının artacağını düşündürmüştür. Genel itibarıyla torbalama uygulamalarının tane yarıma direnci açısından daha hassas taneler oluşturduğu, özellikle Tyvek tip torbaların bu hassasiyeti önemli derecede arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan torbalama çalışmaları mantari hastalıklara hassas olan çeşitlerde yürütüldüğünde, torba içindeki yüksek nemden dolayı yoğun hastalık oluşumları görülebileceği dikkate alınmalıdır.

Çizelge 2. Torbalama uygulamalarının bazı kalite özellikleri üzerine etkileri

Table 2. Effects of bagging applications on some quality characteristics

	Yıllar (Years)	Kontrol (Control)	Mogul 19	Mogul 30	Tyvek	LSD 0.05
Salkım ağırlığı (g) (Bunch weight) (g)	2012	<b>755.1±3.02a</b>	<b>791.6±57.89a</b>	<b>683.1±92.95ab</b>	<b>486.8±75.99b</b>	<b>**208.08</b>
	2013	556.7±17.64	517.6±27.83	591.8±23.29	596.7±49.08	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	655.9±30.00	654.6±50.94	637.5±49.70	541.7±47.94	Ö.D.
Omca başına verim (g) (Yield per vine) (g)	2012	3955.0±369.46	3793.0±856.25	2917.0±389.80	2070.0±290.27	Ö.D.
	2013	7860.0±676.88	5770.0±871.41	6540.0±740.58	7330.0±1383.08	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	5909.6±683.42	4781.9±674.24	4730.3±670.06	4698.2±1036.63	Ö.D.
Salkım boyu (cm) (Bunch length) (cm)	2012	27.2±0.61	26.5±1.25	25.6±0.82	24.7±1.31	Ö.D.
	2013	26.9±0.85	27.0±0.99	27.7±0.61	28.1±0.81	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	27.1±0.53	26.7±0.80	26.7±0.60	26.4±0.92	Ö.D.
Salkım eni (cm) (Bunch width) (cm)	2012	16.2±0.07	14.5±0.77	15.4±0.66	15.1±1.22	Ö.D.
	2013	13.9±0.48	13.3±0.33	13.4±0.39	13.6±0.28	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	15.0±0.41	13.9±0.45	14.4±0.48	14.3±0.66	Ö.D.
Ort. tane ağırlığı (g) (Average berry weight) (g)	2012	8.1±0.09	6.6±0.29	7.2±0.35	6.7±0.57	Ö.D.
	2013	7.4±0.32	6.4±0.24	6.8±0.54	7.0±0.44	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	7.7±0.19	6.5±0.19	7.0±0.33	6.8±0.36	Ö.D.
Tane eni (mm) (Berry width) (mm)	2012	<b>22.2±0.08 a</b>	<b>20.5±0.24 b</b>	<b>21.3±0.36ab</b>	<b>20.7±0.53 b</b>	<b>**1.18</b>
	2013	22.2±0.29	20.7±0.18	21.1±0.42	21.6±0.48	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	<b>22.2±0.15 a</b>	<b>20.6±0.15 b</b>	<b>21.2±0.28b</b>	<b>21.2±0.38 b</b>	<b>**0.88</b>
Tane boyu (mm) (Berry length) (mm)	2012	26.6±0.34	25.5±0.64	25.1±0.78	25.1±0.63	Ö.D.
	2013	26.2±0.43	24.4±0.34	25.4±0.78	25.1±0.71	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	26.4±0.28	24.9±0.39	25.2±0.55	25.1±0.47	Ö.D.
Salkım sıklığı indeksi (Bunch density)	2012	6.0±0.20	6.2±0.23	7.0±0.46	6.9±0.46	Ö.D.
	2013	5.3±0.15	5.5±0.24	5.1±0.12	5.3±0.15	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	5.7±0.16	5.9±0.19	6.1±0.36	6.1±0.33	Ö.D.
Salkımdaki tane sayısı (adet) (Berry number in bunch) (number)	2012	141.0±4.90	151.3±28.54	139.8±19.65	126.6±13.72	Ö.D.
	2013	105.3±4.06	101.0±8.65	99.0±5.02	97.7±5.85	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	123.2±6.05	126.2±16.58	119.4±11.73	112.2±8.55	Ö.D.
Tane sap kopma direnci (g) (Berry removal force) (g)	2012	469.0±24.70	580.0±45.64	595.0±66.08	545.0±78.79	Ö.D.
	2013	444.3±37.82	383.5±17.51	466.2±22.77	383.3±24.73	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	456.9±22.88	482.2±37.53	531.0±39.64	464.6±47.49	Ö.D.
Tane yarıma direnci (g) (Berry crushing resistance) (g)	2012	<b>1785.0±59.20 a</b>	<b>1861.0±99.84 a</b>	<b>1771.0±115.51a</b>	<b>1396.0±67.81 b</b>	<b>**291.84</b>
	2013	1454.0±98.60	1436.2±39.19	1581.0±63.70	1278.3±65.11	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	<b>1619.5±74.76 a</b>	<b>1648.9±81.54 a</b>	<b>1676.3±71.47a</b>	<b>1337.5±50.01 b</b>	<b>**203.00</b>
Suda çözünebilir kuru madde (%) (Total soluble solids) (%)	2012	18.0±0.41	19.7±0.52	19.7±0.29	19.4±0.48	Ö.D.
	2013	20.2±0.57	21.8±0.65	21.8±0.73	20.4±0.53	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	<b>19.1±0.48 b</b>	<b>20.5±0.46 a</b>	<b>20.8±0.50a</b>	<b>19.9±0.39 ab</b>	<b>**1.04</b>
Toplam asitlik (g L <sup>-1</sup> ) (Total acidity) (g L <sup>-1</sup> )	2012	6.4±0.15	6.4±0.21	5.9±0.21	6.4±0.15	Ö.D.
	2013	5.4±0.33	4.7±0.17	4.7±0.12	5.2±0.18	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	5.9±0.24	5.6±0.28	5.3±0.22	5.8±0.21	Ö.D.
Olgunluk indisi (%/ TA) (Maturity index)(%/ TA)	2012	28.1±1.32	30.8±1.35	33.4±1.48	30.4±0.83	Ö.D.
	2013	38.9±2.93	45.2±1.50	46.8±2.59	39.6±1.98	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	<b>33.7±2.20 c</b>	<b>38.2±2.27 ab</b>	<b>40.1±2.44a</b>	<b>35.1±1.69 bc</b>	<b>4.4</b>
Fenolik madde miktarı (mg kg <sup>-1</sup> ) (Phenolic compounds)(mgkg <sup>-1</sup> )	2012	705.0±111.25	885.5±101.70	818.8±144.09	898.0±145.37	Ö.D.
	2013	1208.0±95.97	1293.0±94.38	1189.0±91.09	1105.0±83.71	Ö.D.
	Ort. - (Mean)	956.8±103.19	1089.3±90.91	1004.3±100.61	1001.8±89.04	Ö.D.

Çizelge 3. Torbalama uygulamalarında hasat zamanının belirlenmesi

Table 3. Determination of harvest time in bagging applications

	14 Ağustos 2013		19 Ağustos 2013		Yaklaşık Hasat Tarihi (Approximate Harvest Date)
	SÇKM (TSS)	Oİ (MI)	SÇKM (TSS)	Oİ (MI)	
Kontrol (Control)	15.6	15.7	15.8	19.7	20 Ağustos
Mogul 19 g (Mogul 19 g)	15.4	19.1	17.6	22.4	15 Ağustos
Mogul 30 g (Mogul 30 g)	15.5	17.8	17.7	22.1	15-16 Ağustos
Tyvek (Tyvek)	15.6	15.2	17.5	19.9	16 Ağustos

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen ve Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen "Trakya İlkeren ve Italia Üzüm Çeşitlerinde Salkımlarda Torbalama Uygulamalarının Olgunluk, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri" (Proje No: BBMB-11-37) isimli projenin çıktılarında elde edilmiştir.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Adams DO 2006. Phenolics and Ripening in Grape Berries. *Amer. J. Enol. Vitic.* 57: 249-256.
- Aydın S, Yaşasın AS 2012. Bağcılıkta Yeni Bir Uygulama: Torbalama (Bagging). *Hasad Bitkisel Üretim*, 324: 88-91.
- Alsancak B 2005. Gediz Havzasında İklim İsteklerine göre Farklı Üzüm Çeşitlerinin Yetiştirilebileceği Alanların Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 73 sayfa.
- Asaoka K, Imai S, Okamoto G, Hirano K 1997. Effect of Vine Shading and High Moisture Treatment on Berry Crack in Muscat of Alexandria Grape. *Scientific Reports of the Faculty of Agriculture, Okayama University.* 86: 51-54.
- Can-ying L, Chang Y, Shang J, Yong-hong G 2006. Effect of Bagging on Pigment of Berry Skin and Fruit Quality in Red Globe Grape. *Sino-Overseas Grapevine & Wine*; 2006-02.
- Cemeroğlu B 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Ankara. Yayın No: 34. 2007.
- Coombe BG, Dundon RJ, Short AWS 1980. Indices of Sugar-Acidity as Ripeness Criteria for Wine Grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31(5): 495-502.
- Coombe BG 1995. Adoption of a System for Identifying Grapevine Growth Stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1: 100-110.
- DMİ 2007. Tekirdağ İline Ait Uzun Yıllar Ortalama İklim Verileri (1975-2006). DMİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Dokoozlian NK 2000. Grape Berry Growth and Development (PDF). Pages 30-37 in: Raisin Production Manual. University of California, Agricultural and Natural Resources Publication 3393.
- Inchang S, Daeil K 2010. Effects of Bagging Periods on Pericarp Characteristics and Berry Cracking in 'Kyoho' Grape (*Vitis* sp.). *Korean Journal of Horticultural Science & Technology.* 28(3):381-386.
- Liu X, Cheng Z, Jin Y, Zhao W, Chen G, Yao Z 2004. Effects of Micro - climate in Bags on Quality and Yield of Grapes. *Agricultural Meteorology*, 25(1): 60-62.  
[http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-ZGNY200401017.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZGNY200401017.htm)
- Greer DH, Weedon MM 2013. The Impact of High Temperatures on *Vitis vinifera* cv. Semillon Grapevine Performance and Berry Ripening. *Frontiers in Plant Science.* 4(491): 1-9. doi: 10.3389/fpls.2013.00491.
- OIV 2002. Second Edition of the OIV Descriptor List for Grape Varieties and *Vitis* Species. Organisation Intergouvernementale Cree par l'accord International du 3 Avril 2001. 18, Rue d'Aguesseau-F75008 Paris, France. 178p.
- OIV 2008. Standard on Minimum Maturity Requirements for Table Grapes. <http://www.oiv.int/public/medias/369/viti-2008-1-en.pdf> (Erişim tarihi: 17.03.2020).
- Ristic R, Downey MO, Iland PG, Bindon K, Francis IL, Herderich M, Robinson SP 2008. Exclusion of Sunlight Grapes Alters Wine Colour, Tannin and Sensory Properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research.* 13(2): 53-65.
- Ruffner HP 1982. Metabolism of Tartaric and Malic Acids in *Vitis*: A. Review-Part A. *Vitis*, 21: 247-259.
- Signes AJ, Burlo F, Martinez-Sanchez F, Carbonell-Barrachina AA 2007. Effects of Preharvest Bagging on Quality of Black Table Grapes. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(1): 32-38.
- Xiaohai L, Wenhui M, Chengyan L 1998. Effect of Bagging on Fruit Sugar Content and Coloration of Kyoho Grape. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 18(1): 70-82.
- Xing-ben Z, Xiu-wu G 2005. Effects of Bagging on the Fruit Sugar Metabolism and Invertase Activities in Red Globe Grape During Fruit Development. *Journal of Fruit Science*, 26: 30-33.



## Sulugöl (Tokat-Niksar) Çevresi Rekreasyon Alanına Yönelik Öneri Peyzaj Tasarımı

Nurhan KOÇAN<sup>1\*</sup>, Gizem CENGİZ GÖKÇE<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bartın

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9433-7007>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9888-8623>

✉: [nkocan@bartin.edu.tr](mailto:nkocan@bartin.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada Tokat ili Niksar ilçesinde bulunan Sulugöl ve çevresi çalışma alanı olarak ele alınmıştır. Çalışmada, kentsel alanlar ve yakın çevresinde yer alan su kaynaklarının kent ekolojisine sağladığı katkıların artırılması ile doğal ve kültürel özelliklerinin korunmasına yönelik bir peyzaj tasarım önerisi geliştirilmiştir. Çalışmanın amacı, alanın mevcut potansiyelini geliştirirken koruma-kullanma dengesinin kurulmasıdır. Çalışmada 1/1000 ölçekli imar planı üzerinde proje alanı tanımlanmış, yerinde gözlem çalışmaları ve Google Earth'ten alınan görüntüler yardımıyla alanın mevcut durumu tanımlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, belediye yetkilileri ve yerel halk ile görüşmeler yapılarak ihtiyaç ve beklentiler belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında alan potansiyeli değerlendirilmiştir. Çalışmada peyzaj tasarımının temel aşamaları olan sorun tanımlama, sörvey, leke, avan ve kesin peyzaj tasarım projesinin oluşturulması aşamaları yapılmıştır. Çalışmada peyzaj tasarımının oluşturulması, projelerin çizimi ve görselleştirmesinde AutoCad 2017, Photoshop CS5, Sketch Up ve Lumion yazılımları kullanılmıştır. Projenin sonuçları bitkisel tasarım projesi, yapısal uygulama projesi ve detaylar şeklinde sunulmuştur.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 23.01.2020

Kabul Tarihi : 04.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Su kıyısı peyzaj tasarımı  
Peyzaj tasarım süreci  
Rekreasyon alanı,  
Niksar (Tokat)

## The Impact of Natural Water on Design: Landscape Design Proposal for Sulugöl (Tokat-Niksar) Recreation Area

### ABSTRACT

In this study, Sulugöl located in Niksar district of Tokat province was chosen as the study area. In this study, a landscape design proposal was developed in order to increase the contribution of water resources to urban ecology and to protect its natural and cultural characteristics. The aim of the study was to establish the balance of protection and use while developing the existing potential of the area. In the study, the project area was defined on a 1/1000 scale development plan and the current status of the area was defined with the help of on-site observations and images taken from Google Earth. During the area studies, the needs and expectations were determined by interviews with the municipal authorities and local people. The area potential was evaluated within the data obtained. In this study, AutoCad 2017, Photoshop CS5, Sketch Up and Lumion software were used for the creation of landscape design, drawing and visualization of projects. The results of the study were presented in the form of plant design project, structural application project.

### Research Article

#### Article History

Received : 23.01.2020

Accepted : 04.07.2020

#### Keywords

Water resources landscape design  
Landscape design process  
Recreation area  
Niksar (Tokat)

**Atf İçin:** Koçan N, Cengiz Gökçe G 2021. Sulugöl (Tokat-Niksar) Çevresi Rekreasyon Alanına Yönelik Öneri Peyzaj Tasarımı. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 24 (1): 90-98. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.679180>.

**To Cite:** Koçan N, Cengiz Gökçe G 2021. The Impact of Natural Water on Design: Landscape Design Proposal for Sulugöl (Tokat-Niksar) Recreation Area. KSU J. Agric Nat 24 (1): 90-98. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.679180>.

### GİRİŞ

Su algılanabilir fiziki çevre olan peyzaj kavramının temel bileşeni ve yeşil alanların ana ögesidir. İnsanoğlu, suyu temel besin olarak görmesi dışında

birçok alanda kullanmıştır. Suyu su kanalları, suyolları ve göletler yapmış ve tüm rekreasyonel faaliyetlerinde suyu bir obje olarak algılamıştır. Su, peyzaj için hem yaşam hem de tasarım aracıdır. Estetik ve işlevsel anlamlar taşır, göze ve kulağa hitap

eder (Şahin, 2013). Su, peyzaj tasarımında kullanılabilir en renkli ve heyecan verici unsurlardan biridir (Burmil et al., 1999; Reesand May, 2002).

Su yüzeyleri; peyzaj mimarlığında rekreasyonel ve fonksiyonel olarak önemli işlevlere sahip kaynaklardır. Çeşitli biçim ve uzunluklarda olabilen su kıyıları, su ve su sayesinde gelişen yeşil alan ile kente ekolojik katkı sağladıkları gibi kent halkına da sosyalleşme ortamı yaratarak yaşam kalitesini artırır. Peyzaj mimarlığı meslek disiplininin temel amaçlarının başında; doğal kaynakların "kapasitelerinin üzerinde ve ekolojik dengeleri bozacak ölçüde kullanılmasını önleyerek kaynakların devamlılığını ve verimliliğini muhafaza altına almak, insan aktivitelerini ekolojik bir çerçeveye oturtmak" gelmektedir (Güney ve Hepcan, 1994). Bu da ekolojik yaklaşımın esas alındığı peyzaj planlama çalışmalarının yürütülmesine bağlıdır.

Su, terapi özelliğiyle birlikte insanları rahatlatıcıdır ve stresten uzaklaştırma etkisine sahiptir. Suyun esnekliği dikkat çeker ve merak uyandırır. Açık alanlardaki su elementi, peyzaj mimarları, çevre tasarımcıları, psikologlar, sosyologlar ve toplum için estetik değeri, duyuşsal teşviki, sosyal işlevi ve psikolojik faydaları nedeniyle yüksek bir değere sahiptir (Huang, 1998).

Kentsel peyzaj planlamanın ürünlerinden biri olarak yeşil alanlar, kentsel mekanlardaki su sürecini yönlendirmede önemli mekanlardır (Çorbacı ve ark., 2011). İnsanların bedensel ve ruhsal olarak sağlıklı bir şekilde yaşayabilmeleri için kentsel ve kırsal rekreasyon alanları tasarlamak; çeşitli nedenlerle tahrip olmuş alanların onararak bu alanları rekreasyon aktiviteleri için uygun hale getirmek peyzaj mimarlığı çalışmaları arasındadır (Güney ve Hepcan, 1994). Kent çevrelerinde bulunan göl, kıyı ve orman ekosistemleri diğer ekosistemlerle uyum içinde bulunmalıdır (Atıl ve ark., 2005). Su ve bitki örtüsünün zengin olduğu doğal ortamlar, bitki örtüsü bakımından fakir olan kent ortamlarına kıyasla çok daha rahatlatıcıdır (Schroeder, 1991). Kentlerde

insanlar, rekreasyon aktiviteleri için doğal veya yapay yollarla oluşturulmuş su yüzeylerini ve yeşil alanları tercih etmektedirler. Suyun dinlendirici etkisi ve mikroklimatik özellikleri bu tercihte etkili olmaktadır. Ayrıca kentlerde bulunan bu tür rekreasyon alanları doğal, kültürel ve estetik değerlerin artırılması ile kentin turistik açıdan daha çekici bir hale gelmesini sağlamaktadır. Bu suretle, gelir ve istihdam olanaklarının geliştirilmesinde de etkisi bulunmaktadır (Chiesura, 2004). Kentlerde yer alan su kıyıları; canlılar için yaşam ortamı oluşturmak, biyolojik çeşitliliği sağlamak, kıyı şeridi erozyon kontrolünü sağlamak, taşkın kontrolü yapmak, rüzgâr perdesi ve mikroklimatik ortam oluşturmak gibi etkilere sahiptir (Dugan, 1990; Kuşak, 2006). Su kıyıları ve su yüzeylerinin kıyısında yer alan bitkiler, kıyıları etkileyen dalga ve akıntı gibi kuvvetleri azaltmaktadır. Aynı zamanda, buradaki bitkiler kökleri ile tortu maddelerini depolayarak su yüzeylerinin kıyısındaki yerleşim ve tarım arazilerindeki erozyonu önlemektedir. Göl kıyıları yoğun yağışlar nedeniyle oluşan fazla suyu tutarlar. Yağışlarla toprak yüzeyinde biriken fazla su, su kıyılarında emilmekte ve yeraltı suyu olarak depolanmaktadır (Dean, 1978).

Bu çalışmada doğal veya yapay olarak oluşturulmuş göllerin çevresine yapılabilecek örnek bir tasarım gerekçeleriyle sunulmuştur. Türkiye'nin zengin coğrafyasında hemen her il ve ilçede yer alan birçoğu atıl veya yanlış kullanımlarla çevrelenmiş göl çevrelerine örnek bir öneri ile yerel yönetim ve bu konuda çalışma yapacaklara rehberlik etmesi öngörülmüştür.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Çalışma alanı olarak belirlenmiş olan Sulugöl, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Tokat ilinin Niksar ilçesine bağlı bir köydür. Şekil 1'de çalışma alanının ülke ve il içindeki konumu verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının ülke ve il içindeki konumu.

Figure 1. Location of the study area within the country and province.

Niksar, 1861 yılında kurulmuştur. Yüzölçümü: 955 km<sup>2</sup> olan kentin rakımı 350 m.'dir. Kentin, il merkezine uzaklığı 60 km.'dir. Niksar kentinin tarihi MÖ.64 yıllarına dayanmaktadır (Tokat Valiliği, 2019). Niksar'da Karadeniz iklimi ile İç Anadolu karasal iklimi arasında bir geçiş iklimi görülmektedir. Kışlar genellikle ılık ve yağışlı, yazlar ise sıcak geçer. Her ay yağış alan ilçenin yıllık yağış ortalaması 475,2 mm. iken yıllık sıcaklık ortalaması 14,7°C'dir (Ünal, 2004). Niksar ormanlarında *Quercus coccifera* (Kermes meşesi), *Fagus orientalis* (Kayın) ve *Pinus nigra* (Karaçam) bitki türlerine rastlanmaktadır (Eliçalışkan, 2007). Niksar ekonomisi geniş ölçüde tarım ve orman ürünlerine dayalıdır (Niksar TSO, 2017). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'na ait 2018

verilerine göre Niksar'ın nüfusu 65.308 kişidir. Nüfusun 49.66'sı erkek, % 50.33'ü kadındır (TÜİK, 2020). Niksar, tektonik açıdan Türkiye'nin en aktif fay hatlarından Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde yer almaktadır (Toprak ve Şahin, 2017). Bu nedenle, şehirde deprem riski hep gündemde olan bir konu olmuştur. Kent önemli depremler yaşamış ve birçok kez yıkılmıştır. Şekil 2'de çalışma alanı olan Sulugöl ve yakın çevresine ait fotoğraflar verilmiştir.

Sulugöl, Niksar kent merkezinden 7 km. uzaklıkta bulunmaktadır. Köyün ekonomisi tarıma dayalıdır (İND, 2020). Çalışma alanında mevcut durumda herhangi bir rekreasyonel alan kullanımı yoktur.



Şekil 2. Sulugöl ve yakın çevresinden görünüm. *Figure 2. Views from Sulugöl and its vicinity.*

### Yöntem

Çalışma veri toplama, analiz, değerlendirme ve sonuç olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle alana ve konuya ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Arazi yapılan çalışmalarda belediye yetkilileri ve halkla görüşmeler yapılarak kullanıcı istekleri ve beklentiler belirlenmiştir.

Şekil 3'te yapılan arazi çalışmalarından görünüm yer almaktadır. Arazi çalışması öncesinde yapılan literatür tarama ve arazide yapılan sörvey çalışması ile elde edilen veriler bilgisayar ortamında

toparlanmış, yerel yönetimin karar vericileri ile sorun ve çözümler tartışılmış ve nihai plan kararlarına varılmıştır. Daha sonra, üretilecek peyzaj tasarım projesi için konsept ve konseptte göre tasarım ilkeleri belirlenmiştir. Konseptin seçiminde kentin tarihi yapısı ve alanın doğal özellikleri etkili olmuştur. Son aşamada ise; eskiz çalışmaları yapılarak alternatif tasarımlar oluşturulmuştur. Kesinlik kazanan proje çizimleri AutoCad 2017 programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Projenin nihai hali, SketchUp ve Lumion yazılımıyla modellenmiş ve Photoshop CS5 programıyla sunuma hazırlanmıştır.



Şekil 3. Arazi çalışmalarından görünüm. *Figure 3. Views from the field studies.*

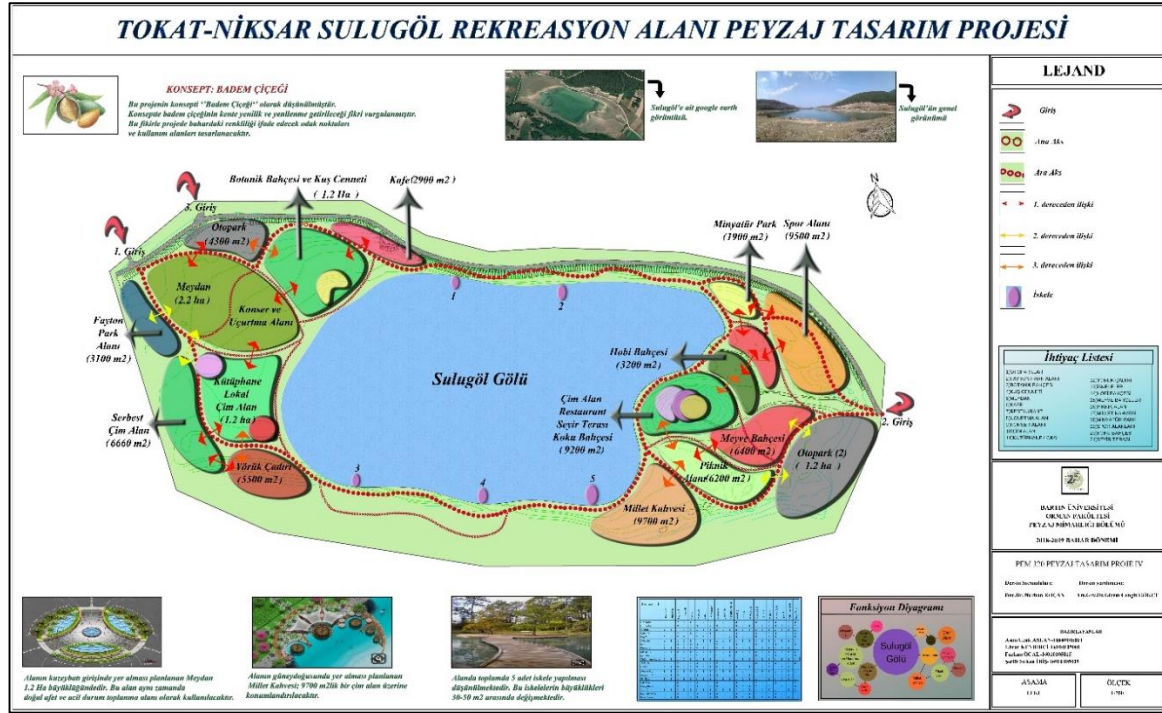


## BULGULAR

Bu bölümde alan için geliştirilen peyzaj tasarım projesinin konsepti ve bu konsept dahilinde belirlenen alan kullanımlarına ilişkin bilgi verilmiştir.

**Konsept:** Projenin konsepti “Badem Çiçeği” olarak düşünülmüştür. Konseptin çıkış fikri “badem çiçeğinin

baharı ve bahardaki renkliliği anımsatması”dır. Bu fikir ile projede tasarım aşamasında bahardaki renkliliği ifade edecek odak noktaları ve kullanım alanları tasarlanmıştır. Kullanım alanlarının belirlendiği Leke Plan aşamasına ait pafta Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Leke plan aşaması.  
Figure 4. Stain plan phase.

**Tasarım elemanları:** Projede belirlenen alan kullanımları; otopark, fayton park alanı, bitki sergi alanı, kuş cenneti, meydan, kafe, restoran, uçurtma alanı, konser alanı, çim alanlar, kültür sanat evi (kütüphane ve lokal), Yörük çadırı, iskeleler, hobi bahçesi, meyve bahçeleri, piknik alanı, millet kahvesi, minyatür park, spor alanları ve seyir teraslarından oluşmaktadır. Kesin proje aşamasında oluşturulan pafta Şekil 5’te verilmiştir. Şekil 6-13’de ise yapılan peyzaj tasarımına ilişkin 3 boyutlu görünüm yer almaktadır.

**Yaya ve araç ulaşımı:** Çalışma alanına 1 adet kuzey yönlü, 1 adet kuzeybatı yönlü ve 2 adet doğu yönlü olmak üzere toplam 4 adet giriş planlanmıştır. Ana aksın giriş ile beraber genişliği 5 m. olarak belirlenmiştir. Ana aks engelli yolunu ve fayton gezi yolunu da barındırmaktadır. Ana aks ve bağlantı yollarında prizma-küp taş döşeme kullanılmıştır. Tasarlanan yol güzergâhı ve seçilen döşeme malzemesi ile engellilerin alana erişebilmesi de sağlanmıştır. Ana aks ve bağlantılar ile alan içerisinde tüm noktalara erişmek mümkündür. Bağlantı yolu olan ara aksın genişliği 2,5 m. olarak 4 kişinin aynı anda kullanımını sağlayacak şekilde oluşturulmuştur. Bisiklet yolu, gölün çevresini dolaşacak şekilde ana aksa paralel

olarak tasarlanmıştır. Bisiklet yolu oluşturulurken 12.12.2019 tarih ve 30976 sayılı resmî gazetede yayımlanan Bisiklet Yolları Yönetmeliği esas alınmış, yönetmelikte de belirtildiği gibi yol güzergâhı uzun ömürlü ve kaydırmaz özellikte mavi renk boya ile boyanmıştır. Bisiklet yolunun genişliği 2 m. olarak planlanmıştır. Bisiklet yolu üzerinde 3 adet bisiklet park istasyonu konumlandırılmıştır. Bu durakların her birinin genişliği yaklaşık 20 m<sup>2</sup>’dir.

**Minyatür park alanı:** Alanın kuzeydoğusunda 1900 m<sup>2</sup> büyüklüğe sahip olacak şekilde planlanmıştır. Bu alanda her yaş grubundan çocuğa hitap eden oyun elemanları, Niksar tarihi için önemli olan hükümdar karakterleri, kum havuzu, bitki labirenti, satranç alanı ve kafeye yer verilmiştir. Oyun alanı içerisinde ebeveynler için oturma alanı tasarlanmış olup gölge alanlar yaratılmıştır. Minyatür park alanının bitkisel tasarımında: *Malus floribunda* (Süs elması), *Laurus nobilis* (Defne), *Platanus orientalis* (Doğu çınarı), *Pittosporum tobira* (Yıldız çalısı), *Viburnum opulus* (Kartopu), *Abelia grandiflora* (Güzellik çalısı) bitkileri kullanılmıştır. Bitkilerin seçiminde kullanıcılar için gölgeli mekan oluşturma, bitkilerin yaprak rengi, çiçekleri ve kokularıyla görünümü zenginleştirmek amaçlanmıştır.





Şekil 5. Kesin proje aşaması.  
Figure 5. Final project phase.

**Piknik alanı:** Alanın güneydoğu yönünde konumlandırılmıştır. Alanın büyüklüğü 6200 m<sup>2</sup> olarak planlanmıştır. Piknik alanı içerisinde barbekü alanları bulunmaktadır. Kullanıcılar, kendi getirdikleri gıdaları tüketilebildikleri gibi alan içerisinde bulunan büfeden de yiyecek-icecek temin edilebilmektedir. Alana, masa ve oturma birimlerinden oluşan üniteler yerleştirilmiştir. Alan içerisindeki oturma birimleri yarı açık olarak tasarlanmış olup alanda 4 adet süs havuzuna yer verilmiştir. Pikniğe gelen kişilerin kullanımına yönelik olarak 1 adet çok amaçlı spor sahası tasarlanmıştır. Ayrıca alanın kuzeybatı ve kuzeydoğu yönlerinde 2 adet wc konumlandırılmıştır. Piknik alanının bitkilendirilmesinde mevcutta yer alan *Picea orientalis*'den (Doğu ladini) yararlanılmıştır. Mevcuttaki ağaçların yeterli sayıda olması nedeniyle alana yeni ağaç eklenmemiştir. İğne yapraklı olan (*Picea orientalis*) ağaçlar arasında insanların piknik yapabileceği yeterli büyüklükte alan mevcut durumda korunmuştur.

**Fayton park alanı:** 3100 m<sup>2</sup> büyüklüğünde olup alanın kuzeybatısında bulunmaktadır. Her fayton için gerekli alan 30 m<sup>2</sup> düşünülmüş olup aynı anda 8 fayton park edebilecektir. Faytonların bakım ve onarım atölyeleri de bu alan içerisinde yer alacaktır. Yine bu alan içerisinde fayton sürücülerini ve bakım-onarım görevlilerinin yemek, dinlenme vb. ihtiyaçlarını karşılamak adına 1 adet sekizgen köşeli kameryeye yer verilmiştir. Alanda *Fraxinus excelsior* (Dişbudak) ve *Picea orientalis* (Doğu ladini) bitkileri kullanılmıştır. *Picea orientalis* mevcut durumda yer almaktadır. *Fraxinus excelsior* ise gölge amaçlı kullanılmıştır.

**Otoparklar:** Alanın kuzeyinde ve doğusunda olmak üzere 2 farklı noktada konumlandırılmıştır. Otopark alanları toplamda 136 otomobil ve 5 gezi otobüsü park edecek şekilde düşünülmüştür. Kuzeyde yer alan otoparkın içerisinde yönetim binası bulunmaktadır. Otoparklarda güvenli giriş-çıkış sağlanması adına güvenlik noktaları konumlandırılmıştır. Döşeme olarak asfalt tercih edilmiştir. Otopark bitkilendirme ilkelerine uygun olarak yapılan bitkilendirme tasarımında; *Acer negundo* (Akçaağaç) kullanılmıştır. Bu bitkinin seçim sebebi ise tepe çapının yüksek olması ve yapraklarının araçlara zarar vermeyecek formda olmasıdır.

**Kafe:** Proje alanının tam merkezinde kafeye yer verilmiştir. Alanın büyüklüğü 2900 m<sup>2</sup> olarak planlanmıştır. Kafenin çatısı güneş panelleri kullanılarak tasarlanmıştır. Bu şekilde enerji tasarrufu sağlanacağı düşünülmektedir. Kafe alanı içinde açık ve kapalı oturma alanlarına yer verilmiştir. Alan Sulugöl'ün kuzeyinde bulunmaktadır. Kafe alanı, renkleri ve formuyla etkili olan *Malus floribunda* (Süs elması) ile vurgulanmıştır.

**Restoran:** Alanın kuzeydoğusundaki tepede konumlandırılmış olup eğim yönünde yukarıdan aşağıya doğru seyir terası ve koku bahçesi tasarlanmıştır. Seyir terası restoran ile doğrudan bağlantılı olup restoranın açık mekânı olarak da kullanılabilir. Bu üç kullanım için toplamda 9200 m<sup>2</sup>'lik alan ayrılmıştır. Bu alanda kullanılan bitkiler; *Forsythia intermedia* (Çin altın çanı), *Syringa vulgaris* (Leylak), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Abelia grandiflora* (Güzellik çalısı), *Lonicera purpusii* (Hanımeli), *Tilia tomentosa* (Ihlamur), *Prunus cerasus* (Vişne), *Punica granatum* (Süs narı), *Morus alba* (Ak



dut), *Malus floribunda* (Süs elması) ve *Laurus nobilis* (Defne)'dir. Restoran ve terasta oturan kullanıcıların göl manzarasını seyrederken gözlemleyebilmesi

amacıyla bu alanda renk etkisi olan bitkilere yer verilmiştir. Aynı zamanda ağaçların çiçek ve yaprak rengi ile koku vermesi seçimde etkili olmuştur.



Şekil 6-13. Alan peyzaj tasarımının üç boyutlu (3D) görüntüleri  
Figure 6-13. Three dimension (3D) views from landscape design of area

İskeleler: Sulugöl üzerinde toplam 5 adet iskele tasarlanmış olup bu iskelelerin büyüklükleri 30 m<sup>2</sup> ile 50 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. İskele etrafını saracak şekilde ahşap korkuluklara yer verilmiş olup olası

kazalara karşı önlem alınmıştır.

Uçurtma alanı ve konser alanı: Alanın en ilginç noktalarından birini oluşturmaktadır. Bu alanda çocukların ve yetişkinlerin hareket ederken

eğlenebilecekleri geniş bir yeşil alan tasarlanmıştır. Uçurtma aktivitesinin olmadığı zamanlarda bu alan toplanma ve konser alanı olarak hizmet verecektir. Bu alanın genişliği 10.000 m<sup>2</sup> olarak planlanmıştır.

**Spor alanları:** Proje alanının kuzeydoğusunda yer verilmiştir. İçerisinde futbol sahası, basketbol sahası, voleybol sahası, tenis kortu ve fitness alanı bulunmaktadır. Kullanım alanlarının büyüklüğü hesaplandıktan sonra toplam alan büyüklüğü 9500 m<sup>2</sup> olarak saptanmıştır. Spor alanlarının çevresinde gerek mahremiyetin sağlanması gerekse gürültünün önlenmesi amacıyla bitkisel perdeleme yapılmıştır. İzleyiciler için oturma basamaklarıyla tribün oluşturulmuştur. Bu 4 spor kompleksinin tam merkezinde ve spor komplekslerine hâkim konumda bulunan bir açık oturma alanı tasarlanmıştır. Fitness alanı ise alanın güneyinde olup içerisinde her yaş grubunun kullanımına uygun elemanlara yer verilmiştir. Aynı zamanda fitness alanı içerisinde dinlenme imkânı sunan 2 adet kamariye konumlandırılmıştır. Spor alanlarının bitkilendirilmesinde; *Viburnum opulus* (Kartopu), *Pittosporum tobira* (Yıldız çalısı), *Syringa vulgaris* (Leylak), *Acer negundo* (Dişbudak), *Tilia tomentosa* (Ihlamur) ve *Malus floribunda* (Süs elması) kullanılmıştır. Ağaçların çiçek ve yaprak rengi ile koku vermesi seçimde etkili olmuştur.

**Hobi bahçeleri:** Alanın kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bu alan kentte bulunan okullarda eğitim-öğretim gören öğrencilere ekim-dikim kültürü kazandırmak amacıyla tasarlanmıştır. Toplam 3200 m<sup>2</sup> büyüklükte olması planlanmıştır. Alanların sınırlandırmaları bitkisel çitlerle yapılmıştır. Alanın iki sınırına komşu olacak şekilde toplam 9600 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki meyve bahçelerine yer verilmiştir. Hobi bahçeleri ve meyve bahçelerinde; *Prunus cerasus* (Vişne), *Prunus cerasifera* 'Pisardii nigra' (Süs eriği), *Morus alba* (Akdut), *Malus floribunda* (Süs elması), *Punica granatum* (Süs narı), *Morus nigra* (Siyah dut), *Cydonia oblonga* (Ayva) ve *Prunus domestica* (Erik) bitkileri kullanılmıştır. İnsanların bitki ve meyve yetiştirme duygusunu pekiştirmek, meyvelerinden yararlanmak amacıyla bu türler seçilmiştir.

**Yörük çadırı:** Alanın güneybatısında 5500 m<sup>2</sup>lik alan içerisinde konumlandırılmıştır. Yörük çadırının iç tasarımı Niksar tarihi geçmişine uygun olarak tasarlanmıştır. Osmanlı Devleti'nde kullanılan Yaren odaları geleneği bu çadırın içerisinde devam ettirilecektir. Aynı zamanda alanın çevresinde açık oturma alanlarına da yer verilmiştir. Yörük çadırının etrafında geniş çim alan tasarlanmıştır.

**Millet kahvesi:** Alanın güneydoğusunda 9700 m<sup>2</sup>lik alan üzerine konumlandırılmıştır. Bu alanın içine Millet kahvesinin yanı sıra açık-kapalı oturma alanları, yöresel ürün satış alanı ve sergi alanı yerleştirilmiştir. Alandan iskeleye bağlanan geçiş estetik bir görünüm katmaktadır. Millet kahvesinin

çevresinde sert zemin ve geniş çim alan tasarlanmıştır.

**Kültür sanat evi (Kütüphane ve lokal):** Alanın güneybatısında toplamda 12.000 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki alan üzerinde konumlandırılmıştır. Kütüphanede, kentteki öğrenciler için sakin bir çalışma ortamı yaratılmıştır. Çalışma zamanları dışında ise rekreasyon alanı içerisinde istedikleri sosyal aktiviteleri gerçekleştirebilme imkânı sunulmuştur. Binanın etrafında geniş çim alan üzerine pergola ve oturma elemanları konulmuştur. Alanın bitkilendirilmesinde; *Prunus cerasifera* 'Pisardii nigra' (Süs eriği), *Cupressus arizonica* (Arizona servisi), *Viburnum opulus* (Kartopu), *Punica granatum* (Süs narı) ve *Hydrangea macrophylla* (Ortanca) kullanılmıştır. Bitkilerin seçiminde yaprak rengi ve çiçekleriyle alana farklı renk katıp görünümü güzelleştirmeleri düşünülmüştür.

**Meyve bahçeleri:** Alanın doğusunda iki parça olarak 9600 m<sup>2</sup> büyüklüğünde planlanmıştır. Bu alanda kullanıcıların, özellikle de çocukların meyve ağaçlarıyla etkileşim halinde olmaları amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, yenilebilir peyzaja yönelik bir alan oluşturulmuştur.

**Kuş cenneti:** Alanın kuzeybatısında bitki sergi alanının içerisinde yer alıp 2000 m<sup>2</sup> büyüklüğe sahiptir. Bu alanda yırtıcı kuşlar dışında kalan kuşlar (papağan vb.) sergilenecektir. Alanın tasarımı asma-germe sistemine benzer nitelikte dikmeler üzerine ağların gerilmesiyle sağlanacaktır. Bu büyük kafes içerisinde kuşların doğal ortamında bulunan bitkilere yer verilmiştir. Kuş cenneti etrafında; *Acer palmatum* 'Atropurpureum' (Kırmızı yapraklı akçaağaç), *Forsythia intermedia* (Çin altın çanı), *Abelia grandiflora* (Güzellik çalısı) ve *Syringa vulgaris* (Leylak) bitkileri kullanılmıştır. Bu alanda yine çiçek ve yaprak rengiyle ön plana çıkan bitki türleri tercih edilmiştir.

**Meydan:** Alanın kuzeybatı girişinin hemen önünde bulunup 12.000 m<sup>2</sup> büyüklüktedir. Bu alan aynı zamanda doğal afet ve acil durum anında toplanma alanı olarak da kullanılacaktır. Alan içerisinde 16 Türk Devleti'nin bayrağı bulunmaktadır. Meydanın bitkilendirilmesinde, *Robinia pseudoacacia* (Yalancı akasya) ve *Viburnum opulus* (kartopu) kullanılmıştır. Türlerin seçiminde çiçek rengi ve koku vermesi etkili olmuştur.

**Bitki sergi alanı:** Alanın kuzeyinde yer alıp 10.000 m<sup>2</sup> genişliğindedir. Bu alanda; tıbbi aromatik, egzotik ve endemik bitkilerden oluşan sistematik bir bitkisel tasarım uygulanmıştır. Böylece görsel etkinlik artırılmıştır. Alan ve çevresinde; *Acer palmatum* 'Atropurpureum' (Kırmızı yapraklı akçaağaç), *Aesculus hippocastanum* (Beyaz çiçekli atkestanesi), *Liriodendron tulipifera* (Lale ağacı), *Prunus cerasifera* 'Pisardii nigra' (Süs eriği), *Robinia pseudoacacia* (Yalancı akasya), *Kerria japonica* (Kanarya gülü),



*Juniperus horizontalis* (Yayılcı ardıç), *Abelia grandiflora* (Güzellik çalısı), *Pittosporum tobira* (Yıldız çalısı), *Viburnum opulus* (Kartopu), *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea' (Adi kadıntuzluğu) ve *Chanomeles japonica* (Bahar dalı) kullanılmıştır. Türlerin seçiminde yaprak rengi, çiçekli olması ve koku vermesi düşünülmüştür. Aynı zamanda yayılcı

türden çalı ve ağaca varan hiyerarşik düzende bitki boyutları da türlerin seçiminde etkili olmuştur.

Proje alanında uygulanan bitkisel tasarımda kullanılan bitki türleri Çizelge 1'de liste halinde verilmiştir.

Çizelge 1. Proje alanında kullanılan bitkiler  
Table 1. Plants used in the project area

Latince Adı (Latin Name)	Türkçe Adı (Turkish Name)	Adet(Piece)
<i>Abelia grandiflora</i>	Güzellik çalısı	48
<i>Acer negundo</i>	Dişbudak yapraklı akçaağaç	24
<i>Acer palmatum 'Atropurpureum'</i>	Kırmızı yapraklı akçaağaç	3
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Beyaz çiçekli at kestanesi	1
<i>Berberis thunbergii 'Atropurpurea'</i>	Adi kadıntuzluğu	8
<i>Chanomeles japonica</i>	Bahar dalı	10
<i>Cupressus arizonica</i>	Arizona servisi	4
<i>Cydonia oblonga</i>	Ayva	8
<i>Forsythia intermedia</i>	Çin altın çanı	22
<i>Fraxinus exelsior</i>	Dişbudak	540
<i>Hydrangea macrophylla</i>	Ortanca	12
<i>Juniperus horizontalis</i>	Yayılcı ardıç	12
<i>Kerria japonica</i>	Kanarya gülü	8
<i>Laurus nobilis</i>	Defne	7
<i>Liriodendron tulipifera</i>	Lale ağacı	1
<i>Lonicera purpusii</i>	Hanımeli	15
<i>Malus floribunda</i>	Süs elması	10
<i>Morus alba</i>	Akdut	17
<i>Morus nigra</i>	Siyah dut	11
<i>Picea orientalis</i>	Doğu ladini	144
<i>Pittosporum tobira</i>	Yıldız çalısı	20
<i>Platanus orientalis</i>	Doğu çınarı	2
<i>Prunus ceracifera 'Pissardii nigra'</i>	Süs eriği	12
<i>Prunus cerasus</i>	Vişne	16
<i>Prunus domestica</i>	Erik	19
<i>Punica granatum</i>	Süs narı	12
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Yalancı akasya	3
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Biberiye	17
<i>Syringa vulgaris</i>	Leylak	50
<i>Tilia tomentosa</i>	Ihlamur	12
<i>Viburnum opulus</i>	Kartopu	59

## SONUÇ

Sulugöl Rekreasyon Alanı Peyzaj Tasarım Projesi'nde alan kullanımları, doğal çevrenin korunması ve bütüncül planlama anlayışıyla belirlenmiştir. Projede, alan potansiyellerinin sürdürülebilir kullanıma odaklanılmıştır.

Projenin uygulamaya geçirilmesi durumunda, kontrolsüz durumda iken çevresel ve sosyal yönden tehditlere açık olan alan sahip olduğu doğal ve kültürel özellikleriyle birlikte korunmuş olacaktır. Aynı zamanda kente alternatif bir rekreasyon alanı kazandırılacaktır. Koruma-kullanım anlayışına dayalı olarak doğal değerlerin korunmasına yönelik tasarımlar yapılmasıyla, Sulugöl ve çevresinin bugüne kadar yanlış ya da eksik kullanımına bağlı olarak gelişen tahribatların onarılması sağlanacaktır. Ekolojik denge gözeterek yapılan bitkisel tasarımlar

ile biyoçeşitlilik artırılarak diğer canlılar için de bir yaşam alanı oluşturulmuş olacaktır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## TEŞEKKÜR

Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü 2018-2019 eğitim-öğretim yılı bahar yarıyılı PEM 320 Peyzaj Tasarımı Proje IV dersi kapsamında üretilen projenin arazi ve stüdyo



çalışmalarında yardımcı olan Asım Cenk ASLAN, Ebrar KENDİRCİ, Furkan ÖCAL ve Şerife Sultan İBİŞ'e teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- Atıl A, Gülgün B, Yörük İ 2005. Sürdürülebilir Kentler ve Peyzaj Mimarlığı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42 (2): 215-226.
- Burmill S, Daniel TC, Hetherington JD 1999. Human Values and Perceptions of Water in Arid Landscapes. Landscape and Urban Planning, 44 (2-3): 99-109.
- Çorbacı ÖL, Özyavuz M, Yazgan ME 2011. Peyzaj Mimarlığında Suyun Akıllı Kullanımı: Xeriscape, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (1): 25-31.
- Chiesura A 2004. The Role of Urban Parks for the Sustainable City. Landscape and Urban Planning, 68: 129-138.
- Dean RG 1978. Effects of Vegetation on Shoreline Erosional Processes, Wetland Functions and Values: The State of Our Understanding. American Water Resources Association, 77 page.
- Dugan PJ 1990. Sulak Alanların Korunması: Güncel Konular ve Gerekli Çalışmalar Üzerine Bir İnceleme. Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul, 96 sy.
- Eliçalışkan M 2007. Tokat. Coğrafya Dünyası. <http://www.cografya.gen.tr/>. (Alınma Tarihi: 02.01.2020).
- Güney A, Hepcan Ş 1994. Akarsu-Göl Kıyılarında Erozyon ve Peyzaj Onarımı, Çevre Dergisi, 12: 41-44.
- Huang, SL 1998. A Study of People's Perception of Waterscapes in Built Environments. Doctor of Philosophy, Texas A & M University, Texas.
- İND 2020. İstanbul Niksarlılar Derneği, <https://niksarder.com/niksar-sulugol-koyu/>. (Alınma Tarihi: 10.01.2020).
- Kuşak B 2006. Su Kıyılarının Ekolojik Açından Değerlendirilmesi ve Restorasyonu. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 180 sy
- Niksar TSO 2017. 2017-2020 Stratejik Planı. Niksar Ticaret ve Sanayi Odası, Tokat, 47 sy.
- Rees T, May P 2002. Su Bahçeleri Tasarım Kitabı [Water Gardens Design Book]. Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul, 144 sy.
- Resmî Gazete 2019. Bisiklet Yolları Yönetmeliği. 12.12.2019 tarih ve 30976 sayılı Resmî Gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/12/20191212-1.htm>.
- Schroeder HW 1991. Preferences and Meaning of Arboretum Landscapes: Combining Quantitative and Qualitative Data. J. Environ. Psychol. 11: 231-248.
- Şahin, N 2013. Kurakçıl Peyzaj Düzenlemesinde Suyun Etkin ve Akıllı Kullanımı-Xeriscape. Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 75 sy.
- Tokat Valiliği 2019. Tokat Valiliği İnternet Sitesi. <http://www.tokat.gov.tr/tokatta-tarim-toprak-ve-turizm>. (Alınma Tarihi: 12.01.2020).
- Toprak Ö, Şahin H 2017. Niksar (Tokat) Yöresinin Jeodeğerleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 60 (1): 129-143.
- TÜİK 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi 2019 Sonuçları. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>.
- Ünal Ç 2004. Şehir Coğrafyası Açısından Tokat. Aktif Yayınevi, Erzurum, 184 sf.

## Sebze Tipi Sakız Fasulyesinde Tuza Toleranslı Genotiplerin Araştırılması

Sevim-AKÇURA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Çanakkale

<sup>1</sup>https://orcid.org/0000-0002-7699-748X

✉: sevimakcura@yahoo.com

### ÖZET

Bu çalışma, 24 adet sebze tipi sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba* [L.] Taub.) genotipinin çimlenme döneminde altı tuz konsantrasyonunda (kontrol, 6, 8, 10, 12 ve 15 dS m<sup>-1</sup>) tuzluluğa toleranslarını fide kuru ağırlıklarına göre belirlemek ve toleranslı genotipleri seçmek amacıyla yürütülmüştür. Sakız fasulyesinin kuru fide ağırlığı tuz uygulamalarından önemli derecede etkilenmiştir. Tuz uygulaması, genotip, tuz uygulaması x genotip interaksiyonu istatistiksel olarak önemli olmuştur (P<0.01). Farklı tuz konsantrasyonlarına göre genotipleri değerlendirmek amacıyla regresyon analizi ve GGE biplot analizi (tuz uygulamaları = çevre) yapılmıştır. GGE biplot analizi toplam varyasyonun %97'sini açıklamıştır. Her genotipe ait oluşturulan regresyon grafikleri ile GGE biplot grafiklerinde genotiplerin konumları birbiriyle uyumlu olmuştur. Kontrol uygulamasında yüksek ağırlığa sahip olan ve tuz uygulamalarına göre ağırlığı daha az değişen G19, G11 ve G4 genotipleri pozitif PC1 ve PC2 değerleri ile tuzluluğa en dayanıklı genotipler olarak belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında yüksek kuru ağırlığa sahip olan ancak, tuz uygulamalarıyla ağırlık azalma oranı en fazla olan G12 ve G20 genotiplerine ait PC2 değerleride düşük gerçekleşmiştir. Kontrol uygulamasında düşük ağırlığa sahip olan ve tuz uygulamalarından yüksek oranda olumsuz olarak etkilenen G21 ve G22 genotipleri tuzluluğa en hassas genotipler olarak belirlenmiştir. GGE biplot yönteminde genotip seleksiyonu için kullanılan ortalama eksene göre tuzluluk eşik değeri 10 dS m<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Tuzluluğa dayanıklı genotipleri belirlemek amacıyla yürütülecek araştırmalarda, regresyon analizi ile GGE biplot analizinin birlikte kullanılması araştırmacıların daha başarılı seleksiyon yapmasını sağlayacaktır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 26.04.2020

Kabul Tarihi : 30.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

Sakız fasulyesi  
Tuza dayanıklılık  
Fide kuru ağırlığı  
GGE biplot

## Investigation of Salt Tolerant Genotypes in Edible Cluster Bean

### ABSTRACT

This study was conducted to determine salinity tolerances at six salt concentrations (control, 6, 8, 10, 12, and 15 dS m<sup>-1</sup>) in the germination period of 24 vegetable type cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* [L.] Taub.) genotypes and to select tolerant genotypes. The dry seedling weight of the gum beans was significantly affected by salt applications. Salt application, genotype, salt application x genotype interaction was significant (P < 0.01). Regression analysis and GGE biplot analysis (salt application = environment) were performed to select genotypes for different salt concentrations. GGE biplot analysis explained 97% of the total variation. Regression graphs created for each genotype and the positions of genotypes in GGE biplot were compatible with each other. G19, G11, and G4 genotypes, which have a high weight in the control application and whose weight varies less with the salt applications, have been identified as the most saline resistant genotypes with positive PC1 and PC2 values. PC2 values of G12 and G20 genotypes, which have high dry weight in control application but have the highest weight reduction rate with salt applications, were also low. G21 and G22 genotypes, which have a

### Research Article

#### Article History

Received : 26.04.2020

Accepted : 30.06.2020

#### Keywords

Edible cluster bean  
Salt resistance  
Seedling dry weight  
GGE biplot

small weight in the control application and are profoundly affected by salt applications, have been identified as the most susceptible to salinity. In the GGE biplot method, the salinity threshold value was determined as 10 dS m<sup>-1</sup> according to the average axis used for genotype selection. Using regression analysis and GGE biplot analysis together with researches to determine salinity resistant genotypes will enable researchers to make more successful selections.

**Atf İçin:** Akçura S 2021. Sebze Tipi Sakız Fasulyesinde Tuza Toleranslı Genotiplerin Araştırılması. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 99-107. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.727318>.

**To Cite:** Akçura S 2021. Investigation of Salt Tolerant Genotypes in Edible Cluster Bean. KSU J. Agric Nat 24 (1): 99-107. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.727318>.

## GİRİŞ

Tarımsal üretimde tuzluluk problemi iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Birincisi toprak tuzluğu, ikincisi ise sulama suyu tuzluluğudur. Uzun vadede tuzluluk tarımsal üretimde bitki verimliliği ile tarım yapılabilen arazi miktarını azalttığı için küresel bir sorundur (Scagel ve ark., 2019). Tarımsal üretim açısından tuzlu topraklar EC değeri 4 dS m<sup>-1</sup> üzerinde olan topraklar olarak tanımlanmaktadır (Khalid ve Shedeed, 2014). Tarımı kısıtlayan tuzluluk probleminde, toprakların tarımsal üretime uygun şekilde ıslah edilmesi ile tuzluluk problemi olan ve tarımsal açıdan kullanılması zorunlu olan sulama suyunun tarıma uygun hale getirilmesi oldukça pahalı bir yoldur. Ancak hem sulama suyu tuzluluğu hemde toprak tuzluluğuna dayanıklı çeşit geliştirilmesi sürdürülebilir tarım açısından en uygun yöntemdir (Flowers, 2004). Fakat bu tür koşullar için yürütülen ıslah çalışmalarının her zaman arazi koşullarında yürütülme imkânı yoktur. Bu nedenle tarımı yapılan bitkilerde hem toprak hem de sulama suyu tuzluluğuna dayanıklılık ıslah çalışmaları genellikle laboratuvar koşullarında EC iletkenliği ile ayarlanmış tuzlu sulama suyu ile çimlenme aşamasında yapılmaktadır (Datta ve Dayal, 1988).

Tuzlu koşullara bitkilerin uyum sağlamasında en önemli faktör tohumun çimlenerek sağlıklı bir fide oluşturmasıdır. Sodyum klorür ile yürütülen bir çalışmada tuzluluk stresinin, çimlenmeyi önleyen veya geciktiren çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal bozukluklara neden olduğu bildirilmiştir (Rehman ve ark., 1996). Ayrıca, tuzun tohumların sağlıklı fide oluşturmasını çimlenme yüzdesinden daha fazla etkileyebileceğini gösteren çalışma sonuçları da vardır (Lovato ve ark., 1994).

Bitkilerin sulama suyu ve toprak tuzluluğuna karşı en hassas olduğu dönem çimlenme ve çıkış dönemidir. Çimlenerek sağlıklı fide oluşturan bitkilerin tolere edebildiği tuzluluk dereceleri çimlenme aşamasındaki bitkilerden daha yüksektir (Datta ve Dayal, 1988; El-Gamal, 2000).

Sakız fasulyesi tarla bitkileri içerisinde çok farklı kullanım alanına sahip ender bitkilerden birisidir. Bir çalışmada kâğıt üretiminden dondurma sanayisine kadar kullanılan 25 farklı kullanım alanı olduğu

bildirilmiştir (Douglas, 2005). Değerli bir bitki olmasından dolayı, farklı çevrelerde sakız fasulyesinin yetiştiriciliği konusunda araştırmalar yürütülmektedir (Akçura ve ark., 2019). Sakız fasulyesi tarımı yapılan baklagiller içerisinde tuzluluğa en dayanıklı bitkilerden birisi olarak kabul edilir (Deepika ve Dhingra, 2014). Birçok çalışmada farklı sakız fasulyesi genotipleri tarla ve laboratuvar koşullarında tuz toleransı açısından test edilmiş, bu çalışmalarda toleranslı genotipler belirlenmiştir (Vinizky ve Ray, 1988; Rosas ve ark., 1996; Deepika ve Dhingra, 2014; Iqbal, 2015; AlShameri ve ark., 2019; Jahan ve ark., 2019). Özellikle genotip sayısının yüksek olduğu durumlarda araştırmacılar çok sayıda genotipi tuzluluğa karşı kısa sürede değerlendirmek istediği zaman çimlenme döneminde çalışma yapmayı tercih etmektedir. Sakız fasulyesi genotiplerinin 200 mM NaCl çözeltisinde çimlenme döneminde tuzluluğa dayanıklılığını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, kontrol uygulamasında %90.3 olan çimlenme oranının, tuz çözeltisi uygulamasında %7.7'ye düştüğü, tuzlu ortamda çimlenme oranı yüksek genotiplerin tuzluluğa dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Teolis ve ark., 2009). Çimlenme döneminde sakız fasulyesinde tuzluluğa dayanıklı genotipleri belirlemek amacıyla yürütülen araştırmalarda 8 dS m<sup>-1</sup> (Akçaman ve ark., 2017) ve 8.8 dS m<sup>-1</sup> etkilenme eşik seviye olarak belirlenmiştir (Francois ve ark., 1990; Teolis ve ark., 2009).

Regresyon analizi tuzluluğa dayanıklı genotipleri değerlendirmek amacıyla farklı bitkilerde kullanılmıştır (Kandil ve ark., 2012; Güldüren ve Elkoca, 2012; Habtamu ve ark., 2013; Lavrenko ve ark., 2019). GGE biplot analizi temelde çok farklı çevrede kurulan denemelerde incelenen kantitatif özellikleri kullanarak, hangi genotipin hangi çevreye daha iyi uyum sağladığı ve hangi çevrenin genotip seleksiyonunda daha etkili olduğu v.b. hipotezleri test etmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Akçura ve ark., 2019). Bu çalışmada tuz uygulamaları çevre olarak kullanılmış, GGE biplot yöntemi ile genotiplerin tuza dayanıklılıkları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, 23 adet sebze tipi sakız fasulyesi hattı ile Samen çeşidinin fide kuru ağırlığına göre sulama suyu tuzluluğuna tepkileri altı farklı tuz

uygulamasında [Kontrol (0.5), 6, 8, 10, 12 ve 15 dS m<sup>-1</sup>] test edilmiştir. Stres tolerans indeksi (STI) değerlerini kullanarak, regresyon analizi ve GGE biplot yöntemi ile sulama suyu tuzluluğuna toleranslı genotipler belirlenmiştir.

### MATERYAL ve METOT

Çalışmada, materyal olarak kullanılan hatlar Hindistan ve Pakistan'dan temin edilen yerel sakız fasulyesi popülasyonlarından teksel seleksiyon yöntemi (G1-G23 arası olanlar) ile Çanakkale koşullarında geliştirilmiştir. Bu hatların yanında kontrol olarak Pakistan orijinli Samen çeşidi kullanılmış, deneme toplam 24 adet genotip ile kurulmuştur. Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Doğal sulama sularında en yaygın bulunan katyonlar Ca, Mg ve Na'dır. Bazen de az miktarda potasyum bulunabilmektedir. Bu durum dikkate alınarak sulama suları söz konusu tuzlar kullanılarak hazırlanmıştır. Sulama sularının hazırlanmasında Sodyum Adsorbsion Oranının (SAR) 3'den küçük olması sağlanmış ve bu nedenle farklı tuz kaynakları (NaCl, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>) kullanılmıştır. Sulama sularının ECi değerleri kontrol konusuna (0.5 dS m<sup>-1</sup>) ilave olarak beş farklı seviyede (6, 8, 10, 12 ve 15 dS m<sup>-1</sup>) ayarlanmıştır. Hazırlanan tüm tuz çözeltilerin EC'leri ve pH'ları EC metre ve pH metre ile kontrol edilmiş ve izlenmiştir.

Deneme 25±1 °C sıcaklıkta, 16 aydınlık ve 8 saat karanlık koşullarda laboratuvar şartlarında yürütülmüştür. Denemede her genotipten 10 [her uygulama için 3 tekerrür 30 tohum (3x10)] adet tohum, içerisinde Whatman No.1 fitre kâğıdı bulunan petri kaplarına (9 cm çapında) yerleştirilmiştir (Atak ve ark., 2006). Petri kapları içerisine 15 ml farklı tuz yoğunluğuna sahip sulama suları konulmuş ve evaporasyonu önlemek için parafilm ile kaplanmıştır. Tohumlar petri kaplarında 7 gün laboratuvar ortamında tutularak her gün çimlenen tohumlar sayılmıştır. Gözlemler her gün aynı saatte yapılarak en az 1'er mm uzunluğunda 1 adet sapçık ile 3 adet kökçük çıkartan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Her petri kabında çimlenen tohumlar oranlama yapılarak yüzdeye çevrilmiştir. Üçüncü günde çimlenenlerin oranı çimlenme oranı, 7. günde çimlenenlerin oranı ise çimlenme gücü olarak kabul edilmiştir.

Fide kuru ağırlıkları 7. gün sonunda her petriden elde edilen fidelerin 70°C de 48 saat etüvde kurutulmasından sonra 0.00001 g hassasiyetli terazide tartılarak belirlenmiştir (Okçu ve ark., 2005; Kökten ve ark., 2010). Kuru ağırlığa göre oluşturulan STI değerleri ise her konsantrasyon için Rasheed ve ark., (2015) tarafından belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler öncelikle her konsantrasyon için ayrı varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Daha sonra ise genotip x tuz konsantrasyonu interaksiyonlarını açıklamak için birleştirilmiş varyans analizi, regresyon analizi ve GGE biplot analizleri yapılmıştır.

Biplot analizi temel bileşenler analizi ile elde edilen matrislerin (toplam varyasyonu açıklama oranına bağlı olarak) grafiksel olarak gösterimidir (Gabriel, 1971). Bu nedenle eksenler PC1 ve PC2 olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada GGE biplot analizinde, genotiplerin PC1 > 0.0 değerleri tüm tuz uygulamalarında yüksek fide kuru ağırlığını ve tuz uygulamalarına toleransı, genotiplerin PC1 < 0.0 değerleri ise düşük fide kuru ağırlığını ve tuz uygulamalarına hassasiyetini açıklamaktadır. Genotiplerin PC2 değerlerinin 0.0'a yakın olması tuz uygulamalarında stabil olduğunu, PC2 değerlerinin mutlak değerinin büyük olması ise genotiplerin tuz uygulamalarına vermiş olduğu tepkilerinin kararsız olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, tuz uygulamalarının vektörel uzunlukları ile ortalama tuz konsantrasyonuna göre konumları ise, genotip seleksiyonu ve kritik tuza tolerans seviyesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada, GGE biplot yönteminde kontrol uygulaması dahil her uygulama bir çevre olarak kabul edilmiştir. Tuz konsantrasyonları çevre olarak kabul edildiği için hangi tuz konsantrasyonunda hangi genotipin daha iyi olduğu, tüm tuz konsantrasyonlarında hangi genotiplerin toleranslı olduğu, hangi tuz konsantrasyonunun genotip seleksiyonu için daha iyi olduğu, tuz konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin nasıl olduğu, hangi genotiplerin tuz uygulamalarında hassas olduğunu tespit etmek için biplotlar oluşturulmuştur. Varyans analizleri ve regresyon analizleri SAS JMP programında (SAS Institute, 2004), Biplot analizleri ise GGE-biplot (Yan, 2014) programında yapılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Genotiplerin fide kuru ağırlıkları uygulanan sulama suyu tuz seviyelerine bağlı olarak farklı seviyelerde etkilenmişlerdir. Tuz uygulaması, genotip, tuz uygulaması x genotip interaksiyonu istatistiksel olarak önemli olmuştur (P<0.01). Tuz uygulamasına bağlı olarak fide ağırlıkları 0 dS m<sup>-1</sup> seviyesinden 15 dS m<sup>-1</sup> seviyesine doğru giderek azalmıştır (Çizelge 1, Şekil 1).

Beklenildiği gibi en yüksek fide kuru ağırlığı ortalaması 0.344 g olarak kontrol uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek fide kuru ağırlığına 0.400 g G4 sahip olurken bu genotipi 0.385 g ile G20, 0.381 g ile G2 takip etmiştir. Kontrol uygulamasında en düşük fide ağırlığına G21 (0.250 g) genotipi sahip olurken, bu genotipi G22 (0.254 g) ve G23 (0.289 g) genotipleri takip etmiştir. 6 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamasında,



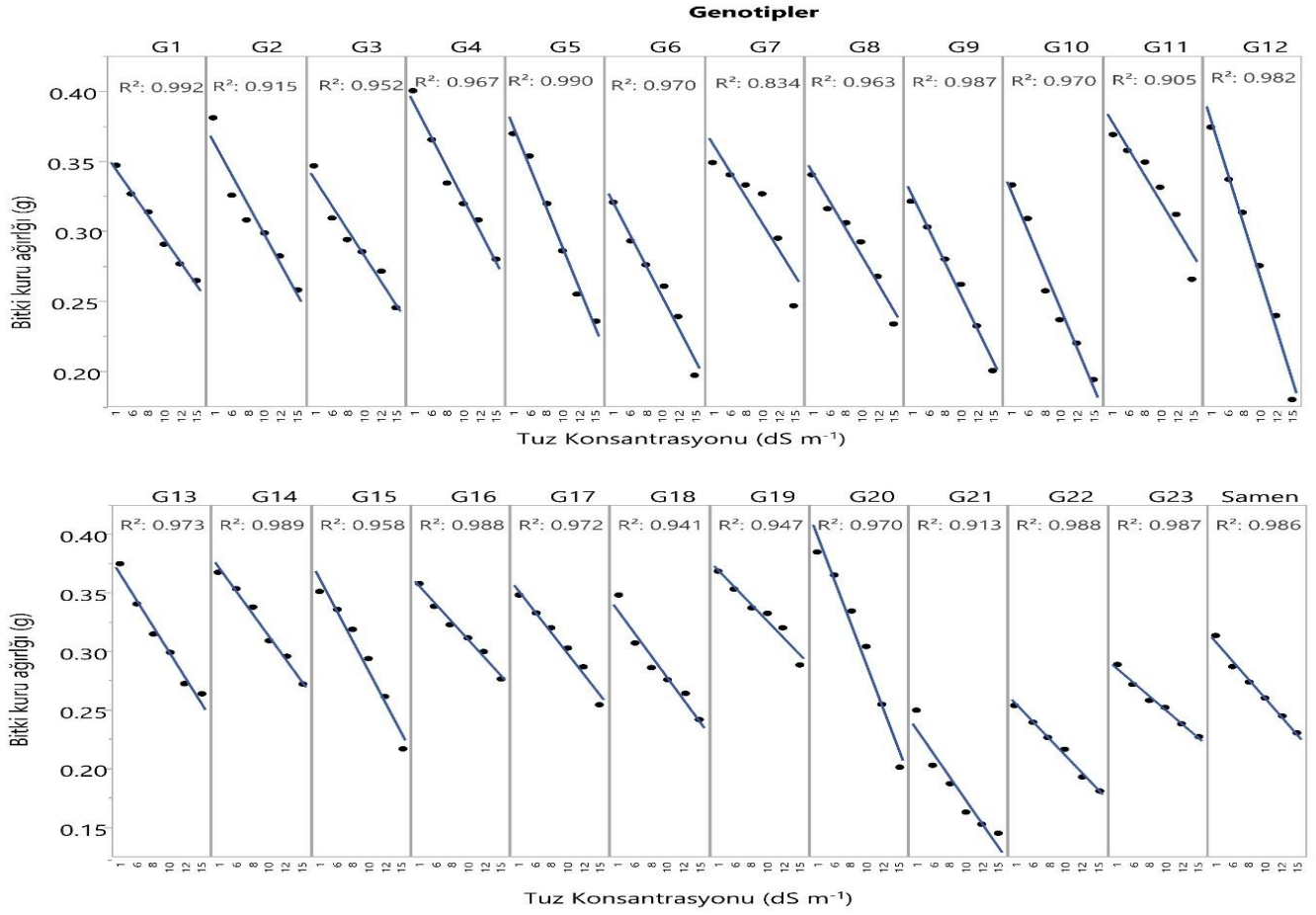
genotiplerin fide kuru ağırlığı ortalaması 0.319 g tespit edilmiştir. Bu tuz uygulamasında en yüksek fide kuru ağırlığı G4 ve G20 genotipinde 0.365 g olarak, en düşük fide kuru ağırlığı 0.203 g olarak (G21) tespit edilmiştir. 8 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamasında genotiplerin fide kuru ağırlığı ortalaması 0.300 g olarak belirlenmiştir. En yüksek fide kuru ağırlığına G11 genotipi 0.349 g ile sahip olmuştur. Bu genotip 0.338 g ile G14 takip etmiştir. En düşük fide ağırlığına ise 0.187 g ile G21 ve 0.226 ile G33 genotipleri sahip olmuştur. 10 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamasında genotiplerin

fide kuru ağırlığı ortalaması 0.283 g olarak gerçekleşmiştir. En yüksek fide kuru ağırlığına 0.332 g ile G19 sahip olurken, bu genotipi 0.331 g ile G11 takip etmiştir. Bu tuz uygulamasında en düşük fide ağırlığına ise 0.163 g ile G21 ve 0.216 g ile G22 genotipleri takip etmiştir. 12 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamasında genotiplerin fide kuru ağırlığı ortalaması 0.262 g olarak belirlenmiştir. En yüksek fide kuru ağırlığına G19 (0.320 g), en düşük fide ağırlığına ise G21 (0.152 g) sahip olmuştur.

Çizelge 1. Genotiplerin uygulanan sulama suyu tuzluluğuna göre kuru bitki ağırlıkları ve stres tolerans indeksleri  
Table 1. Dry plant weights and stress tolerance indexes according to irrigation water salinity applications of genotypes

Genotipler (Genotypes)	Tuz Konsantrasyonları (dS m <sup>-1</sup> ) (Salt Concentrations)(dS m <sup>-1</sup> )						Stres Tolerans İndeksi (Stress Tolerance Index)				
	0.5	6	8	10	12	15	6	8	10	12	15
G1	0.347	0.327	0.314	0.291	0.277	0.265	0.941	0.904	0.838	0.797	0.763
G2	0.381	0.326	0.308	0.299	0.282	0.258	0.855	0.808	0.784	0.741	0.677
G3	0.347	0.309	0.294	0.285	0.271	0.245	0.892	0.848	0.823	0.783	0.708
G4	0.400	0.365	0.334	0.320	0.308	0.280	0.913	0.835	0.799	0.769	0.699
G5	0.370	0.354	0.320	0.286	0.255	0.236	0.957	0.865	0.774	0.690	0.638
G6	0.321	0.293	0.276	0.261	0.239	0.197	0.914	0.861	0.813	0.745	0.614
G7	0.349	0.340	0.333	0.327	0.295	0.247	0.975	0.954	0.936	0.845	0.707
G8	0.340	0.316	0.306	0.292	0.268	0.234	0.929	0.899	0.859	0.786	0.687
G9	0.321	0.303	0.280	0.262	0.232	0.200	0.943	0.871	0.815	0.723	0.623
G10	0.333	0.309	0.257	0.237	0.220	0.194	0.928	0.773	0.711	0.661	0.583
G11	0.369	0.358	0.349	0.331	0.312	0.266	0.969	0.947	0.898	0.846	0.720
G12	0.374	0.337	0.313	0.275	0.240	0.180	0.900	0.837	0.736	0.640	0.480
G13	0.375	0.340	0.315	0.299	0.272	0.264	0.908	0.840	0.798	0.727	0.704
G14	0.367	0.353	0.338	0.309	0.296	0.272	0.962	0.919	0.841	0.805	0.740
G15	0.351	0.336	0.319	0.294	0.261	0.217	0.956	0.908	0.837	0.745	0.617
G16	0.358	0.338	0.323	0.311	0.300	0.276	0.946	0.902	0.870	0.838	0.773
G17	0.348	0.333	0.320	0.303	0.287	0.254	0.956	0.920	0.870	0.824	0.731
G18	0.348	0.307	0.286	0.276	0.264	0.242	0.882	0.822	0.792	0.759	0.694
G19	0.368	0.353	0.337	0.332	0.320	0.288	0.958	0.915	0.902	0.869	0.783
G20	0.385	0.365	0.334	0.304	0.255	0.201	0.949	0.869	0.790	0.662	0.523
G21	0.250	0.203	0.187	0.163	0.152	0.145	0.812	0.749	0.652	0.610	0.579
G22	0.254	0.239	0.226	0.216	0.193	0.181	0.943	0.892	0.853	0.760	0.712
G23	0.289	0.272	0.258	0.252	0.238	0.227	0.941	0.894	0.873	0.824	0.786
Samen	0.313	0.287	0.274	0.260	0.245	0.230	0.916	0.873	0.830	0.781	0.735
LSD	0.031	0.012	0.023	0.033	0.027	0.041					
Ortalama (Mean)	0.344	0.319	0.300	0.283	0.262	0.233					
En Yüksek (Max.)	0.400	0.365	0.349	0.332	0.32	0.288					
En Küçük (Min.)	0.250	0.203	0.187	0.163	0.152	0.145					
Genotip	**	**	**	**	**	**					
CV	3.98	5.45	5.84	2.81	3.53	7.79					
R <sup>2</sup>	0.91	0.97	0.97	0.97	0.96	0.86					

\*\* : P < 0.01, LSD: En Düşük Önemli Fark (Least Significant Difference), CV: Varyasyon Katsayısı (Coefficient of Variation), R<sup>2</sup>: Belirtme Katsayısı (Coefficient of Regression)



Şekil 1. Genotiplerin uygulanan sulama suyu tuzluluğuna göre kuru ağırlıklarının değişimleri  
Figure 1. Changes of dry weights of genotypes according to irrigation water salinity applications

15 dS m<sup>-1</sup> tuz uygulamasında genotiplerin fide kuru ağırlığı ortalaması 0.233 g olarak belirlenmiştir. En yüksek fide kuru ağırlığına G19 genotipi 0.288 g ile sahip olmuştur. Bu tuz uygulamasında en düşük fide ağırlığı 0.145 g ile G21 genotipinde tespit edilmiştir (Çizelge 1).

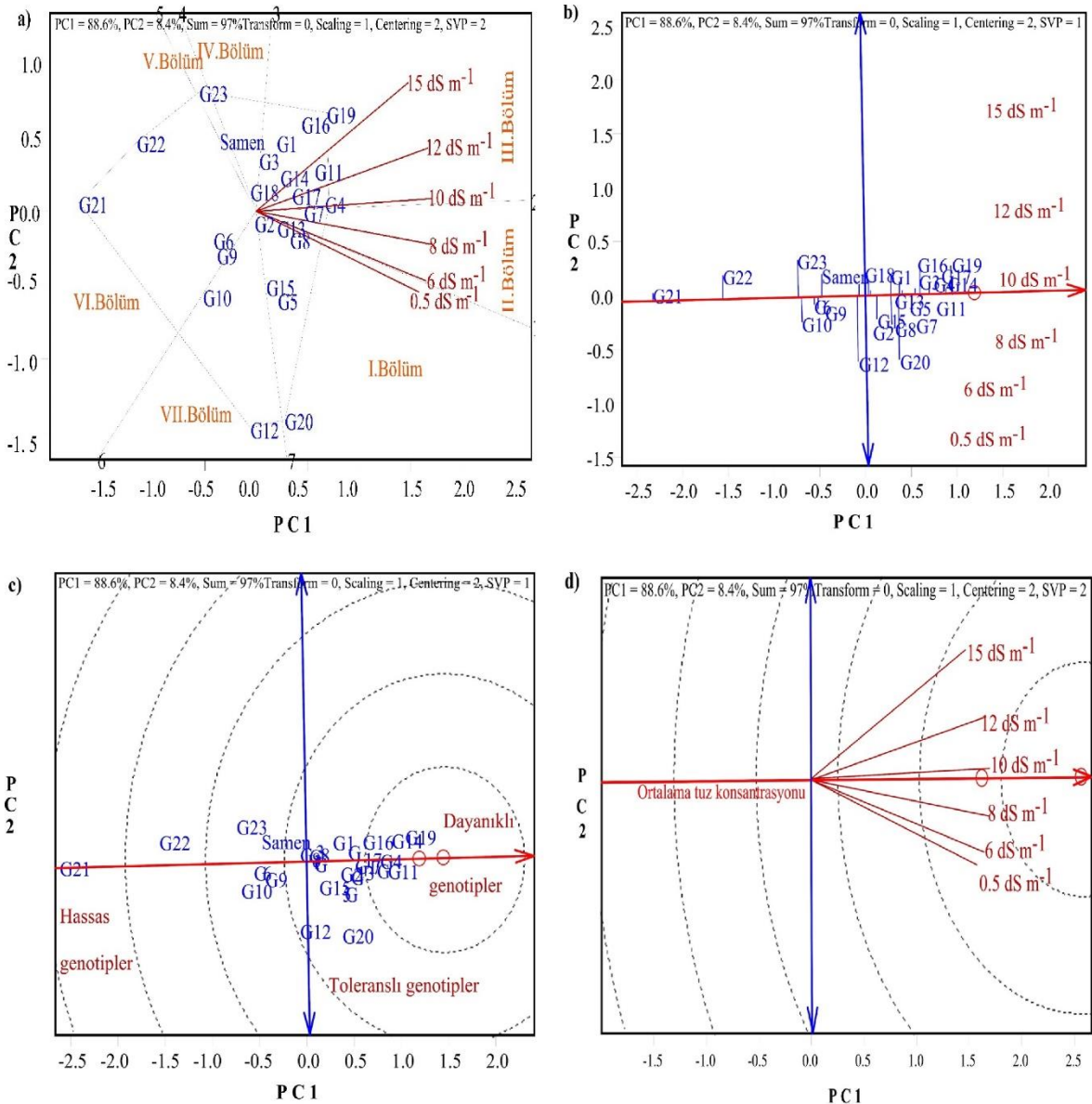
Özellikle abiyotik stres koşullarına toleranslı genotiplerin belirlenmesinde en yaygın kullanılan parametrelerden birisi STI'dir. STI'de kontrol uygulamasına göre stres uygulamalarında genotiplerin incelenen özelliklerindeki azalmalar kullanılmakta, STI değerleri yüksek olan genotipler toleranslı kabul edilmektedir (Akçura ve ark., 2011; Rasheed ve ark., 2015). Genotiplerin tuz uygulamalarına bağlı olarak oluşturulan STI değerleri Çizelge 1'de, regresyon grafikleri ise Şekil 1'de verilmiştir.

Beklenildiği gibi, 6 dS m<sup>-1</sup> ECi değerinden 15 dS m<sup>-1</sup> ECi değerine doğru genotiplerin STI değerleri azalmıştır. Birinci tuz uygulamasında (6 dS m<sup>-1</sup>) STI değerleri G2, G3, G18 ve G21 genotipleri hariç diğer genotiplerde 0.90'nın üzerinde olmuştur. Genotiplerin STI değerlerinin tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak değişim seyri ile regresyon grafiklerinin seyri benzer olmuştur. Tuz stresine bağlı olarak (6 dS m<sup>-1</sup>'den 15

dS m<sup>-1</sup> 'e doğru) en yüksek STI değerlerine genellikle G11, G4 ve G19 genotipleri sahip olmuştur. Tuz uygulamalarına bağlı olarak en fazla kuru ağırlık azalması G12 ve G20 genotiplerinde gerçekleşmiştir. Söz konusu genotipler en üst tuz uygulaması olan 15 dS m<sup>-1</sup> konsantrasyonunda en düşük STI değerlerine sırasıyla 0.480 ve 0.523 olarak sahip olmuştur. G21 ve G22 genotiplerinde ise regresyon doğruları en az değişim göstermiştir. Ancak, bu genotiplerin kontrol uygulamasındaki kuru ağırlık değerleri çok düşük olduğu için genotipler arasında en son sırada yer almışlardır (Şekil 1). Bu çalışmada olduğu gibi çok sayıda genotip ile yürütülen çalışmalarda, tuzluluğa tolerans açısından çimlenmedeki genotipik farklılıklar dayanıklılığın belirlenmesinde oldukça önemlidir (Saxena ve ark., 1994). Bu nedenle petride tuzlu ortamda tohumların çimlenmesi, tuzluluğa dayanıklılığı hızlı bir şekilde belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Jana ve Slinkard, 1976). Farklı tuz solüsyonları içeren petri kutuları kullanılarak fasulye (Goertz ve Coons, 1989; Güvenç ve Kantar, 1996; Elkoca, 1997), sorgum (Esechie, 1994), ekmeçlik buğday (Kırtok ve ark., 1994) ve farklı sebze türlerinin (Cucci ve ark., 1994) tuzluluğa toleransları test edilmiş, kısa sürede dayanıklı tür ve çeşitler belirlenmiştir.

Bitkilerde olumsuz şartlara adaptasyon yönünden en önemli özelliklerden birisi güçlü bir fideye sahip olmasıdır (Akram ve ark., 2010). Hızlı ve düzgün tohum çimlenmesi ve erken fide büyümesi, tuzlu topraklarda bitkisel üretim için hayati öneme sahiptir (Foolad, 2004; Ashraf ve ark., 2008). Sakız fasulyesi yetiştiriciliğinde bitkinin olumsuz şartlara en hassas olduğu dönem çıkış ve erken fide dönemidir (Ashraf ve Lin, 1994). Genotiplerin farklı koşullara adaptasyonunu görsel olarak en iyi değerlendirmeyi sağlayan yöntemlerden birisi GGE biplot yöntemidir. Bu nedenle Sakız fasulyesi genotiplerinin tuz

uygulamalarına tolerans düzeylerini görsel olarak değerlendirmek için GGE biplot analiz yöntemi kullanılmıştır. Hangi genotipin hangi tuz konsantrasyonunda en yüksek kuru fide ağırlığına sahip olduğunu yada hangi genotipin hangi tuz uygulamasını en iyi tolere ettiğini belirlemek için oluşturulan biplot Şekil 2a'da verilmiştir. Biplot üzerinde yedi bölüm oluşmuştur. Tuz konsantrasyonları birinci, ikinci ve üçüncü bölümlerde yer almıştır. Kontrol uygulaması ( $0.5 \text{ dS m}^{-1}$ ) birinci,  $6.0$  ve  $8.0 \text{ dS m}^{-1}$  uygulaması ikinci,  $10.0$ ,  $12.0$  ve  $15.0 \text{ dS m}^{-1}$  uygulamaları üçüncü bölümde yer almıştır.



Şekil 2. Kuru fide ağırlıklarının genotip x tuz konsantrasyonu etkileşimi GGE biplot grafikleri (a: poligon, b: ortalama sulama suyu tuz konsantrasyonuna göre genotip stabilitesi, c: En dayanıklı genotip, d: En uygun tuz konsantrasyonu)

Figure 2. Genotype x salt concentration interaction of dry plant weights GGE biplots (a: polygon, b: genotype stability relative to the axis relative to the average irrigation water salt concentration, c: The most resistant genotype, d: Optimum salt concentration)

Genotiplerin PC1 eksen değerleri tuza tolerans düzeyine bağlı olarak artmıştır. En yüksek fide kuru ağırlığına sahip olan aynı zamanda üçüncü bölgede köşegen olarak yer alan G4, G19 ve G11 nolu genotipler en yüksek PC1 eksen değerine sahip olmuşlardır. PC2 eksen değerlerinde ise 0.0'a yakın olan genotipler genellikle toleranslı olmuştur. GGE biplot grafiğinde tuz konsantrasyonları arasındaki ilişkilerde görsel olarak yorumlanabilir. Vektör açılarının kosinüs değeri yaklaşık olarak iki vektörde yer alan tuz dozu arasındaki korelasyonu ifade etmektedir (Yan, 2014). Beklenildiği gibi 0.5 dS m<sup>-1</sup> seviyesinden 15 dS m<sup>-1</sup> seviyesine doğru gidildikçe, vektörler arasındaki açı genişlemiştir. En dar açı, 0 ile 6 dS m<sup>-1</sup> seviyesinde, en geniş açı ise 12 ile 15 dS m<sup>-1</sup> seviyeleri arasında gerçekleşmiştir.

Genotiplerin tüm tuz uygulamalarına vermiş olduğu tepkilerini değerlendirmek amacıyla oluşturulan Biplot Şekil 2b'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tüm tuz uygulamalarında ortalama yüksek değerlere sahip, ortalama tolerans eksenine en yakın olan ve pozitif PC1 değerlerine sahip olan genotipler G11, G4, ve G19 nolu genotiplerdir. Bu genotipler aynı zamanda tuza dayanıklılığı gruplamak amacıyla oluşturulan biplot üzerinde dayanıklı genotip bölgesinde yer almışlardır (Şekil 2c). Hangi tuz konsantrasyonunun genotip seleksiyonunda daha etkili olduğunu belirlemek amacıyla oluşturulan biplot Şekil 2d'de verilmiştir. EC<sub>i</sub> değeri arttıkça genotiplerin kuru ağırlıkları da azalmıştır. Sakız fasulyesi genotiplerinin 0.0 ve 6 dS m<sup>-1</sup> dozundaki kuru ağırlık değişimleri benzer olmuştur. Özellikle 8, 10, 12 dS m<sup>-1</sup> seviyelerinde genotiplerin kuru fide ağırlıklarında azalmalar tespit edilmiş olsa da genel olarak bu üç seviyedeki reaksiyonlar birbirine benzemiştir. Söz konusu üç konsantrasyon arasında 10 dS m<sup>-1</sup> EC<sub>i</sub> seviyesi en etkin genotip seleksiyonunu sağlayan, teorik olarak hesaplanan ideal seleksiyon bölgesine oldukça yakın konumda yer almıştır. Bu durumda sakız fasulyesinde geniş adaptasyon yeteneğine sahip genotip seleksiyonunda bu üç EC<sub>i</sub> seviyesinin göz önünde bulundurulması, sebze tipi sakız fasulyesinde 10 dS m<sup>-1</sup> değerinin eşik değeri olarak kabul edilmesi seleksiyon etkinliğini artıracaktır. Sakız fasulyesinde yürütülen farklı araştırmalarda 8.8 dS m<sup>-1</sup> seviyesinin dayanıklı genotip seçiminde kullanılabileceği bildirilmiştir (Francois et al., 1990; Teolis et al., 2009).

GGE biplot yöntemi, bitki ıslahçıları tarafından farklı çevrelerde kurulan bölge verim denemelerinde ortaya çıkan genotip x çevre etkileşimlerini açıklamak, farklı çevreler için genotip seleksiyonunu yapmak amacıyla geliştirilen bir yöntemdir (Yan, 2014). Regresyon analizi ise stres koşullarına toleransın belirlenmesi amacıyla yaygın kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, regresyon grafikleri ile GGE biplot grafikleri genotip seçimini kolaylaştırmıştır.

Özellikle regresyon grafiklerinde tuz uygulamalarına bağlı olarak en yüksek ve en düşük fide ağırlıkları arasındaki farklılığın yüksek olduğu genotipler (G12 ve G20) biplot analizinde düşük PC2 değerlerine sahip olmuştur. GGE biplot yönteminde tuz konsantrasyonları çevre olarak kabul edildiği için hangi tuz konsantrasyonunda hangi genotipin daha iyi olduğu, tüm tuz konsantrasyonlarında hangi genotiplerin toleranslı olduğu, hangi tuz konsantrasyonunun genotip seleksiyonu için daha iyi olduğu, tuz konsantrasyonları arasındaki ilişkilerin nasıl olduğu, hangi genotiplerin tuz uygulamalarında hassas olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlendirmeler bu araştırmanın temel amacı olan tuza dayanıklı sakız fasulyesi genotiplerinin kolaylıkla seçimini sağlamıştır.

GGE biplot yönteminde tuz konsantrasyonlarının tamamı pozitif PC1 değerlerine sahip olmuştur. Ancak, kontrol uygulaması (0.5 dS m<sup>-1</sup>) ile 6 ve 8 dS m<sup>-1</sup> konsantrasyonları negatif PC2, diğer uygulamalar ise pozitif PC2 değerlerine sahip olmuştur. Özellikle 10 dS m<sup>-1</sup>'den sonra genotiplerin kuru ağırlıklarındaki değişimin hızlı bir şekilde düşmesine bağlı olarak PC2 değerlerinde önemli değişimler gerçekleşmiştir. Genel olarak değerlendirme yapıldığı zaman PC1 değerleri bakımından tuz konsantrasyonları arasında belirli bir farklılık gözlenmemiş iken, PC2 değerleri bakımından önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla tuz konsantrasyonu bakımından genotip seleksiyonunda PC2 eksen PC1 ekseninden daha etkin bir şekilde genotip seleksiyonunu sağlamıştır.

Sonuç olarak, hem regresyon hemde GGE biplot grafiklerine göre G19, G14 ve G11 nolu genotipler en dayanıklı genotipler olarak belirlenmiştir. Buna ilave olarak G2, G7, G14, G16 ve G17 hatları ise toleranslı genotipler olarak tespit edilmiştir. Sebze tipi sakız fasulyesinde geniş adaptasyon yeteneğine sahip ve tuza toleranslı olan genotiplerin seçilmesi için 10 dS m<sup>-1</sup> EC<sub>i</sub> değerinin seleksiyon amacıyla kullanılmasının yararlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Başta sulama suyu tuzluluğuna dayanıklılık olmak üzere farklı abiyotik stres koşullarına dayanıklı genotiplerin seleksiyonunda varyans analizine ilave olarak regresyon ve GGE biplot yönteminin kullanılması araştırmacıların genotip seleksiyonlarını etkin bir şekilde yapmasını sağlayacaktır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.



## KAYNAKLAR

- Akçaman N, Taş I, Coşkun Y 2017. Farklı Sulama Suyu Tuzluluk Seviyelerinin Sakız Fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba*)'nin Çimlenmesi Üzerine Etkileri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(2): 130-137.
- Akçura M, Turan V, Kokten K, Kaplan M 2019. Fatty acid and Some Micro Element Compositions of Cluster Bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) Genotype Seeds Growing Under Mediterranean Climate. Industrial Crops and Products, 128: 140-146.
- Akçura M, Partigoç F, Kaya Y 2011. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in Turkish bread wheat landraces. Journal of Animal and Plant Sciences, 21(4): 700-709.
- Akram M, Ashraf MY, Ahmad R, Waraich EA, Iqbal J, Mohsan M 2010. Screening for Salt Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) Hybrids at an Early Seedling Stage. Pakistan. Journal of Botany, 42(1): 141-154.
- AlShameri AF, Al-Qurainy S, Khan Nadeem M, Abdel-Rhman Gaafar A, Alameri M, Tarroum Alansi S, Ashraf M 2019. Morpho-physiological Responses of Guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] to Multiple Stresses of Drought, Heat and Salinity. Journal of Botany, 51 (3): 817-822.
- Ashraf M, Athar HR, Harris PJC, Kwon TR 2008. Some Prospective Strategies For Improving Crop Salt Tolerance. Advances in Agronomy, 97: 45-110.
- Ashraf M, Lin W 1994. Breeding for Salinity Tolerance in Plants, Critical Reviews in Plant Sciences, 13 (1): 17-42.
- Atak M, Kaya MD, Kaya G, Kılıç Y, Çiftçi CY 2006. Effects of NaCl on the Germination, Seedling Growth and Water Uptake of Triticale. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 39-47.
- Cucci G, De Caro A, Ciciretti L, Leoni B 1994. Salinity and Seed Germination of Some Vegetable Crops. International Symposium on Agrotechnics and Storage of Vegetable and Ornamental Seeds. 362 pp (305-310).
- Datta KS, Dayal J 1988. Effect of Salinity on Germination and Early Seedling Growth of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). Indian Journal of Plant Physiology, 31(4): 357-363.
- Deepika H, Dhingra R 2014. Effect of Salinity Stress on Morpho-physiological, Biochemical and Yield Characters of Cluster Bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Taub. Indian Journal of Plant Physiology, 19(4): 393-398.
- Douglas C 2005. Evaluation of Guar Cultivars in Central and Southern Queensland. RIRDC.
- El-Gamal IM 2000. Interaction Between Cobalt And Salinity on The Plant Growth. ICEHM2000, Cairo University, Egypt, 525-533.
- Elkoca E 1997. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Tuza Dayanıklılık Üzerine bir Çalışma. Atatürk Üniv. Fen Bil. Enst., Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, s: 76 Erzurum, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Esechie HA 1994. Interaction of Salinity and Temperature on the Germination of Sorghum. Journal of Agronomy and Crop Science, 172(3): 194-199.
- Flowers TJ 2004. Improving Crop Salt Tolerance. Journal of Experimental Botany, 55(396): 307-319.
- Foolad MR 2004. Recent Advances in Genetics of Salt Tolerance in Tomato. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 76(2): 101-119.
- Francois LE, Donovan TJ, Maas EV 1990. Salinity Effects on Emergence, Vegetative Growth, And Seed Yield of Guar. Agronomy Journal, 82: 587-592.
- Gabriel KR 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. Biometrika, 58(3): 453-467.
- Goertz SH Coons JM 1989. Germination Response of Tepary and Navy Beans to Sodium Chloride and Temperature. Hortscience, 24(6): 923-925.
- Güldüren Ş, Elkoca E 2012. Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi ve Çoruh Vadisi'nden Toplanan Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme Döneminde Tuza Toleransları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(1): 29-41.
- Güvenç İ, Kantar F 1996. Tuza Dayanıklı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Belirlenmesi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(11): 144-153.
- Habtamu A, Hamza IA, Eden F, Fikadu T 2013. Effect of Salinity Stress on Germination and Seedling Vigour of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. Academia Journal of Agricultural Research, 1(9): 161-166.
- Iqbal MA 2015. Cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Germination and Seedling Growth as Influenced by Seed Invigoration Techniques. American-Eurasian J Agric Environ Sci, 15(2): 197-204.
- Jahan I, Khan D, Zaki MJ 2019. Effects of NaCl And Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Salinization on Germination and Early Seedling Growth of Fifteen Germplasms of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.)-In Vitro. International Journal of Biology and Biotechnology, 16 (2): 533-589.
- Jana MK, Slinkard AE 1976. Screening for Salt Tolerance in Lentil. Lens Newsletter, 6: 5-27.
- Kandil AA, Sharief AE, Ahmed SRH 2012. Germination and Seedling Growth of Some Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L.) Under Salinity Stress. Journal of Basic and Applied Sciences, 8(2): 561-571.
- Khalid KA, Shedeed MR 2014. The Effects of Saline Irrigation Water and Cobalt on Growth and Chemical Composition in *Nigella sativa*. Nusantara Bioscience, 6(2):146-151.
- Kırtok Y, Veli S, Tükel T, Düzenli S, Kılınc M 1994. Evaluation of Salinity Stress on Germination Characteristics and Seedling Growth of 3 Bread

- Wheats (*Triticum aestivum* L.). Tarla Bitkileri Kongresi 25-29 Nisan 1994, Cilt I, Agronomi Bildirileri. E.Ü. Zir.Fak. Ofset Basımevi, 57-61.
- Kökten K, Karaköy T, Bakoğlu A, Akçura M 2010. Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. International Journal of Food, Agriculture and Environment, 8(1): 140-143.
- Lavrenko SO, Lavrenko NM, Lykhovyd PV 2019. Effect of Degree of Salinity on Seed Germination and Initial Growth of Chickpea (*Cicer arietinum*). Biosystems Diversity, 27(2): 101-105.
- Lovato MB, Martins PS, Lemos-Filho JP 1994. Germination in *Stylosanthes Humilis* Population in the Presence of NaCl. Australian Journal of Botany, 42: 717-723.
- Okçu G, Kaya,MD, Atak M 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(4): 237-242.
- Rasheed MJZ, Ahmad K, Ashraf M, Al-Qurainy F, Khan S, Athar HUR 2015. Screening of Diverse Local Germplasm of Guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] for Salt Tolerance: a Possible Approach to Utilize Salt-affected Soils. Pakistan Journal of Botany, 47(5): 1721-1726.
- Rehman S, Harris PJC, Bourne WF, Wilkin J 1996. The Effect of Sodium Chloride on Germination and the Potassium and Calcium Contents of Acacia Seeds. Seed Science and Technology (Switzerland), 25: 45-57.
- Rosas SB, Palacios S, Correa NS 1996. Growth and Nodulation of *Cyamopsis tetragonoloba* L. (guar) Under Conditions of salinity. Phyton, 58:107-114.
- SAS Institute, 2004. JMP User's Guide: Version 8.01.2, SAS Institute, Cary, NC.
- Saxena NP, Saxena MC, Ruckebauer P, Rana RS, El-Fouly MM, Shabana R 1994. Screening Techniques and Sources of Tolerance to Salinity and Mineral Nutrient Imbalances in Cool Season Food Legumes. Euphytica, 73: 85-93.
- Scagel CF, Lee J, Mitchell JN 2019. Salinity From NaCl Changes The Nutrient and Polyphenolic Composition of Basil Leaves. Industrial Crops and Products, 127: 119-128.
- Teolis I, Liu W, Peffley EB 2009. Salinity Effects on Seed Germination and Plant Growth of Guar. Crop science, 49(2): 637-642.
- Vinizky I, Ray DT 1988. Germination of Guar Seed Under Salt and Temperature Stress. Journal of the American Society for Horticultural Science, 113(3): 437-440.
- Yan W 2014. Crop Variety Trials: Data Management and Analysis. John Wiley & Sons.

## Response of Germination and Seedling Development of Cotton to Salinity under Optimal and Suboptimal Temperatures

Nurgül ERGİN<sup>1\*</sup>, Engin Gökhan KULAN<sup>2</sup>, Mehmet Akif GÖKÜKARA<sup>3</sup>, Muhammed Fatih KAYA<sup>4</sup>  
Şaban Özgür ÇETİN<sup>5</sup>, Mehmet Demir KAYA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Department of Field Crops, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik, Turkey, <sup>2,3,4,5,6</sup>Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-3105-7504>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-7147-6896>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-2019-1487>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-0875-7302>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-1696-3819>, <sup>6</sup><https://orcid.org/0000-0002-4681-2464>

✉: [nurgulergin180@gmail.com](mailto:nurgulergin180@gmail.com)

### ABSTRACT

The objective of the study was to investigate the effects of salinity stresses (50, 100, 150, 200 and 250 mM of NaCl) on germination and early seedling growth of six cotton varieties (Lydia, Carisma, Flash, BA151, BA525 and ST468) under optimum (25°C) and low temperature (18°C) conditions. Germination percentage, mean germination time, germination index, germination stress tolerance index, seedling length, vigor index, seedling fresh and dry weight of cotton varieties were investigated. Results showed that low temperature led to decreasing in germination and seedling growth, and caused retardation of mean germination time. Under suboptimal temperature, germination percentage reduced from 86.3% to 77.8% and seedling length decreased from 12.02 cm to 5.36 cm. Each increase in salinity levels higher than 50 mM resulted in decreasing in germination and seedling growth parameters of cotton varieties. No seedling growth was observed at 250 mM of NaCl at 18°C. Cotton varieties showed different tolerance levels to salinity, while they could tolerate it up to 100 mM. It was concluded that Flash and ST468 varieties exhibited better performance under salinity stresses both at optimal and suboptimal temperatures.

### Research Article

#### Article History

Received : 28.04.2020  
Accepted : 04.07.2020

#### Keywords

Cold  
Cultivar  
Germination  
*Gossypium hirsutum* L.  
NaCl

## Normal ve Düşük Sıcaklıklarda Pamuğun Çimlenme ve Fide Gelişimine Tuzluluğun Etkisi

### ÖZET

Bu araştırma, farklı tuz dozlarının (50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl) altı pamuk çeşidinin (Lydia, Carisma, Flash, BA151, BA525 ve ST468) optimum (25°C) ve düşük sıcaklıkta (18°C), çimlenme ve erken fide büyümesine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada pamuk çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi, çimlenme stres tolerans indeksi, fide uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuçlar, düşük sıcaklığın çimlenme ve fide büyümesinde azalmalara yol açtığını ve ortalama çimlenme süresinin gecikmesine neden olduğunu göstermiştir. Düşük sıcaklıkta, çimlenme yüzdesinin % 86.3'ten % 77.8'e ve fide uzunluğunun 12.02 cm'den 5.36 cm'ye düştüğü belirlenmiştir. Tuz dozlarındaki 50 mM'den yüksek her artış, pamuk çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişiminde azalmalara neden olmuştur. Ayrıca 18°C'de 250 mM tuz dozunda fide gelişimi gözlenmemiştir. Pamuk çeşitleri, tuzluluğa farklı tolerans seviyeleri gösterirken, pamuğun 100 mM'ye kadar tuzluluğu tolere edebildiği belirlenmiştir. Flash ve ST468 çeşitlerinin hem optimum hem de düşük sıcaklıklarda tuzluluk stresleri altında daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 28.04.2020  
Kabul Tarihi : 04.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Soğuk  
Çeşit  
Çimlenme  
*Gossypium hirsutum* L.  
NaCl.

## INTRODUCTION

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is the most important fiber crop and is extensively cultivated for textile industry in the Aegean, Mediterranean and Southern Anatolian Regions of Turkey (Anonymous, 2020). Cotton is mainly produced for fiber, raw material of the ginning and textile industries, even oil and oil-cake are obtained from cottonseed. The oil of cottonseed is used for both edible oil and the production of biodiesel. Approximately 80% of world cotton production has been met by a few countries, including Turkey because of tropic or subtropic climatic requirements (Mert, 2017).

Soil salinity and low temperature are the most important stress factors that limit germination, seedling growth and the yield of cotton in Turkey and all over the world (Kalefetoğlu and Ekmekçi, 2005). Salinity risk in the areas of cotton cultivation has been continuously increased by intensive irrigation frequency and excessive water application, poor water management and high evaporation due to hot and dry weather during summer seasons. The salts in the soil prevent the water from entering the seed by either constituting osmotic pressure which creates a barrier to the seed or toxic effects caused by  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  ions (Khajeh-Hosseini et al., 2003). Cotton is classified as a relatively salt tolerant plant by Fowler (1986), while there are differences between cotton varieties (Gosset et al., 1994). Vulkan-Levy et al. (1998) found that increasing salinity resulted in decreasing the seed cotton yield. Maas (1986) reported that cotton yield decreased around 50% at the level of 17 dS  $\text{m}^{-1}$ . However, cotton plant is sensitive to low temperature during germination and low soil temperature delays germination and emergence, increases the risk of seedling diseases, and causes weak seedling development (Çokkizgin and Bölek, 2015). It was determined that root development and seedling growth of cotton were inhibited when the soil temperature drops below 14.5°C by Jackson (2012), but still farmers prefer earlier sowing to obtain higher yield and to avoid the lack of rainfall after planting. For these reasons, this research was undertaken to determine if there were genetic variations among cotton varieties under salinity stresses at low temperature in terms of germination and seedling growth.

## MATERIAL and METHODS

A laboratory experiment was conducted at Department of Field Crops, Eskişehir Osmangazi University, Turkey. The seeds of six cotton varieties Lydia, Carisma, Flash, BA151, BA525 and ST468 were exposed to five concentrations of NaCl with 50, 100, 150, 200 and 250 mM under optimal (25°C) and suboptimal (18°C) temperatures. Distilled water was

used as a control treatment.

Germination test was performed by the procedures of ISTA (2003) rules with two hundred (4×50) seeds of each cotton variety for each treatment. Fifty seeds were inserted into three-layer filter papers irrigated with 7 mL of the respective solutions for each paper. After filter papers with seeds were rolled, they were placed into a sealed plastic bag to prevent moisture loss. Each rolled paper was renewed every 2 days after incubation to avoid the salt accumulation. The packages were incubated at optimal 25°C and suboptimal 18 °C conditions in the dark and a seed with 2 mm radicle was counted every 24 h for 12 d as germinated. Mean germination time (MGT) was calculated to evaluate the speed of germination as defined by ISTA (2003) rules.  $\text{MGT} = \frac{\sum(Dn)}{\sum n}$ , where, n is the seed number germinated on day D, and D is the number of days from the beginning of germination test. Germination index (GI) was calculated according to the following formula.  $\text{GI} = \frac{\text{Number of germinated seeds} / \text{days of first count} + \dots + \text{Number of germinated seeds} / \text{days of final count}}{\text{Number of germinated seeds} / \text{days of first count} + \dots + \text{Number of germinated seeds} / \text{days of final count}}$  (Salehzade et al., 2009). Germination stress tolerance index (GSTI, %) =  $\frac{[\text{nd}_2 (1.00) + \text{nd}_4 (0.75) + \text{nd}_6 (0.5) + \text{nd}_8 (0.25)]}{\text{Number of stressed seeds} / \text{days of first count} + \dots + \text{Number of stressed seeds} / \text{days of final count}} \times 100$ , where n is the number of seeds germinated at day d (Ahmad et al., 2009). At 12<sup>th</sup> day, ten seedlings selected randomly from each treatment were sampled for determination of seedling growth traits such as seedling length (SL), seedling fresh weight (SFW) and seedling dry weight (SDW). After the seedling fresh weight was directly weighed, the seedlings were transferred into an oven at 70°C for 48 hours for determination of dry weight.

The experimental data was statistically analyzed by two-factor factorial (salinity × variety) arranged in a completely randomized design (CRD) with 4 replicates for each temperature. Analysis of variance and comparison of means were performed by MSTAT-C program (Michigan State University v. 2.10).

## RESULTS and DISCUSSION

The main effects of temperature, salinity and cotton variety were displayed in Table 1. As expected, low temperature caused a significant decrease in germination percentage, germination index, germination stress tolerance index and seedling growth characteristics, while mean germination time delayed. Germination and seedling growth of cotton were restricted, but mean time to germination retarded when salinity concentration increased. The results confirmed the findings of Varghese et al. (1995) and Qadir and Shams (1997), who reported that germination and emergence of cotton varieties were reduced and delayed by increasing salinity.



Table 1. Main effects of the temperature, salinity and variety on germination and seedling growth parameters of cotton ( $\pm$ SEM)

Tablo 1. Pamuğun çimlenme ve fide büyüme parametreleri üzerine sıcaklık, tuzluluk ve çeşit etkileri cotton ( $\pm$ Standart hata)

Factors	GP	MGT	GI	GSTI	SL	SFW	SDW	DM
<b>Temperature</b>								
18°C	77.8 $\pm$ 1.51 <sup>b</sup>	5.83 $\pm$ 0.71 <sup>a</sup>	8.39 $\pm$ 0.34 <sup>b</sup>	56.0 $\pm$ 3.11 <sup>b</sup>	5.36 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>	190 $\pm$ 9.56 <sup>b</sup>	40.9 $\pm$ 1.60 <sup>b</sup>	62.8 $\pm$ 2.44 <sup>b*</sup>
25°C	86.3 $\pm$ 0.80 <sup>a</sup>	3.19 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	15.73 $\pm$ 0.50 <sup>a</sup>	75.4 $\pm$ 1.79 <sup>a</sup>	12.02 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	381 $\pm$ 11.10 <sup>a</sup>	48.8 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	85.4 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>
<b>Salinity</b>								
Control	91.3 $\pm$ 0.65 <sup>a</sup>	3.08 $\pm$ 0.13 <sup>f</sup>	17.14 $\pm$ 0.56 <sup>a</sup>	100.0 $\pm$ 14.43 <sup>a</sup>	12.46 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	439 $\pm$ 17.75 <sup>a</sup>	48.9 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>	87.6 $\pm$ 0.68 <sup>a</sup>
50 mM	89.2 $\pm$ 0.84 <sup>a</sup>	3.35 $\pm$ 0.16 <sup>e</sup>	15.60 $\pm$ 0.68 <sup>b</sup>	93.8 $\pm$ 1.77 <sup>b</sup>	12.81 $\pm$ 0.83 <sup>a</sup>	413 $\pm$ 16.08 <sup>b</sup>	49.7 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	86.9 $\pm$ 0.59 <sup>a</sup>
100 mM	86.0 $\pm$ 1.93 <sup>b</sup>	3.71 $\pm$ 0.15 <sup>d</sup>	13.40 $\pm$ 0.61 <sup>c</sup>	78.0 $\pm$ 1.88 <sup>c</sup>	9.98 $\pm$ 0.56 <sup>b</sup>	321 $\pm$ 15.53 <sup>c</sup>	49.1 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>	82.9 $\pm$ 0.87 <sup>b</sup>
150 mM	84.5 $\pm$ 1.21 <sup>b</sup>	4.37 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>	11.67 $\pm$ 0.68 <sup>d</sup>	59.5 $\pm$ 2.58 <sup>d</sup>	7.89 $\pm$ 0.46 <sup>c</sup>	236 $\pm$ 12.00 <sup>d</sup>	48.8 $\pm$ 0.86 <sup>a</sup>	76.8 $\pm$ 1.18 <sup>c</sup>
200 mM	80.3 $\pm$ 1.66 <sup>c</sup>	5.60 $\pm$ 0.28 <sup>b</sup>	8.58 $\pm$ 0.54 <sup>e</sup>	39.8 $\pm$ 2.97 <sup>e</sup>	5.74 $\pm$ 0.40 <sup>d</sup>	197 $\pm$ 10.88 <sup>e</sup>	48.7 $\pm$ 1.03 <sup>a</sup>	71.8 $\pm$ 1.44 <sup>d</sup>
250 mM	64.3 $\pm$ 3.12 <sup>d</sup>	6.93 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	5.96 $\pm$ 0.52 <sup>f</sup>	23.1 $\pm$ 3.00 <sup>f</sup>	3.19 $\pm$ 0.47 <sup>e</sup>	106 $\pm$ 15.59 <sup>f</sup>	24.1 $\pm$ 3.52 <sup>b</sup>	38.5 $\pm$ 5.57 <sup>e</sup>
<b>Variety</b>								
Lydia	75.4 $\pm$ 3.06 <sup>d</sup>	5.33 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>	9.42 $\pm$ 0.67 <sup>e</sup>	56.3 $\pm$ 4.59 <sup>d</sup>	8.05 $\pm$ 0.85 <sup>de</sup>	276 $\pm$ 22.81 <sup>b</sup>	51.4 $\pm$ 2.32 <sup>a</sup>	71.0 $\pm$ 3.35 <sup>d</sup>
Carisma	84.3 $\pm$ 1.98 <sup>b</sup>	4.27 $\pm$ 0.27 <sup>c</sup>	12.80 $\pm$ 0.83 <sup>b</sup>	69.4 $\pm$ 4.65 <sup>a</sup>	7.84 $\pm$ 0.65 <sup>e</sup>	277 $\pm$ 22.08 <sup>b</sup>	42.8 $\pm$ 1.93 <sup>d</sup>	74.2 $\pm$ 3.45 <sup>c</sup>
Flash	91.0 $\pm$ 1.33 <sup>a</sup>	3.99 $\pm$ 0.26 <sup>d</sup>	14.16 $\pm$ 0.81 <sup>a</sup>	71.3 $\pm$ 4.11 <sup>a</sup>	8.52 $\pm$ 0.58 <sup>bc</sup>	292 $\pm$ 22.08 <sup>a</sup>	40.8 $\pm$ 1.89 <sup>e</sup>	76.5 $\pm$ 3.44 <sup>a</sup>
BA151	80.1 $\pm$ 1.56 <sup>c</sup>	4.34 $\pm$ 0.29 <sup>c</sup>	11.92 $\pm$ 0.78 <sup>c</sup>	65.5 $\pm$ 4.43 <sup>bc</sup>	8.25 $\pm$ 0.82 <sup>cd</sup>	292 $\pm$ 23.09 <sup>a</sup>	47.0 $\pm$ 2.12 <sup>b</sup>	73.6 $\pm$ 4.17 <sup>c</sup>
BA525	78.4 $\pm$ 2.40 <sup>d</sup>	4.75 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>	11.02 $\pm$ 0.77 <sup>d</sup>	67.2 $\pm$ 5.05 <sup>b</sup>	8.87 $\pm$ 0.85 <sup>b</sup>	284 $\pm$ 23.67 <sup>ab</sup>	45.2 $\pm$ 2.05 <sup>c</sup>	73.7 $\pm$ 3.46 <sup>c</sup>
ST468	84.9 $\pm$ 1.35 <sup>b</sup>	4.35 $\pm$ 0.32 <sup>c</sup>	13.03 $\pm$ 0.86 <sup>b</sup>	64.4 $\pm$ 4.50 <sup>c</sup>	10.55 $\pm$ 0.78 <sup>a</sup>	291 $\pm$ 21.05 <sup>a</sup>	42.1 $\pm$ 1.88 <sup>de</sup>	75.6 $\pm$ 3.51 <sup>b</sup>

\*: Means followed by same letter(s) in each column are not significant at  $p < 0.05$ . GP: Germination percentage, MGT: mean germination time, GI: Germination index, GSTI: Germination stress tolerance index, SL: Seedling length, SFW: Seedling fresh weight, SDW: Seedling dry weight, DM: Dry matter, SEM: Standart error of mean

The interaction of salinity  $\times$  variety was significant for all characteristics ( $p < 0.05$ ) and the results of germination percentage were shown in Table 2. Germination percentage of cotton varieties was different in each salinity level under optimum and low temperature. It was declined with increasing NaCl and decreasing temperature. NaCl level of 100 mM inhibited germination of cotton varieties except for Flash and ST468. In addition, Flash and ST468 were the least affected varieties by salinity at 25°C and 18°C. Adverse effects of salinity on germination were also observed by Ashraf et al. (2002), who observed the hazardous effects of 100 mM NaCl on germination percentage. Results of the current research showed that germination rate was considerably inhibited by low temperature. This finding was supported by Krzyzanowski and Delouche (2011) indicated that germination percentage dropped at 18°C and a significant reduction in germination rate from %92.5 at 24°C to %81.2 at 16°C.

The most rapid mean time to germination was obtained from Flash at all NaCl levels except for 100 mM under optimum condition. Furthermore, it gave the minimum time to germination at 18°C. Increasing salinity concentrations resulted in delaying germination and cvs. Carisma and BA151 showed faster mean time to germination after Flash compared to other varieties. Similar findings are in line with the results of Day et al. (2008) in sunflower, Kan et al. (2015) in soybean and Sarkar et al. (2019) in rice, who observed that mean germination time was delayed by increasing salinity.

Seedling length was severely depressed with increasing NaCl levels and decreasing temperature. At 25°C, seedling length of Carisma and BA151 was not significantly affected up to 100 mM NaCl. Similar results related with seedling length had been reported by Bauer and Bradow (1996), Javid et al. (2001), Ashraf et al. (2002) and Barpete et al. (2015) who found an apparent reduction in seedling growth of cotton due to salinity. However, the most sensitive variety to low temperature was Lydia because a dramatic reduction occurred between 18°C and 25°C, Flash and ST468 produced longer seedling under low temperature. No seedling growth to be measured was observed at 250 mM at 18°C.

Seedling fresh weight of cotton varieties was obviously reduced as salinity increased and temperature decreased. Salinity level of 150 mM led to depressing fresh weight of cotton seedling, while ST468 produced heavier seedling at 18°C and 25°C under NaCl. Fresh weight of BA525 and ST468 at 25°C increased with 50 mM NaCl compared to control. Barpete et al. (2015) supported this finding by demonstrating a dramatic reduction in fresh weight of cotton seedlings under low temperature. Also, an apparent difference was observed the seedling growth between 18°C and 25°C. This result agrees with Khan et al. (1995), Ashraf (2002) and Hanif et al. (2008). They reported that seedling fresh weight decreased in higher salt concentrations compared to control.

Increasing salinity caused considerably decreases in seedling dry weight (Table 3). Cotton varieties

exhibited different responses to each salinity level and Lydia produced the highest dry weights in 200 mM NaCl at 18°C and 250 mM at 25°C. At suboptimal temperature, Flash and Carisma gave the minimum dry weight at 200 mM NaCl.

In previous researches, reduction of seedling fresh and dry weight under saline conditions in cotton had been reported by Javid et al. (2001), Hanif et al.

(2008) and Shaheen et al. (2012). Furthermore, low dose of NaCl resulted in a decline of dry matter in cotton seedlings. Higher dry matter production was achieved at 25°C than at 18°C, but increasing salinity reduced dry matter of the varieties. Flash showed the superiority under low temperature, while ST468 and Flash accumulated heavier dry matter than the others at 25°C.

Table 2. Germination percentage, mean germination time and seedling length of cotton varieties under low temperature and salinity stresses

Tablo 2. Düşük sıcaklık ve tuzluluk stresleri altında pamuk çeşitlerinin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi ve fide uzunluğu

	Salinity (mM)	Variety						
		Lydia	Carisma	Flash	BA151	BA525	ST468	
<b>Germination percentage (%)±SEM</b>								
Temperature	18°C	Cont.	91.0 ±1.29 <sup>a-e</sup>	93.0 ±1.29 <sup>a-d</sup>	95.0 ±1.00 <sup>ab</sup>	92.0 ±0.82 <sup>a-e</sup>	87.5 ±1.26 <sup>b-f</sup>	91.5 ±0.50 <sup>a-e*</sup>
		50	89.5 ±2.06 <sup>a-e</sup>	94.5 ±1.50 <sup>abc</sup>	97.0 ±1.29 <sup>a</sup>	86.5 ±1.71 <sup>c-g</sup>	84.5 ±1.71 <sup>efg</sup>	92.0 ±3.37 <sup>a-e</sup>
		100	80.0 ±2.45 <sup>f-j</sup>	89.0 ±2.65 <sup>a-e</sup>	96.0 ±1.41 <sup>a</sup>	79.0 ±2.65 <sup>g-i</sup>	73.0 ±3.46 <sup>h-k</sup>	85.5 ±1.71 <sup>d-g</sup>
		150	80.0 ±3.46 <sup>f-j</sup>	79.0 ±2.08 <sup>g-j</sup>	94.0 ±1.63 <sup>abc</sup>	78.5 ±2.22 <sup>g-i</sup>	69.0 ±1.29 <sup>k</sup>	81.0 ±3.00 <sup>fgh</sup>
		200	53.5 ±2.22 <sup>m</sup>	72.5 ±0.96 <sup>ijk</sup>	84.5 ±2.87 <sup>efg</sup>	72.0 ±2.16 <sup>jk</sup>	73.5 ±3.50 <sup>h-k</sup>	80.5 ±3.30 <sup>f-i</sup>
		250	14.5 ±1.26 <sup>o</sup>	47.5 ±3.78 <sup>mn</sup>	67.5 ±4.50 <sup>k</sup>	52.5 ±3.30 <sup>m</sup>	42.0 ±4.69 <sup>n</sup>	60.5 ±3.78 <sup>l</sup>
	25°C	Cont.	91.5 ±1.50 <sup>a-e</sup>	93.0 ±2.38 <sup>a-d</sup>	94.5 ±2.99 <sup>abc</sup>	88.5 ±0.96 <sup>b-g</sup>	84.5 ±4.27 <sup>d-i</sup>	94.0 ±1.63 <sup>abc</sup>
		50	79.5 ±2.06 <sup>gh-i</sup>	89.0 ±1.00 <sup>a-f</sup>	96.5 ±0.96 <sup>ab</sup>	87.5 ±0.96 <sup>b-h</sup>	87.5 ±2.22 <sup>b-h</sup>	86.5 ±1.50 <sup>c-i</sup>
		100	82.5 ±2.63 <sup>e-i</sup>	87.5 ±3.78 <sup>b-h</sup>	96.0 ±1.63 <sup>ab</sup>	82.5 ±2.63 <sup>c-i</sup>	86.5 ±2.87 <sup>c-i</sup>	91.0 ±0.58 <sup>a-e</sup>
		150	83.5 ±6.65 <sup>e-i</sup>	94.0 ±1.83 <sup>abc</sup>	90.0 ±1.41 <sup>a-e</sup>	84.5 ±2.99 <sup>d-i</sup>	83.0 ±1.92 <sup>e-i</sup>	86.0 ±2.16 <sup>c-i</sup>
		200	80.5 ±2.36 <sup>f-i</sup>	86.0 ±2.16 <sup>c-i</sup>	97.5 ±0.50 <sup>a</sup>	79.0 ±4.80 <sup>h-i</sup>	88.0 ±2.16 <sup>b-h</sup>	87.5 ±0.50 <sup>b-h</sup>
		250	79.0 ±2.08 <sup>h-i</sup>	86.0 ±3.46 <sup>c-i</sup>	83.5 ±2.57 <sup>e-i</sup>	79.0 ±3.00 <sup>h-i</sup>	77.5 ±4.72 <sup>i</sup>	82.5 ±1.71 <sup>e-i</sup>
<b>Mean germination time (day) ±SEM</b>								
Temperature	18°C	Cont.	4.30 ±0.45 <sup>hij</sup>	3.59 ±0.29 <sup>kl</sup>	3.21 ±0.02 <sup>l</sup>	3.73 ±0.30 <sup>ijkl</sup>	4.34 ±0.34 <sup>hij</sup>	3.37 ±0.21 <sup>kl</sup>
		50	5.11 ±0.21 <sup>fg</sup>	3.87 ±0.05 <sup>ijk</sup>	3.63 ±0.09 <sup>kl</sup>	3.72 ±0.03 <sup>ijkl</sup>	4.26 ±0.25 <sup>hij</sup>	4.71 ±0.32 <sup>gh</sup>
		100	5.93 ±0.23 <sup>e</sup>	4.40 ±0.10 <sup>hi</sup>	4.29 ±0.12 <sup>hij</sup>	4.49 ±0.06 <sup>hi</sup>	4.64 ±0.10 <sup>gh</sup>	3.93 ±0.06 <sup>ijk</sup>
		150	7.29 ±0.43 <sup>d</sup>	5.35 ±0.17 <sup>f</sup>	5.24 ±0.09 <sup>fg</sup>	5.23 ±0.10 <sup>fg</sup>	6.25 ±0.05 <sup>e</sup>	5.23 ±0.07 <sup>fg</sup>
		200	8.70 ±0.18 <sup>b</sup>	7.26 ±0.12 <sup>d</sup>	6.03 ±0.06 <sup>e</sup>	6.93 ±0.03 <sup>d</sup>	8.03 ±0.02 <sup>c</sup>	7.37 ±0.10 <sup>d</sup>
		250	9.63 ±0.18 <sup>a</sup>	8.49 ±0.37 <sup>bc</sup>	8.64 ±0.13 <sup>b</sup>	9.34 ±0.21 <sup>a</sup>	9.42 ±0.15 <sup>a</sup>	9.82 ±0.16 <sup>a</sup>
	25°C	Cont.	3.15 ±0.21 <sup>hi</sup>	2.37 ±0.02 <sup>nop</sup>	2.08 ±0.03 <sup>p</sup>	2.19 ±0.02 <sup>p</sup>	2.53 ±0.06 <sup>l-o</sup>	2.16 ±0.06 <sup>p</sup>
		50	3.43 ±0.13 <sup>fgh</sup>	2.42 ±0.08 <sup>m-p</sup>	2.13 ±0.02 <sup>p</sup>	2.25 ±0.08 <sup>op</sup>	2.52 ±0.10 <sup>l-o</sup>	2.13 ±0.04 <sup>p</sup>
		100	3.26 ±0.12 <sup>ghi</sup>	2.37 ±0.05 <sup>nop</sup>	2.94 ±0.02 <sup>ijk</sup>	2.94 ±0.04 <sup>ijk</sup>	2.72 ±0.05 <sup>j-m</sup>	2.55 ±0.13 <sup>l-o</sup>
		150	3.97 ±0.13 <sup>e</sup>	2.96 ±0.08 <sup>ijk</sup>	2.52 ±0.07 <sup>l-o</sup>	2.82 ±0.04 <sup>ijk</sup>	2.97 ±0.09 <sup>ij</sup>	2.64 ±0.05 <sup>k-n</sup>
		200	4.33 ±0.05 <sup>d</sup>	3.61 ±0.13 <sup>f</sup>	3.52 ±0.13 <sup>fg</sup>	3.93 ±0.11 <sup>e</sup>	3.94 ±0.11 <sup>e</sup>	3.61 ±0.07 <sup>f</sup>
		250	4.90 ±0.07 <sup>b</sup>	4.63 ±0.35 <sup>bcd</sup>	3.67 ±0.09 <sup>ef</sup>	4.46 ±0.22 <sup>cd</sup>	5.43 ±0.08 <sup>a</sup>	4.73 ±0.24 <sup>bc</sup>
<b>Seedling length (cm) ±SEM</b>								
Temperature	18°C	Cont.	3.93 ±0.15 <sup>jk</sup>	7.14 ±0.24 <sup>efg</sup>	12.04 ±0.79 <sup>b</sup>	6.21 ±0.33 <sup>gh</sup>	9.72 ±0.11 <sup>d</sup>	14.88 ±0.58 <sup>a</sup>
		50	6.03 ±0.47 <sup>gh</sup>	6.33 ±0.45 <sup>gh</sup>	9.91 ±0.48 <sup>d</sup>	7.84 ±0.21 <sup>e</sup>	7.60 ±0.49 <sup>ef</sup>	10.86 ±0.82 <sup>c</sup>
		100	4.65 ±0.28 <sup>klm</sup>	6.10 ±0.24 <sup>hij</sup>	8.89 ±0.33 <sup>e</sup>	5.31 ±0.17 <sup>ijkl</sup>	6.06 ±0.41 <sup>hij</sup>	9.87 ±0.03 <sup>d</sup>
		150	3.93 ±0.15 <sup>mno</sup>	4.41 ±0.10 <sup>lmn</sup>	5.45 ±0.06 <sup>ijk</sup>	4.64 ±0.09 <sup>klm</sup>	4.79 ±0.16 <sup>klm</sup>	6.66 ±0.36 <sup>fgh</sup>
		200	2.79 ±0.05 <sup>p</sup>	3.44 ±0.21 <sup>nop</sup>	3.94 ±0.13 <sup>mno</sup>	3.04 ±0.08 <sup>op</sup>	2.97 ±0.10 <sup>op</sup>	3.49 ±0.13 <sup>nop</sup>
		250	-q	-q	-q	-q	-q	-q
	25°C	Cont.	21.20 ±0.72 <sup>b</sup>	12.62 ±0.29 <sup>hij</sup>	15.05 ±0.55 <sup>ef</sup>	14.54 ±0.58 <sup>efg</sup>	15.09 ±0.43 <sup>ef</sup>	17.02 ±0.34 <sup>cd</sup>
		50	16.48 ±0.63 <sup>de</sup>	13.43 ±0.52 <sup>f-i</sup>	11.94 ±0.46 <sup>ijk</sup>	21.23 ±0.86 <sup>b</sup>	23.39 ±1.18 <sup>a</sup>	18.65 ±0.81 <sup>c</sup>
		100	12.98 ±0.40 <sup>ghi</sup>	16.37 ±1.42 <sup>de</sup>	9.79 ±0.35 <sup>lm</sup>	14.13 ±0.37 <sup>fgh</sup>	10.86 ±0.26 <sup>ijkl</sup>	14.80 ±0.60 <sup>efg</sup>
		150	9.13 ±0.64 <sup>lmn</sup>	10.54 ±0.51 <sup>kl</sup>	10.76 ±0.85 <sup>ijkl</sup>	10.03 ±0.82 <sup>klm</sup>	10.86 ±0.26 <sup>ijkl</sup>	13.54 ±0.88 <sup>f-i</sup>
		200	8.49 ±0.44 <sup>mno</sup>	7.59 ±0.25 <sup>nop</sup>	7.82 ±0.39 <sup>nop</sup>	5.54 ±0.40 <sup>q</sup>	9.88 ±0.17 <sup>lm</sup>	9.91 ±0.67 <sup>lm</sup>
		250	6.96 ±0.33 <sup>opq</sup>	6.10 ±0.39 <sup>pq</sup>	6.69 ±0.27 <sup>opq</sup>	6.34 ±0.51 <sup>pq</sup>	5.24 ±0.16 <sup>q</sup>	6.98 ±0.70 <sup>opq</sup>

\*: Means followed by same letter(s) in each temperature are not significant at p<0.05. Bracket (-) shows no data due to insufficient seedling growth. SEM: Standard error of mean.

Table 3. Seedling fresh and dry weight and dry matter ratio of cotton varieties under low temperature and salinity stresses

Tablo 3. Düşük sıcaklık ve tuzluluk stresleri altında pamuk çeşitlerinin fide yaş ve kuru ağırlığı ile kuru madde oranı

	Salinity (mM)	Variety						
		Lydia	Carisma	Flash	BA151	BA525	ST468	
<b>Seedling fresh weight (mg plant<sup>-1</sup>) ±SEM</b>								
Temperature	18°C	Cont.	314 ±15.31 <sup>c</sup>	291 ±6.87 <sup>cd</sup>	362 ±15.05 <sup>a</sup>	316 ±11.09 <sup>c</sup>	297 ±6.56 <sup>cd</sup>	358 ±7.86 <sup>a*</sup>
		50	268 ±11.46 <sup>de</sup>	317 ±28.18 <sup>c</sup>	308 ±10.39 <sup>c</sup>	352 ±12.07 <sup>ab</sup>	313 ±22.51 <sup>c</sup>	324 ±13.47 <sup>bc</sup>
		100	203 ±14.66 <sup>h</sup>	210 ±10.61 <sup>gh</sup>	240 ±4.12 <sup>ef</sup>	194 ±7.66 <sup>hi</sup>	236 ±7.57 <sup>fg</sup>	250 ±4.37 <sup>ef</sup>
		150	157 ±2.92 <sup>jk</sup>	159 ±2.99 <sup>jk</sup>	157 ±6.03 <sup>jkl</sup>	172 ±4.41 <sup>ij</sup>	144 ±3.24 <sup>j<sup>m</sup></sup>	162 ±8.40 <sup>j</sup>
		200	146 ±3.80 <sup>j<sup>m</sup></sup>	108 ±7.46 <sup>n</sup>	125 ±21.93 <sup>lmn</sup>	127 ±4.49 <sup>k<sup>n</sup></sup>	123 ±5.42 <sup>mn</sup>	125 ±4.28 <sup>lmn</sup>
		250	-o	-o	-o	-o	-o	-o
	25°C	Cont.	623 ±9.11 <sup>a</sup>	525 ±12.10 <sup>def</sup>	563 ±17.50 <sup>bcd</sup>	575 ±11.72 <sup>bc</sup>	545 ±21.04 <sup>cde</sup>	497 ±14.83 <sup>fg</sup>
		50	448 ±11.47 <sup>hi</sup>	476 ±9.35 <sup>gh</sup>	500 ±11.68 <sup>fg</sup>	504 ±32.61 <sup>efg</sup>	604 ±7.79 <sup>ab</sup>	545 ±11.89 <sup>cde</sup>
		100	437 ±11.09 <sup>hi</sup>	473 ±22.48 <sup>gh</sup>	406 ±8.82 <sup>i</sup>	458 ±19.80 <sup>gh</sup>	342 ±29.67 <sup>j</sup>	405 ±14.01 <sup>i</sup>
		150	244 ±19.02 <sup>mn</sup>	323 ±3.89 <sup>jk</sup>	333 ±20.33 <sup>jk</sup>	328 ±16.68 <sup>jk</sup>	317 ±6.69 <sup>jk</sup>	344 ±6.05 <sup>j</sup>
		200	255 ±4.87 <sup>mn</sup>	263 ±8.79 <sup>lmn</sup>	287 ±8.58 <sup>klm</sup>	262 ±7.50 <sup>lmn</sup>	303 ±14.02 <sup>jkl</sup>	245 ±9.48 <sup>mn</sup>
		250	234 ±15.43 <sup>n</sup>	179 ±9.55 <sup>o</sup>	227 ±3.44 <sup>n</sup>	217 ±9.68 <sup>no</sup>	180 ±7.66 <sup>o</sup>	234 ±16.56 <sup>n</sup>
<b>Seedling dry weight (mg plant<sup>-1</sup>) ±SEM</b>								
Temperature	18°C	Cont.	59.4 ±1.85 <sup>a</sup>	49.9 ±1.16 <sup>c-g</sup>	45.4 ±1.97 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	52.2 ±1.25 <sup>cd</sup>	52.1 ±1.03 <sup>cde</sup>	41.6 ±1.46 <sup>ijk</sup>
		50	57.8 ±0.76 <sup>ab</sup>	49.4 ±1.85 <sup>d-g</sup>	45.2 ±0.97 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	52.3 ±1.61 <sup>cd</sup>	50.7 ±1.68 <sup>c-f</sup>	48.0 ±0.92 <sup>d-g</sup>
		100	57.3 ±2.52 <sup>ab</sup>	46.8 ±1.75 <sup>fgh</sup>	48.2 ±1.27 <sup>d-g</sup>	47.4 ±1.29 <sup>efg</sup>	49.7 ±1.53 <sup>c-g</sup>	47.4 ±1.22 <sup>efg</sup>
		150	59.3 ±0.44 <sup>a</sup>	49.0 ±1.51 <sup>d-g</sup>	40.5 ±1.74 <sup>jk</sup>	54.1 ±2.28 <sup>bc</sup>	42.6 ±0.87 <sup>hij</sup>	47.9 ±0.87 <sup>d-g</sup>
		200	56.9 ±1.54 <sup>ab</sup>	39.1 ±0.51 <sup>k</sup>	33.3 ±0.88 <sup>l</sup>	50.2 ±1.82 <sup>c-f</sup>	51.9 ±2.83 <sup>cde</sup>	48.1 ±1.31 <sup>d-g</sup>
		250	-m	-m	-m	-m	-m	-m
	25°C	Cont.	53.8 ±2.03 <sup>a-d</sup>	45.3 ±1.21 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	43.5 ±0.71 <sup>i</sup>	48.9 ±1.02 <sup>c<sup>i</sup></sup>	49.1 ±1.22 <sup>c<sup>i</sup></sup>	45.0 ±2.26 <sup>gh<sup>i</sup></sup>
		50	56.3 ±2.75 <sup>ab</sup>	45.3 ±1.44 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	47.0 ±1.20 <sup>f<sup>i</sup></sup>	49.5 ±0.50 <sup>c<sup>i</sup></sup>	50.5 ±1.20 <sup>a-h</sup>	44.3 ±1.92 <sup>hi</sup>
		100	54.7 ±2.24 <sup>abc</sup>	46.3 ±0.72 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	45.5 ±0.77 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	53.0 ±0.97 <sup>a-f</sup>	48.6 ±2.15 <sup>c<sup>i</sup></sup>	44.6 ±1.42 <sup>hi</sup>
		150	51.7 ±3.99 <sup>a-g</sup>	48.1 ±0.74 <sup>d<sup>i</sup></sup>	47.9 ±1.30 <sup>d<sup>i</sup></sup>	53.3 ±1.01 <sup>a-f</sup>	45.5 ±3.40 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	45.8 ±1.11 <sup>gh<sup>i</sup></sup>
		200	56.6 ±2.78 <sup>a</sup>	49.3 ±0.40 <sup>c<sup>i</sup></sup>	47.0 ±1.50 <sup>f<sup>i</sup></sup>	53.7 ±1.16 <sup>a-e</sup>	51.8 ±0.76 <sup>a-g</sup>	47.1 ±3.17 <sup>e<sup>i</sup></sup>
		250	53.1 ±2.19 <sup>a-f</sup>	46.2 ±2.02 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	45.9 ±1.36 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	48.8 ±5.57 <sup>c<sup>i</sup></sup>	49.8 ±1.67 <sup>b<sup>i</sup></sup>	45.4 ±1.66 <sup>gh<sup>i</sup></sup>
<b>Dry matter (%±SEM)</b>								
Temperature	18°C	Cont.	79.2 ±2.86 <sup>fgh</sup>	82.9 ±0.41 <sup>cde</sup>	87.2 ±1.07 <sup>ab</sup>	83.4 ±0.53 <sup>cd</sup>	82.5 ±0.52 <sup>c-f</sup>	87.6 ±1.21 <sup>a</sup>
		50	78.3 ±0.76 <sup>gh<sup>i</sup></sup>	84.1 ±1.34 <sup>bcd</sup>	85.3 ±0.53 <sup>abc</sup>	85.0 ±0.65 <sup>abc</sup>	83.5 ±1.51 <sup>cd</sup>	85.1 ±0.83 <sup>abc</sup>
		100	71.8 ±0.55 <sup>klm</sup>	77.6 ±0.79 <sup>hi</sup>	80.0 ±0.25 <sup>e-h</sup>	75.5 ±0.46 <sup>ij</sup>	79.1 ±0.75 <sup>fgh</sup>	81.1 ±0.33 <sup>d-g</sup>
		150	62.3 ±0.67 <sup>no</sup>	69.1 ±1.10 <sup>lm</sup>	74.2 ±0.51 <sup>jk</sup>	68.5 ±0.55 <sup>m</sup>	70.5 ±1.10 <sup>lm</sup>	72.0 ±0.67 <sup>kl</sup>
		200	61.0 ±1.28 <sup>op</sup>	64.3 ±2.31 <sup>n</sup>	71.5 ±3.48 <sup>klm</sup>	60.4 ±0.09 <sup>op</sup>	57.9 ±0.59 <sup>o</sup>	61.6 ±0.64 <sup>no</sup>
		250	-q	-q	-q	-q	-q	-q
	25°C	Cont.	91.4 ±0.27 <sup>ab</sup>	91.4 ±0.23 <sup>ab</sup>	92.3 ±0.16 <sup>a</sup>	91.5 ±0.20 <sup>ab</sup>	91.0 ±0.22 <sup>abc</sup>	90.9 ±0.60 <sup>abc</sup>
		50	87.5 ±0.46 <sup>d-g</sup>	90.5 ±0.37 <sup>abc</sup>	90.6 ±0.42 <sup>abc</sup>	89.6 ±0.50 <sup>a-d</sup>	91.4 ±0.20 <sup>ab</sup>	92.0 ±0.35 <sup>a</sup>
		100	87.4 ±0.40 <sup>d-g</sup>	90.2 ±0.38 <sup>a-d</sup>	88.8 ±0.42 <sup>b-e</sup>	88.4 ±0.61 <sup>c-f</sup>	86.6 ±1.69 <sup>efg</sup>	89.0 ±0.17 <sup>b-e</sup>
		150	78.8 ±0.54 <sup>kl</sup>	85.1 ±0.39 <sup>gh</sup>	85.5 ±0.85 <sup>fgh</sup>	83.7 ±0.65 <sup>hi</sup>	85.7 ±0.92 <sup>fgh</sup>	86.7 ±0.49 <sup>efg</sup>
		200	77.2 ±1.63 <sup>l</sup>	81.2 ±0.69 <sup>ijk</sup>	83.6 ±0.44 <sup>hi</sup>	79.5 ±0.61 <sup>kl</sup>	82.8 ±0.67 <sup>hij</sup>	80.7 ±0.75 <sup>jk</sup>
		250	77.1 ±0.73 <sup>l</sup>	74.0 ±1.24 <sup>m</sup>	79.8 ±0.70 <sup>kl</sup>	77.3 ±3.07 <sup>l</sup>	73.7 ±1.30 <sup>m</sup>	80.4 ±1.49 <sup>jk</sup>

\*: Means followed by same letter(s) in each temperature are not significant at p<0.05. Bracket (-) shows no data due to insufficient seedling growth. SEM: Standard error of mean

Vigor index of cotton varieties was severely influenced by each salinity level under optimal and low temperatures. It was higher at 25°C compared to 18°C, but increased NaCl reduced vigor index. Vigor index could not be calculated in NaCl level of 250 mM because of no seedling development. The highest value was obtained in Flash and ST468 under all salinity levels at 18°C (Table 4). These results agree with Liu et al. (2010) in sunflower, Kandil et al. (2012) and El Naim et al. (2012) in sorghum, and

Çarpıcı et al. (2009) in maize, they indicated that salinity and low temperature severely influenced vigor index with significant reduction.

The germination index of cotton varieties declined as salt levels increased. However, cotton varieties showed different responses to NaCl both at 18°C and at 25°C. The highest germination index was attained in Flash and ST468 (Fig. 1). Also, Wang et al. (2007) determined that no significant change in germination index was observed in low salinity but drastically

decreased as salinity increased. Similarly, germination stress tolerance index reduced with increasing salinity and low temperature. Among cotton varieties, Flash was the least affected variety by salinity under low temperature (Fig. 2).

The germination stress tolerance index drastically decreased due to increasing NaCl doses and this finding was reported in several crops by Karimi et al. (2011) in safflower, Abbaszadeh et al. (2012) in rapeseed, Kausar et al. (2012) in sorghum, and Vibhuti et al. (2015) in rice.

## CONCLUSION

Germination and seedling growth of cotton varieties were severely restricted by low temperature and salinity stress. In this study, there were significant differences among cotton varieties for tolerance to salinity and low temperature; however, Flash and ST468 varieties were found to be more tolerant to salinity stress under optimal and suboptimal temperature. They should be suggested to farmers who prefer early sowing to achieve higher and rapid germination at cotton fields suffering from salinity problem.

Table 4. Vigor index of cotton varieties under low temperature and salinity stresses ( $\pm$ SEM)

Tablo 4. Düşük sıcaklık ve tuzluluk stresleri altında pamuk çeşitlerinin güç indeksi ( $\pm$ Standart hata)

	Salinity (mM)	Variety					
		Lydia	Carisma	Flash	BA151	BA525	ST468
Temperature 18°C	Cont.	357 $\pm$ 16.0 <sup>ijk</sup>	664 $\pm$ 27.9 <sup>e</sup>	1142 $\pm$ 71.3 <sup>b</sup>	571 $\pm$ 32.0 <sup>fg</sup>	850 $\pm$ 11.5 <sup>d</sup>	1361 $\pm$ 50.4 <sup>a*</sup>
	50	540 $\pm$ 47.7 <sup>g</sup>	600 $\pm$ 50.0 <sup>efg</sup>	961 $\pm$ 48.6 <sup>c</sup>	677 $\pm$ 21.6 <sup>e</sup>	643 $\pm$ 50.0 <sup>ef</sup>	996 $\pm$ 75.8 <sup>c</sup>
	100	372 $\pm$ 25.3 <sup>ijk</sup>	541 $\pm$ 9.4 <sup>g</sup>	853 $\pm$ 24.5 <sup>d</sup>	421 $\pm$ 26.1 <sup>ij</sup>	442 $\pm$ 32.1 <sup>hi</sup>	844 $\pm$ 17.6 <sup>d</sup>
	150	315 $\pm$ 22.5 <sup>kl</sup>	348 $\pm$ 12.1 <sup>ijk</sup>	513 $\pm$ 14.0 <sup>gh</sup>	363 $\pm$ 9.6 <sup>ijk</sup>	331 $\pm$ 14.1 <sup>ijkl</sup>	541 $\pm$ 44.2 <sup>g</sup>
	200	149 $\pm$ 5.0 <sup>n</sup>	248 $\pm$ 13.3 <sup>lm</sup>	331 $\pm$ 4.0 <sup>ijkl</sup>	219 $\pm$ 9.8 <sup>mn</sup>	218 $\pm$ 16.6 <sup>mn</sup>	305 $\pm$ 24.3 <sup>klm</sup>
	250	-o	-o	-o	-o	-o	-o
Temperature 25°C	Cont.	1942 $\pm$ 96.4 <sup>ab</sup>	1173 $\pm$ 41.2 <sup>gh1</sup>	1426 $\pm$ 92.8 <sup>def</sup>	1302 $\pm$ 62.4 <sup>fg</sup>	1279 $\pm$ 92.5 <sup>fg</sup>	1600 $\pm$ 39.4 <sup>cd</sup>
	50	1286 $\pm$ 48.6 <sup>fg</sup>	1195 $\pm$ 54.3 <sup>gh</sup>	1152 $\pm$ 46.1 <sup>gh1</sup>	1834 $\pm$ 70.8 <sup>b</sup>	2095 $\pm$ 71.8 <sup>a</sup>	1616 $\pm$ 93.5 <sup>c</sup>
	100	1071 $\pm$ 50.1 <sup>hij</sup>	1488 $\pm$ 99.0 <sup>cde</sup>	941 $\pm$ 49.2 <sup>ijkl</sup>	1164 $\pm$ 36.2 <sup>gh1</sup>	941 $\pm$ 49.3 <sup>ijkl</sup>	1346 $\pm$ 48.8 <sup>efg</sup>
	150	797 $\pm$ 75.6 <sup>k-n</sup>	992 $\pm$ 62.5 <sup>ijk</sup>	965 $\pm$ 65.4 <sup>jk</sup>	876 $\pm$ 63.8 <sup>j-m</sup>	902 $\pm$ 41.2 <sup>ijkl</sup>	1194 $\pm$ 75.6 <sup>gh</sup>
	200	686 $\pm$ 53.0 <sup>m-p</sup>	653 $\pm$ 32.5 <sup>nop</sup>	762 $\pm$ 34.1 <sup>l-o</sup>	443 $\pm$ 57.8 <sup>q</sup>	870 $\pm$ 35.1 <sup>klm</sup>	842 $\pm$ 37.0 <sup>k-n</sup>
	250	552 $\pm$ 40.3 <sup>pq</sup>	528 $\pm$ 52.9 <sup>pq</sup>	556 $\pm$ 11.4 <sup>pq</sup>	505 $\pm$ 58.5 <sup>pq</sup>	406 $\pm$ 30.4 <sup>q</sup>	577 $\pm$ 63.5 <sup>opq</sup>

\*: Means followed by same letter(s) in each temperature are not significant at  $p < 0.05$ . Bracket (-) shows no data due to insufficient seedling growth. SEM: Standard error of mean

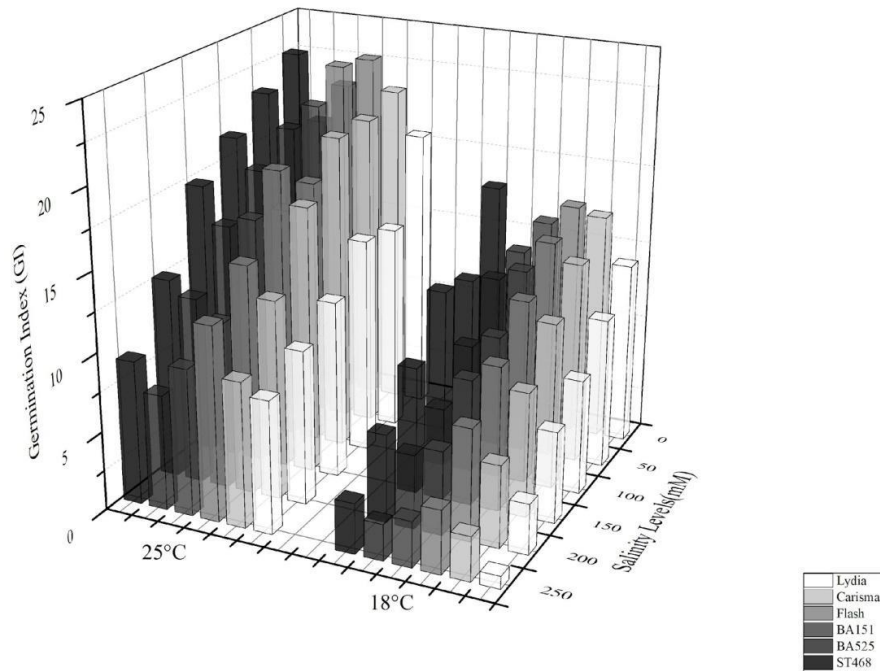


Figure 1. Germination index of cotton varieties under low temperature and salinity stresses

Şekil 1. Düşük sıcaklık ve tuzluluk stresleri altında pamuk çeşitlerinin çimlenme indeksi



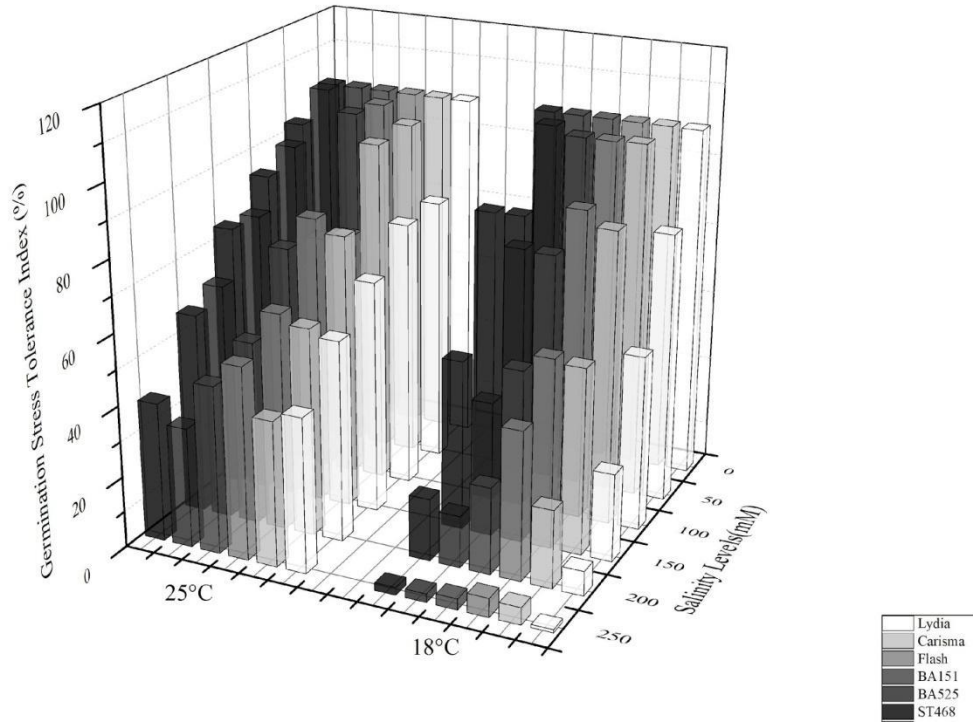


Figure 2. Germination stress tolerance index of cotton varieties under low temperature and salinity stresses  
Şekil 2. Düşük sıcaklık ve tuzluluk stresleri altında pamuk çeşitlerinin çimlenme stres tolerans indeksi

#### Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

#### Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

#### REFERENCES

- Abbaszadeh F, Rameeh V, Cherati A 2012. Salinity Stress Indices of Seed Yield and Nutrient Compositions in Rapeseed (*Brassica napus* L.). International Journal of Biology 4(1): 154. <http://dx.doi.org/10.5539/ijb.v4n1p154>
- Anonymous, 2020. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Ahmad S, Ahmad R, Ashraf MY, Ashraf M, Waraich EA 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Response to Drought Stress at Germination and Seedling Growth Stages. Pakistan Journal of Botany 41(2): 647-654.
- Ashraf M 2002. Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances. Critical Reviews in Plant Sciences 21(1): 1-30. <https://doi.org/10.1080/0735-260291044160>
- Ashraf MY, Sarwar G, Ashraf M, Afaf R, Sattar A 2002. Salinity Induced Changes in  $\alpha$ -amylase Activity During Germination and Early Cotton Seedling Growth. Biologia Plantarum 45(4): 589-591. <https://doi.org/10.1023/A:1022338900818>
- Barpete S, Oğuz MC, Özcan SF, Anayol E, Ahmed HA, Khawar KM, Özcan S 2015. Effect of Temperature on Germination, Seed Vigor Index and Seedling Growth of Five Turkish Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Cultivars. Fresenius Environmental Bulletin 24: 2561-2566.
- Bauer PJ, Bradow JM 1996. Cotton genotype response to early-season cold temperatures. Crop Science 36(6): 1602-1606. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600060032x>
- Çarpıcı EB, Çelik N, Bayram G 2009. Effects of Salt Stress on Germination of Some Maize (*Zea mays* L.) Cultivars. African Journal of Biotechnology, 8(19): 4918-4922.
- Çokkızgın H, Bölek Y 2015. Priming Treatments for Improvement of Germination and Emergence of Cotton Seeds at Low Temperature. Plant Breeding and Seed Science 71(1): 121-134. <https://doi.org/10.1515/plas-2015-0027>
- Day S, Kaya MD, Kolsarıcı Ö 2008. Effects of NaCl Levels on Germination of Some Confectionary Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genotypes. Journal of Agricultural Sciences 4(3): 230-236. (in Turkish).
- El Naim AM, Mohammed KE, Ibrahim EA, Suleiman NN 2012. Impact of Salinity on Seed Germination and Early Seedling Growth of Three Sorghum (*Sorghum biolor* L. Moench) Cultivars. Science and Technology 2(2): 16-20. <http://doi.org/10.5923/j.scit.20120202.03>
- Fowler JL 1986. Salinity and fruiting. (Cotton physiology. The Cotton Foundation, Memphis, TN) 107-111.
- Gossett DR., Millhollon EP, Lucas MC 1994. Antioxidant Response to NaCl Stress in Salt-

- Tolerant and Salt-Sensitive Cultivars of Cotton. *Crop Science* 34: 706-714. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400030020x>
- Hanif M, Noor E, Murtaza N, Qayyum A, Malik W 2008. Assessment of Variability for Salt Tolerance at Seedling Stage in *Gossypium hirsutum* L. *Journal of Food Agriculture and Environment* 6(1): 134.
- ISTA 2003. International Rules For Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Jackson MB 2012. New root formation in plants and cuttings (Vol. 20). (Springer Science & Business Media. Dordrecht, The Netherlands) <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-4358-2>
- Javid A, Yasin M, Nabi G 2001. Effect of Seed Pre-Treatments on Germination and Growth of Cotton (*Gossypium hirsutum* L) Under Saline Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4(9): 1108-1110.
- Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y 2005. The Effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *Gazi University Journal of Science*, 18(4): 723-740.
- Kan G, Zhang W, Yang W, Ma D, Zhang D, Hao D, Hu Z, Yu D 2015. Association Mapping of Soybean Seed Germination Under Salt Stress. *Molecular Genetics and Genomics* 290(6): 2147-2162. <https://doi.org/10.1007/s00438-015-1066-y>
- Kandil AA, Sharief AE, Abido WAE, Ibrahim MM 2012. Effect of Salinity on Seed Germination and Seedling Characters of Some Forage Sorghum Cultivars. *International Journal of Agriculture Sciences* 4(7): 306.
- Karimi N, Soheilikhah Z, Ghasmpour HR, Zebarjadi A 2011. Effect of Salinity Stress on Germination and Early Seedling Growth of Different Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Genotypes. *Journal of Ecobiotechnology* 3(10): 07-13.
- Kausar A, Ashraf MY, Ali I, Niaz M, Abbass Q 2012. Evaluation of Sorghum Varieties/Lines for Salt Tolerance Using Physiological Indices as Screening Tool. *Pakistan Journal of Botany* 44(1): 47-52.
- Khajeh-Hosseini M, Powell AA, Bingham IJ 2003. The Interaction Between Salinity Stress and Seed Vigour During Germination of Soybean Seeds. *Seed Science and Technology* 31(3): 715-725. <https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.20>
- Khan AN, Qureshi RH, Ahmad N 1995. Selection of cotton cultivars for Salinity Tolerance at Seedling Stage. *Sarhad Journal of Agriculture* 11(2): 153-159.
- Krzyzanowski FC, Delouche JC 2011. Germination of Cotton Seed in Relation to Temperature. *Revista Brasileira de Sementes* 33(3): 543-548. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000300017>
- Liu J, Guo WQ, Shi DC 2010. Seed Germination, Seedling Survival, and Physiological Response of Sunflowers Under Saline and Alkaline Conditions. *Photosynthetica* 48(2): 278-286. <https://doi.org/10.1007/s11099-010-0034-3>
- Maas EV 1986. Salt Tolerance of Plants. *Journal of Applied Agricultural Research* 1(1): 12-25.
- Mert M 2017. Fiber Crops. (Nobel Academic Press. 2nd Ed) 448 p. (in Turkish).
- Qadir M, Shams M 1997. Some Agronomic and physiological aspects of Salt Tolerance in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 179: 101-106. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1997.tb00504.x>
- Salehzade H, Shishvan MI, Ghiyasi M, Forouzin F, Siyahjani AA 2009. Effect of Seed Priming on Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Research Journal of Biological Sciences* 4(5): 629-631.
- Sarkar MN, Hossain AZ, Begum S, Islam SN, Biswas SK, Tareq MZ 2019. Effect of Salinity on Seed Germination and Seedlings Growth of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Bioscience and Agriculture Research* 21(02): 1786-1793. <https://doi.org/10.18801/jbar.210219.218>
- Shaheen HL, Shahbaz M, Ullah I, Iqbal MZ 2012. Morpho-physiological Responses of Cotton (*Gossypium hirsutum*) to Salt Stress. *International Journal of Agriculture and Biology* 14(6): 980-984.
- Varghese S, Patil KV, Gohil MD, Bhatt PH, Patil UG 1995. Response of G-COT-11 Levant Cotton (*Gossypium herbaceum*) to Salinity at Germination Stage. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 65: 823-825.
- Vibhuti CS, Bargali K, Bargali SS 2015. Seed Germination and Seedling Growth Parameters of Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties as Affected by Salt and Water Stress. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 85(1): 102-108.
- Vulkan-Levy R, Ravina I, Mantell A, Frenkel H 1998. Effect of Water Supply and Salinity on Pima Cotton. *Agricultural Water Management* 37(2): 121-132. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(98\)00042-0](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(98)00042-0)
- Wang JJ, Ye WW, Zhou DY, Lü YJ, Fan BX, Song LY 2007. Studies on Germination Characteristics of Different Salinity-Resistant Cotton Under Salt Stress. *Cotton Science* 4.



## Effects of Genotype, Sowing Time and Seed Fungicide Pre-Treatments on Root and Crown Rot and Grain Yield in Bread Wheat

İsmet BAŞER<sup>1\*</sup>, İlker GİDER<sup>2</sup>, Oğuz BİLGİN<sup>3</sup>, Alpay BALKAN<sup>4</sup>

Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Tekirdağ, TURKEY

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-6748-3750>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0890-5520>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-4338-9912>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-9203-6144>

✉: [ibaser@nku.edu.tr](mailto:ibaser@nku.edu.tr)

### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of sowing time, cultivar and seed fungicide applications on root and crown rot disease and grain yield of bread wheat with different earliness traits (Esperia, mid-early; Genesi, late and Anapo, early) in the experiment station of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namık Kemal University. Four different fungicides pre-treatments (prothioconazole + tebuconazole, carboxin + thiram, prochloraz + triticonazole and control) were applied to the seeds of the varieties before sowing in three different times, on 1 November, 15 November and 30 November 2016. The experiment was designed as a split-split-plot with 3 replications. The results of the variance analysis showed that the effect of applying different seed fungicide pre-treatment root and crown rot of bread wheat varieties was statistically significant. While the lowest root and crown rot with 2.67 % was obtained from the second sowing time, the highest root and crown rot was determined with a value of 3.64% for the earliest sowing on 01 November. Among the four different fungicide pre-treatments, the highest root and crown rot (5.59%) was obtained in the control application, while the lowest root and crown rot was obtained in prothioconazole + tebuconazole, carboxin + thiram and prochloraz + triticonazole, with 1.96%, 2.10% and 2.19% root and crown rot, respectively. These data indicate that early sowing may increase root and crown rot severity.

### Research Article

#### Article History

Received : 22.04.2020

Accepted : 22.06.2020

#### Keywords

Bread wheat

Root and crown rot

Sowing time

Fungicide pre-treatment

Variety

## Ekmeklik Buğdayda Genotip, Ekim Zamanı ve Tohum Fungusiti Ön Uygulamalarının Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü ve Tane Verimi Üzerine Etkileri

### ÖZET

Bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında ekim zamanı, çeşit ve tohum ilacı uygulamalarının buğdayda kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalıkları ile buğday dane verimine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada vejetasyon süreleri farklı olan 3 adet ekmeklik buğday çeşidi (Esperia:orta erkenci, Genesi: geççi ve Anapo: erkenci) kullanılmıştır. Ekimden önce bu çeşitlerin tohumlarına dört farklı fungusit (prothioconazole + tebuconazole, karboxin + thiram, prochloraz + triticonazole ve kontrol) uygulanarak 1 Kasım, 15 Kasım ve 30 Kasım 2016 olmak üzere 3 farklı zamanda ekimler yapılmıştır. Deneme, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanlarında, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir. Çalışmada, varyans analizi sonuçlarına göre farklı tohum fungusiti uygulamalarının ekmeklik buğday çeşitlerinin kök ve kök çürüklüğü üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Farklı ekim zamanlarında en düşük kök ve kök boğazı çürüklüğü %2.67 ile ikinci ekim zamanında elde edilirken, en yüksek kök ve kök boğazı çürüklüğü %3.64 ile en erken ekim olan 01 Kasım ekiminde

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 22.04.2020

Kabul Tarihi : 22.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

Ekmeklik buğday

Kök boğazı çürüklüğü

Ekim zamanı

Fungusit ön uygulaması

Çeşit

belirlenmiştir. Dört farklı tohum fungusit uygulamasında en yüksek kök boğazı çürüklüğü (%5.59) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük kök boğazı çürüklüğü %1.96, %2.10 ve %2.19 ile sırasıyla aynı istatistiki grupta yer alan prothioconazole + tebuconazole, karboxin + thiram ve prochloraz + triticonazole ön uygulamalarından elde edilmiştir. Elde edilen veriler, erken ekim zamanının kök ve kök boğazı çürüklüğünün şiddetini arttırdığını göstermektedir.

**To Cite :** Başer İ, Gider İ, Bilgin O, Balkan A 2021. Effects of Genotype, Sowing Time and Seed Fungicide Pre-Treatments on Root and Crown Rot and Grain Yield in Bread Wheat. KSU J. Agric Nat 24 (1): 116-121. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.725206>.

## INTRODUCTION

The reactions of all living things to biotic and abiotic stress factors are closely related to the genetic backgrounds of living beings and the environmental conditions in which they grow. Plants are affected differently by diverse biotic and abiotic stress factors. Diseases are among the most important biotic stress factors. Although it depends on the growing regions and conditions, fungal diseases are among the most important biotic stress factors. The adverse effects of root and crown rot diseases caused by fungi such as *Fusarium culmorum*, *Fusarium pseudograminearum*, *Gaumannomyces graminis*, *Bipolaris sorokiniana*, *Rhizoctonia cerealis* are increasing in production area of wheat, which is the most important cultural plant in the world. These fungi that cause disease are of soil origin and can also be spread with seeds. On a global scale, many studies have been conducted on the yield losses caused by nematodes that form crown rot diseases. Studies in Europe, the USA, West Asia, North Africa, Australia and Canada showed that the yield losses in cereals vary between 5 and 50% due to these soil origin factors (Singh et al., 2005). Crown rot and cereal root rot causes yield losses in wheat of up to 50% in rainfed cereal production system throughout the world (Burgess et al., 1981; Klein et al., 1991; Smiley et al., 2005). *Fusarium* species have also been reported to cause product losses up to 17% in wheat as a result of severe crown infections caused by seed/soil originated infections (Parry and Nicholson, 1996). Many of the identified resistant sources are found in un-adapted germplasm which requires considerable breeding investment to develop suitable commercial cultivars (Singh et al., 2009).

A root and crown rot disease, which has been observed in the Thrace region in recent years, causes significant losses in wheat grain yield and quality. In the management against the disease, the factors such as the genetic structure (variety), the environmental conditions and soil characteristics in which the genotype is grown, and the cultural practices applied during the growth period of the genotype are significantly effective. It has been determined by previous studies that severe infections induced root and crown rot disease from *Fusarium spp* cause significant yield losses in wheat and disease severity

can vary between 20-80% (Uçkun and Yıldız 2004; Hekimhan and Boyraz, 2011). Studies carried out in disease-contaminated areas have shown that these diseases increase yield loss up to 42% in varieties produced in these regions (Hekimhan et al., 2004). According to a study using different types of cereals, it has been explained yield increases ranging from 7–89% with the use of nematicides (Bolat et al., 2004). Within the framework of national root and crown project studies, it has been stated that although there are decreases in disease severity with low nitrogen dosage applications, this does not have a positive effect on yield (Bağcı et al., 2006). In another study, it was reported that increasing nitrogen doses increased root and crown rot disease severity in wheat (Smiley et al. 1996).

This study aims to determine the effects of different sowing time and seed fungicide pre-treatment with different active ingredients on root and crown rot grain yield in bread wheat varieties with different earliness groups.

## MATERIALS and METHODS

The research was conducted as a split-split-plot design with 4–replications in the experimental station of Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Tekirdağ Namık Kemal University. Esperia (1), Anapo (2), and Genesi (3) varieties, which are in the early, medium and late maturation groups, were used as materials in the study. Three wheat varieties were sown at three different times, on November 1 (1<sup>st</sup> sowing), November 15 (2<sup>nd</sup> sowing) and November 30 (3<sup>rd</sup> sowing) in 2016. The seeds of these varieties were sprayed with 4 different seed fungicides (carboxin + thiram (1), prothioconazole + tebuconazole (2), prochloraz + triticonazole (3) and control (4)). Sowing was done in plots of 6.12 square meters (0.17 m between rows, 6 m in rows) consisting of 6 rows by sowing machine, and sowing density was adjusted to 500 plants per square meter. Composed fertilizer (20.20.0), urea (46%) and ammonium nitrate fertilizers (26%) were applied at 200 kg ha<sup>-1</sup> for seedbed preparation stage, 180 kg ha<sup>-1</sup> for tillering stage and 200 kg ha<sup>-1</sup> for stem elongation stage, respectively. To prevent weed development, broadleaf and grass weed



herbicide mixture was applied. No application has been made in the trial area for disease and pest control. For the necessary measurements, weighing and quality analysis on seeds taken from each plot at harvest maturity. The plots were harvested by the plot combine harvester.

A root and crown rot disease severity observations were fulfilled in two periods in each plot where different applications made by counting and recording infected and non-infected plants. The main purpose in endurance studies under natural conditions was to choose durable and non-durable plants. Nine weeks later, plant roots were washed and disease severity was evaluated according to the modified 1-5 scale: 1 = 1-9% Resistant (R), 2 = 10-29% Moderately Resistant (MR), 3 = 30-69% Moderately Susceptible (MS), 4 = 70-89% Susceptible (S), 5 = 90-100% Highly Susceptible (HS) (Wildermuth and McNamara 1994; Erginbas-Orakci et al., 2012). The data obtained in the experiment were analyzed by using the JUMP 5.0 statistical package program, and the difference between the averages was determined by the LSD test.

## RESULTS and DISCUSSION

Variance analysis results of the root and crown rot disease severity observations rates obtained from the experiment sown in three different sowing times and four different seed herbicide pre-treatment were applied to the bread wheat variety belonging to three different earliness groups indicated that the effect of applying different seed fungicide pre-treatment on root and crown rot disease was statistically significant, while the sowing time, variety, sowing time x variety, sowing time x fungicide pre-treatment, variety x fungicide pre-treatment and sowing time x variety x fungicide pre-treatment interactions were statistically insignificant. The efficacy of fungicides seed treatment against *Fusarium culmorum* crown rot in wheat was examined and some fungicides seed treatments such as Triticonazole, Pyraclostrobin, Imazalil, Triademefon, Tebuconazole and Difenconazole were registered for wheat and barley to suppress crown rot, common root rot and other fungal diseases (McMullen et al., 2000; Burrows et al., 2006). To determine the significances between the average values obtained, a significance test was performed and the results are given in Table 1.

Çizelge 1. Kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalık şiddetinin gözlem ortalamaları ve önemlilikleri  
Table 1. The means of root and crown rot disease severity observation and their significances

Ekim zamanı (EZ) Sowing time (ST)			Çeşit (Ç) Variety (V)			Fungisit ön uygulaması (FÖÜ) Fungicide pre-treatment (FPT)				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	
3.639±0.529 <sup>a</sup>	2.665±0.527 <sup>b</sup>	2.754±0.471 <sup>b</sup>	3.226± 0.544	3.088± 0.502	2.903± 0.517	1.955± 0.277 <sup>b</sup>	2.095± 0.225 <sup>b</sup>	2.192± 0.235 <sup>b</sup>	5.593± 0.302 <sup>a</sup>	
LSD = 0.686						LSD = 1.998				
EZ x Ç interaksyonu ST x V interaction			EZ x FÖÜ interaksyonu ST x FPT interaction			Ç x FÖÜ interaksyonu V x FPT interaction		EZ x Ç x FÖÜ interaksyonu ST x V x FPT interaction		
1 * 1	4.250	1 * 1	2.556	1 * 1	2.500	1 * 1 * 1	3.667	2 * 2 * 3	2.000	
1 * 2	3.250	1 * 2	2.667	1 * 2	2.143	1 * 1 * 2	3.000	2 * 2 * 4	6.333	
1 * 3	3.417	1 * 3	2.778	1 * 3	2.222	1 * 1 * 3	3.333	2 * 3 * 1	1.000	
2 * 1	2.222	1 * 4	6.556	1 * 4	5.556	1 * 1 * 4	7.000	2 * 3 * 2	1.000	
2 * 2	3.273	2 * 1	1.667	2 * 1	1.889	1 * 2 * 1	2.000	2 * 3 * 3	1.500	
2 * 3	2.500	2 * 2	1.400	2 * 2	2.143	1 * 2 * 2	2.333	2 * 3 * 4	4.667	
3 * 1	2.900	2 * 3	1.500	2 * 3	2.333	1 * 2 * 3	2.333	3 * 1 * 1	1.500	
3 * 2	2.727	2 * 4	5.222	2 * 4	5.778	1 * 2 * 4	6.333	3 * 1 * 2	2.000	
3 * 3	2.636	3 * 1	1.429	3 * 1	1.571	1 * 3 * 1	2.000	3 * 1 * 3	2.333	
		3 * 2	1.857	3 * 2	2.000	1 * 3 * 2	2.667	3 * 1 * 4	5.000	
		3 * 3	2.222	3 * 3	2.000	1 * 3 * 3	2.667	3 * 2 * 1	1.333	
		3 * 4	5.000	3 * 4	5.444	1 * 3 * 4	6.333	3 * 2 * 2	2.000	
						2 * 1 * 1	1.000	3 * 2 * 3	2.667	
						2 * 1 * 2	1.000	3 * 2 * 4	4.667	
						2 * 1 * 3	1.000	3 * 3 * 1	1.500	
						2 * 1 * 4	4.667	3 * 3 * 2	1.667	
						2 * 2 * 1	2.333	3 * 3 * 3	1.667	
						2 * 2 * 2	2.000	3 * 3 * 4	5.333	

Sowing times: 1.(1 November), 2. (15 November), 3. (30 November); Varieties : 1 (Esperia), 2 (Anapo), 3 (Genesi)  
Seed fungicides: 1 (Carboxin + thiram), 2 (Prothioconazole + tebuconazole), 3 (Prochloraz + triticonazole) and 4 (control)

Although the effect of different sowing time on root and crown rot disease is statistically significant, it can be seen from Table 1 that the order from low to high is 30 November (2.67%), 15 November (2.75%) and 1 November (3.64%), respectively. This result indicates that early sowing can increase root and crown rot disease severity. In the case of bread wheat varieties, the latest Genesi variety showed the lowest root and crown rot disease severity (2.90%), while the highest rate (3.23%) was observed in Esperia variety, which is the earliest. Pariyar et al. (2014) stated that in their studies that 6 different wheat genotypes applied Tiabendazole seed treatment, 4 of 6 wheat genotypes caused a significant decrease in the severity of crown rot ( $P < 0.05$ ) and the highest crown score reduction was recorded in Series 82 and Demir 2000 genotypes.

Considering the fungicide pre-treatments with different active substances, prothioconazole + tebuconazole, carboxin + thiram, and prochloraz + triticonazole pre-treatments included in the same statistical group showed the lowest root and crown rot disease ratios of 1.96%, 2.1% and 2.19% respectively, while the highest root and crown rot disease severity was given by control application with 5.59% statistically insignificant sowing time x variety interaction may mean that there may be no significant root and crown rot disease severity differences among varieties with different earliness characteristics. Despite the statistically insignificant differences between sowing time x fungicide pre-treatment interaction means, it may mean that fungicide pre-treatments may not cause statistically important reducing in the severity of root and crown rot disease severity regarding the sowing time. Although the differences between variety x fungicide pre-treatment averages were statistically insignificant; it can be said that fungicide pre-treatment can lead to proportionally lower root and crown rot disease severity compared to control applications regardless of the earliness properties of varieties.

In the light of the mentioned findings, it can be concluded that sowing time, variety and especially seed fungicide pre-treatments have a significant effect on root and crown rot disease severity for bread wheat. Moreover, the results indicate that late genotypes may be more resistant to root and crown rot disease severity, whereas early planting may increase the severity of root and crown rot disease. It is understood that seed fungicide pre-treatments can be the more effective method in reducing root and crown rot disease severity compared to cultivar and planting time. The order of efficacy of seed fungicide pre-applications used in the study regarding the reduction of root and crown rot disease severity; carboxin + thiram, prochloraz + triticonazole and prothioconazole + tebuconazole.

Variance analysis results of the grain obtained from

the experiment sown in three different sowing times and four different seed herbicide pre-treatment were applied to the bread wheat variety belonging to three different earliness groups indicated that the effect of sowing time, variety and applying different seed fungicide pre-treatment on root and crown rot was statistically significant, while all interactions were statistically insignificant. To determine the significances between the average values obtained, a significance test was performed and the results are given in Table 2.

In case of differences in the mean of grain yields of different sowing time; the highest grain yield was obtained at the 2<sup>nd</sup> sowing time (November 15) with 441.9 kg da<sup>-1</sup>, followed by the 1<sup>st</sup> sowing time (November 01) with 420.4 kg da<sup>-1</sup>. The lowest grain yield was found at the 3<sup>rd</sup> sowing time (November 30) with 405.5 kg da<sup>-1</sup>. There was an 8.2% difference between the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> sowing times when the highest and lowest seed yields were obtained. Yield loss due to these pathogens have been reported and reached up to 35% in winter wheat in Pacific Northwest (PNW) of America (Smiley et al., 2005), 25-58% in Australia while the disease can inflict yield losses of up to 89% (Klein 1991; Chakraborty et al., 2010) and up to 49% in Tunisia (Chekali, 2016).

Among the means of the varieties with different earliness characteristics; Anapo with the earliest variety gave the highest grain yield with a value of 462.8 kg da<sup>-1</sup>, while the lowest grain yield (395.5 kg da<sup>-1</sup>) was determined for Esperia with the medium early variety. The Anapo variety, which gives the earliest and highest grain yield, yielded 14.5% higher grain yield than the mid-early Esperia variety with the lowest grain yield. Using resistant crops of high yielding potential is the most efficient and economical way to increase wheat productivity and manage soil-borne pathogens especially in dryland fields. However, varieties with a high level of resistance are still not available (Li et al., 2012).

Regarding the fungicide pre-treatments with different active substances, differences between grain yield means for carboxin + thiram, prochloraz + triticonazole and prothioconazole + tebuconazole pre-treatments were not important and they were included in the same statistical group which gave the highest grain yield with values of 462.8, 453.4 and 450.9 kg da<sup>-1</sup> respectively, while the lowest grain yield mean was obtained by control application with 323.1 kg da<sup>-1</sup>. It can be generalized that the general average of grain yield obtained by fungicide pre-treatments with different active substances was 29.1% higher than the control application.

Çizelge 2. Tane verimi ortalamaları (kg da<sup>-1</sup>) ve önemlilikleri  
Table 2. The means of grain yield (kg da<sup>-1</sup>) and their significances

Ekim zamanı (EZ) <i>Sowing time (ST)</i>			Çeşit (Ç) <i>Variety (V)</i>			Fungisit ön uygulaması (FÖÜ) <i>Fungicide pre-treatment (FPT)</i>			
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
420.2 ab	441.9 a	405.5 b	395.5 b	462.8 a	409.4 b	453.4 a	462.8 a	450.9 a	323.1 b
±19.95	±21.68	±19.33	±24.09	±14.58	±16.73	±10.83	±11.17	±10.76	±19.71
LSD:25.641			LSD:45.976			LSD: 32.548			
EZ x Ç interaksiyonu <i>ST x V interaction</i>		EZ x FÖÜ interaksiyonu <i>ST x FPT interaction</i>		Ç x FÖÜ interaksiyonu <i>V x FPT interaction</i>		EZ x Ç x FÖÜ interaksiyonu <i>ST x V x FPT interaction</i>			
1 * 1	394.5	1 * 1	447.4	1 * 1	422.1	1 * 1 * 1	419.5	2 * 2 * 3	509.6
1 * 2	460.1	1 * 2	459.6	1 * 2	463.9	1 * 1 * 2	464.1	2 * 2 * 4	405.0
1 * 3	406.0	1 * 3	450.3	1 * 3	434.8	1 * 1 * 3	435.0	2 * 3 * 1	475.6
2 * 1	409.8	1 * 4	323.5	1 * 4	261.0	1 * 1 * 4	259.1	2 * 3 * 2	445.0
2 * 2	491.8	2 * 1	477.4	2 * 1	479.0	1 * 2 * 1	467.8	2 * 3 * 3	444.6
2 * 3	424.1	2 * 2	484.8	2 * 2	492.0	1 * 2 * 2	488.0	2 * 3 * 4	331.3
3 * 1	382.1	2 * 3	467.5	2 * 3	489.3	1 * 2 * 3	488.7	3 * 1 * 1	410.0
3 * 2	436.5	2 * 4	337.8	2 * 4	390.8	1 * 2 * 4	396.0	3 * 1 * 2	451.0
3 * 3	397.8	3 * 1	435.3	3 * 1	458.9	1 * 3 * 1	454.8	3 * 1 * 3	421.0
		3 * 2	443.7	3 * 2	432.3	1 * 3 * 2	426.7	3 * 1 * 4	246.6
		3 * 3	434.8	3 * 3	428.6	1 * 3 * 3	427.3	3 * 2 * 1	449.6
		3 * 4	308.0	3 * 4	317.4	1 * 3 * 4	315.3	3 * 2 * 2	455.0
						2 * 1 * 1	437.0	3 * 2 * 3	469.6
						2 * 1 * 2	476.6	3 * 2 * 4	371.6
						2 * 1 * 3	448.3	3 * 3 * 1	446.3
						2 * 1 * 4	277.3	3 * 3 * 2	425.3
						2 * 2 * 1	519.6	3 * 3 * 3	414.0
						2 * 2 * 2	533.0	3 * 3 * 4	305.6

Sowing times: 1. (1 November), 2. (15 November), 3. (30 November); Varieties: 1 (Esperia), 2 (Anapo), 3 (Genesi)  
Seed fungicides: 1 (Carboxin + thiram), 2 (Prothioconazole + tebuconazole), 3 (Prochloraz + triticonazole) and 4 (control)

## CONCLUSION

In the study conducted to investigate the effects of sowing time, cultivar and seed fungicide applications on root and crown rot and grain yield in wheat, the effect of different sowing time on root and crown rot disease was found statistically insignificant. However, the results of sowing time were; 30 November (2.714%), 15 November (3.313%) and 01 November (3.639%), respectively (Table 1). This result indicates that early sowing can increase root and crown rot disease severity.

Considering the fungicide pre-treatments with different active substances, prothioconazole + tebuconazole, carboxin + thiram, and prochloraz + triticonazole pre-treatments included in the same statistical group showed the lowest root and crown rot disease ratios of 1.96%, 2.1% and 2.89% respectively, while the highest root and crown rot disease severity was obtained by control application with 5.59%.

The findings reveal that sowing time, variety and especially seed fungicide pre-treatments have a significant effect on root and crown rot disease severity for bread wheat. Moreover, the results indicate that

early genotypes may be more resistant to root and crown rot disease severity, whereas early sowing may increase the severity of root and crown rot disease. It is understood that seed fungicide pre-treatments can be the more effective method in reducing root and crown rot disease severity compared to cultivar and planting time.

In case of differences in the mean of grain yields of different sowing time; the highest grain yield was obtained at the 2<sup>nd</sup> sowing time (15 November) with 441.9 kg da<sup>-1</sup>, followed by the 1<sup>st</sup> sowing time (01 November) with 420.2 kg da<sup>-1</sup>. The lowest grain yield was found at the 3<sup>rd</sup> sowing time (November 30) with 405.5 kg da<sup>-1</sup>. There was a 17.44% difference between the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> sowing times when the highest and lowest seed yields were considered.

## Competing interests and Acknowledgements

Authors have declared that no competing interests exist.

## REFERENCES

Bağcı SA, Hekimhan H, Gültekin İ, Tunalı B, Nicol

- JM, Yıldırım AF, Çekiç C, Bolat N, Araz A, Erdurmuş D, Büyük O, Taner A, Ercan B, Güneş A, Topal İ, Aydoğdu M, Şahin M, Arısoy RZ, Kaya Y, Özseven İ, Demir L, Uçkun Z 2006. Buğday ve Arpada Kök ve Kök Boğazı Hastalık Etmenlerinin Belirlenmesi, Dayanıklı Çeşitlerin Geliştirilmesi, Uygun Yetiştirme ve Mücadele Tekniklerinin Belirlenmesi. Ülkesel Proje Sonuç Raporu. Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Ereğli yolu 1. km Karatay, Konya.
- Bolat N, Nicol JM, Yıldırım AF, Tülek A, Yorgancılar A, Şahin E, Kaplan A, Elekçioğlu H 2004. A National Project: Nematode Damage and Its Control in Wheat and Yield Losses Caused by Nematodes. 1st National Pathology Congress, , 8-10 September, Samsun, Turkey
- Burgess LW, Dodman RL, Pont W, Mayers P 1981. Fusarium Diseases of Wheat Maize and Grain Sorghum in Eastern Australia. (In: Nelson PE, Toussoun TA, Cook RJ, (Ed) Fusarium Diseases, Biology and Taxonomy) Pennsylvania State University Press, University Park, pp. 64-67.
- Burrows ME, Grey B, Dyer A 2006. Fusarium Crown Rot (Wheat). Small Grains XII. High Plains IPM Guide, A Cooperative Effort of The University of Wyoming, University of Nebraska, Colorado State University and Montana State University.
- Chakraborty S, Obanor F, Westecott R, Abeywickrama K 2010. Wheat Crown Rot Pathogens *Fusarium graminearum* and *F. pseudograminearum* Lack Specialization. The American Phytopath Soc 100: 1057-1065.
- Chekali S, Gargouri S, Rezgui M, Paulitz T, Nasraoui B 2016. Impacts of Previous Crops on Fusarium Foot and Root Rot, and on Yields of Durum Wheat in North West Tunisia. Phytopathologia Mediterranea 55: 253-261.
- Erginbas OG, Dababat AA, Nicol JM, Bolat N 2012. Screening Methods to Identify and Validate Moderately Resistant Wheat Germplasm Against The Dryland Crown Rot (*Fusarium culmorum*) Used by CIMMYT-Turkey under Field and Controlled Conditions. First International Crown Rot Workshop for Wheat Improvement, 22-23 October, Narrabri, New South Wales, Australia.
- Hekimhan H, Bağcı A, Nicol J, Arısoy Z, Taner S, Şahin S 2004. Dryland Root Rot: A Major Threat to Winter Cereal Production under Sub-optimal Growing Conditions. 4<sup>th</sup> International Crop Science Congress, 26 September-01 October, Brisbane, Australia.
- Hekimhan H, Boyraz N 2011. Trakya Bölgesi Buğday Ekiliş Alanlarında Fungal Kaynaklı Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalıklarının Tespiti. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 25(3): 25-34.
- Klein TA, Burgess W, Ellison FW 1991. The Incidence and Spatial Patterns of Wheat Plants Infected by *Fusarium graminearum* Group 1 and The Effect of Crown Rot on Yield. Australian J Agr Res 42: 399-407.
- Li HB, Zhou MX, Liu CJ 2012. Development and Validation of Markers Closely Linked to Crown Rot Resistance in Wheat and Barley. Molecular Plant Breeding 3: 80-90.
- McMullen MP, Marcia P, Lamey HA 2000. Seed Treatment for Disease Control 447 North Dakota State University Extension Circular [http://www.ext.nodak.edu/extnewsrelease/2000/03\\_1600/06\\_seedtr.htm](http://www.ext.nodak.edu/extnewsrelease/2000/03_1600/06_seedtr.htm).
- Pariyar SR, Dababat AA, Micol JM, Orakçı GE, Goll MB, Watrin C, Duveiller E, Braun HJ, Sikora R 2014. Fungicide Seed Treatment and Host Resistance for The Management of Wheat Crown Rot Caused by *Fusarium culmorum*. Basic Research Journal of Agricultural Science and Review 3(9): 116-121.
- Parry DW, Nicholson P 1996. Development of A PCR Assay to Detect *Fusarium poae* in Wheat. Plant Pathol 45: 383-391.
- Singh AK, Sharma AK, Shoran J 2009. Heterodera avenae and Its Management on Wheat in India. The International Cereal Cyst Nematode Initiative, 21-23 October, Antalya, Turkey.
- Singh RP, Huerta-Espino J, Fuentes G, Duveiller E, Gilchrist L, Henry M, Nicol JM 2005. Resistance to Diseases, Chapter 10 in Durum Wheat Breeding: Current Approaches and Future Strategies. Edited by C. Royo, M. Nachit, N. Di Fonzo, J. Araus, W.P. Pfeiffer, G. Slafer. Food Product Press, New York, USA, Haworth Press, pp. 291-327.
- Smiley RW, Collins PH, Rasmussen EP 1996. Diseases of Wheat in Long-Term Agronomic Experiments at Pendleton, Oregon. Plant Disease 80: 813-820.
- Smiley RW, Gourlie JA, Easley SA, Patterson LM, Whittaker G 2005. Crop Damage Estimates for Crown Rot of Wheat and Barley in The Pacific Northwest. Plant Dis 89:595-604.
- Uçkun Z, Yıldız M 2004. İzmir, Aydın ve Denizli İlleri Buğday Alanlarındaki Kök ve Kökboğazı Hastalıklarının Yoğunluğunun ve Etmenlerinin Belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni 44 (1-4):79-92.
- Wildermuth GB, McNamara RB 1994. Testing Wheat Seedlings for Resistance to Crown Rot Caused by *Fusarium graminearum* Group 1. Plant Dis 78:949-953.



## Sumbas İlçesi Koşullarında Yetiştirilen Yerel Cin Mısır (*Zea mays everta*) Popülasyonlarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi

Leyla İDİKUT<sup>1</sup>, Mustafa ÖNEM<sup>2</sup>, Gülay ZULKADIR<sup>3\*</sup>

<sup>1,2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye-<sup>3</sup>Mersin Üniversitesi, Silifke Uygulamalı Teknolojik ve İşletmecilik Yüksekokulu, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, 33940, Mersin, Türkiye  
<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0685-7158>,<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-2971-2055>,<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-3488-4011>

✉: [gulayzulkadir@gmail.com](mailto:gulayzulkadir@gmail.com)

### ÖZET

Bu araştırma yerel cin mısır popülasyonlarının Osmaniye ili Sumbas ilçesi koşullarında verim performanslarının araştırılarak bu ekolojiye uygun yüksek verimli ve kaliteli cin mısır çeşitlerini belirlemek amacıyla 2014 yılında yürütülmüştür. Tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulan bu çalışmada 2 adet yerel cin mısır çeşidi ve 15 adet yerel cin mısır popülasyonu kullanılmıştır. Araştırmada incelenen popcorn genotiplerinin kalite özelliklerinin en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla bin tane ağırlığının 128.79 - 181.06 g, patlamayan tane oranının % 0.02 - 0.08, patlama oranının % 0.93 - 0.98, 50 g tanenin patlama hacminin 15.55 - 21.78 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, protein oranının % 8.44 - 16.65, yağ oranının % 3.003 - 6.65), kuru madde oranının % 86.65 - 88.003, nişasta oranının % 76.76 - 80.17 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak en yüksek protein ve yağ değeri Sakarya Han köyünden toplanan popülasyondan elde edildiği ve patlama oranının da iyi olduğu kaydedilmiştir. Yerel cin mısırı popülasyonlarından Bafra Koşuköy, Çanakkale Patlak, Balıkesir Beyaz Cin ve Çanakkale Beyaz Cin mısır popülasyonları 1000 tane ağırlığı; Samsun Beyaz Cin ve Kadirli Cin mısır popülasyonları patlama oranları; Çanakkale Sarı Cin, Samsun Merkez ve Bafra Koşuköy mısır popülasyonları patlama hacmi; Sakarya Hanköyü protein, yağ ve nişasta oranları bakımından ve Edirne Beyaz Cin, Kadirli Cin ve Çanakkale Patlak mısır popülasyonları kuru madde oranı yönünden ticari çeşit olan Nermin Cin ve Ant Cin 98'den daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 08.05.2020

Kabul Tarihi : 04.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Yerel patlak mısır

Patlama oranı

Protein oranı

Nişasta oranı

Yağ oranı

## Determination of Quality Criteria of Local Popcorn (*Zea mays everta*) Populations Grown in Sumbas District Conditions

### ABSTRACT

This research was conducted in 2014 in order to determine the high-yielding and quality popcorn varieties by investigating the yield performances of landraces popcorn populations in Sumbas district conditions of Osmaniye province. This study was designed as a randomized block with four replications. Plant materials used in the trials were 2 local popcorn varieties and 15 local popcorn populations. The lowest and highest values of the quality characteristics of popcorn genotypes examined in the study were 128.79-181.06 g, 0.02-0.08%, 0.93-0.98 %, 15.55-21.78 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, 8.44-16.65%, 3.003-6.65%, 86.65-88.003%, and 76.76-80.17% for one thousand grain weight, unpopped kernel rate, popping rate, the popping volume of 50 g grains, protein ratio, oil ratio, dry matter ratio, and starch ratio, respectively. As a result, it was recorded that the highest protein and oil ratio was obtained from the population collected from Sakarya Hankoyu. It was determined that landraces popcorn populations sustained higher values than the commercial variety Nermin pop and Ant pop 98, Bafra Koşuköy, Çanakkale Patlak, Balıkesir White Gin and Çanakkale White Cin maize populations in terms of 1000 grain weight; Samsun

### Research Article

#### Article History

Received : 08.05.2020

Accepted : 04.07.2020

#### Keywords

Landraces popcorn

Popping rate

Protein ratio

Starch ratio

Oil ratio

White Cin and Kadirli Cin corn populations in terms of popping rates; Çanakkale Sarı Cin, Samsun Merkez and Bafra Koşuköy corn populations in terms of popping volume; Sakarya Hanköyü in terms of protein, oil and starch ratios and Edirne White Cin, Kadirli Cin and Çanakkale Popcorn populations in terms of dry matter ratio.

**Atf İçin:** İdikut L, Önem M, Zülkadir G 2021. Sumbas İlçesi Koşullarında Yetiştirilen Yerel Cin Mısır (*Zea mays everta*) Popülasyonlarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24(1): 122-129. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.734355>.

**To Cite:** İdikut L, Önem M, Zülkadir G 2021. Determination of Quality Criteria of Local Popcorn (*Zea mays everta*) Populations Grown in Sumbas District Conditions. KSU J. Agric Nat 24(1): 122-129. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.734355>.

## GİRİŞ

Mısır (*Zea mays* L.), Türkiye’de buğday ve arpadan sonra en çok üretilen tahıl bitkisidir (TÜİK 2020). Çoğunlukla yüksek protein ve özellikle A vitamini yönünden zengin olan danenin % 82.5 gibi büyük oranını endosperm oluşturarak iyi bir konsantre gıda olarak kullanılan (Tekçe ve Gül 2014) ve yetiştirilen cin mısırı, son yıllarda biyoyakıt kaynağı olarak da giderek önemi artmaktadır (Lana ve ark. 2017).

Dünya’da mısır üretimi 2014 yılında 1.039.226.655 ton olup, bu değer Türkiye’de 5.950.000 ton’dur. Aradan geçen dört yılda bu değerler sırasıyla 1.147.689.084 ve 5.700.000 ton olmuştur (FAOSTAT 2020). Türkiye’de üretilen mısırın ekim alanları incelendiğinde ise en fazla ekim yapılan illerin Kahramanmaraş- Elbistan, Çukurova (Adana-Mersin), Aydın, Denizli, Kayseri, Konya, Karaman ve Kırşehir olduğu görülmüştür (Öztürk ve ark. 2016).

Dünyada mısır üretim ve tüketimi kullanım amacına bağlı olarak alt varyetelerde farklılık göstermektedir. Tüm varyeteler arasında patlak mısır bitki ve tohum özellikleri bakımından ayırt edici özelliği bulunmaktadır. Patlak mısır ısıtma işlemi maruz bırakıldığında genişleyen endosperm içeriği, sert tohum kabuğunu yırtarak patlar ve hacmi genişler. Ayrıca içerdiği yüksek lif, vitamin ve mineraller gibi besin içeriği (Öztürk ve ark. 2016), mide asidi emilimi ile sağlıklı ve besleyici bir aperatif ürün olması, açlık hissini azaltıp tokluk hissi vermesi ve bütün tahıl olarak kalori miktarının da düşük (Jele ve ark. 2014) olması nedenleri ile atıştırmalık yiyecek olarak patlamış mısır (*Zea mays everta* Sturt.) kullanımı dünya çapında sürekli artmaktadır.

Mısır bitkisinin açık tozlaşan bir tür olması, geniş morfolojik farklılıklara ve daha geniş coğrafik şartlara adaptasyonunun daha kolay olmasını sağlamaktadır. Mısırın bu özelliği sadece adaptasyonu kolaylaştırmamış ayrıca araştırmacılar tarafından genetik yapısının daha kolay ve yoğun olarak değiştirmesine neden olmuştur.

Hem araştırmacıların hem de tohum firmalarının en temel amacı üreticilerin daha yüksek verim ile elde edebilecekleri yüksek kar oranı olmuştur. Bu durum ise hibrit tohum üretimi ve kullanımını artırmıştır. Ancak ticari hibrit çeşitlerin artması ve yaygınlaşması

zaman içerisinde genetik çeşitliliği yüksek olan doğal populasyonların azalmasına neden olmuştur. Yerel populasyonlar hibritlere kıyasla daha az verim vermekte (Özkaynak ve Samancı 2003) fakat olumsuz koşullara karşı daha dayanıklı (Dwivedi ve ark. 2016) olmaktadır.

Yerel populasyonların biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığı dikkate alınarak, yerel çeşitlerin korunması ve tarımın sürdürülmesi gerekmektedir. Yerel çeşit kullanımının özendirilmesi ile adaptasyon yeteneği yüksek, strese dayanıklı genetik materyalin devamlılığının sağlanması sağlanacak, ticari tohum için harcama yapmasının önüne geçilecek, ülke ekonomisine de katkı sağlanmış olacaktır. Ayrıca yerel çeşitler ıslah çalışmalarında vazgeçilemez genetik materyal çeşitliliğini taşımaktadır.

Bu çalışmada, Sumbas ve Kadirli yöresinde cin mısır ekimini geliştirmek için, Türkiye genelinden toplanan 17 adet yerel cin mısırı popülasyonu ekilerek bitkisel ve verim yönünden üstün özelliklere sahip genotiplerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

### Materyal

Araştırma, 2 adet yerli ticari çeşit ve 15 adet yerel popülasyon olmak üzere, toplam 17 adet cin mısır genotipi, 2014 yılı Mart- Temmuz ayları arasında Osmaniye ili Sumbas ilçesi koşullarında gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan materyaller, Türkiye’nin farklı bölgelerinden temin edilmiş ve elde edildikleri yörelere göre aşağıda belirtildiği gibi adlandırılmıştır (Çizelge 1).

### Deneme yerine ait iklim ve toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü yöreye ve yetiştirildiği sezona ait bazı iklim değerleri Çizelge 2’de verilmiştir (Anonim 2017a). Osmaniye İli Sumbas İlçesinde 2014 yılındaki ortalama yağış miktarı 61.0 mm iken uzun yıllarda yetişme dönemindeki yağış ortalaması 65.1 mm’dir. Denemenin yürütüldüğü sezona ait yağış miktarı uzun yıllar ortalamasında düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca vejetasyon periyodu içerisindeki dağılımı da yıllar arasında farklılıklar göstermiştir. Araştırmanın yapıldığı 2014 yılında bitkinin gereksinim duyduğu su yağışla karşılanmayacak

kadar düşük olduğundan, bitki ve toprak durumu gözlenerek 6 kez salma sulama yapılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan yerel cin mısır genotipler

Table 1. Landraces popcorn genotypes used in the experiment

No (No)	Materyal Adı (Material Name)
1	Tokat Erbağ
2	Samsun Merkez
3	Samsun Cin
4	Samsun Beyaz Cin
5	Sakarya Hanköyü
6	Nermincin
7	Konya Patlak
8	Kadirli Cin
9	Edirne Beyaz Cin
10	Çanakkale Sarı Cin
11	Çanakkale Patlak
12	Çanakkale Kırmızı Patlak
13	Çanakkale Beyaz Cin
14	Balıkesir Cin
15	Balıkesir Beyaz Cin
16	Bafra Koşuköy
17	Ant Cin98

Çizelge 2. Denemenin yürütüldüğü yöreye ve yetiştirildiği sezona ait bazı iklim değerleri

Table 2. Some climate values belonging to Osmaniye-Sumbas region in the season of the trial.

Aylar Months	Yıllar Years	Sıcaklık (°C) (Temperature (°C))			Ortalama Nem(%) Average Humidity (%)	Toplam Yağış(mm) Total Rainfall (mm)	
		En Düşük Minimum	En Yüksek Maximum	Ort. Aver.		Total	Rainfall
Mart	2014	0.5	29.1	14.7	58.7	93.3	
	Uzun Yıllar	-4	32.0	12.7	57.4	123.1	
Nisan	2014	3.7	34.9	18.6	56.6	25.5	
	Uzun Yıllar	0.1	36.5	16.8	52.3	84.6	
Mayıs	2014	11.9	34.3	21.5	59.1	52.8	
	Uzun Yıllar	4.6	41.7	21.2	56.4	71.2	
Haziran	2014	15.4	40.1	25.0	58.9	72.4	
	Uzun Yıllar	11.5	42.6	25.2	62.8	35.2	
Temmuz	2014	18.7	44.0	27.4	66.3	60.8	
	Uzun Yıllar	15	42.8	27.9	60.6	11.3	
Ortalama Average	2014	10.0	36.5	21.4	59.9	61.0	
	Uzun Yıllar	5.4	39.1	20.8	57.9	65.1	

### Ekim öncesi ve ekimden sonra yapılan işlemler:

Deneme arazisinde cin mısır bitkisinden önce ıspanak bitkisi yetiştirilmiştir. Ispanak hasadından sonra deneme alanı pulluk ve diskaro işlenerek, üzerine tırmık çekilerek toprak ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim işlemi 26 Mart 2014 tarihinde el yapılmıştır. Ekimle birlikte tarlaya 6 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (DAP) uygulaması yapılmıştır. Bitki 50 cm iken 15 kg da<sup>-1</sup> N (Amonyum sülfat) hesabı ile fosforlu gübrenin tamamı ve azotun % 40 'ı ekimle birlikte azotun geriye kalan % 60'ı ise bitkiler 50 cm olduğundaysıra aralarına uygulanmıştır(Can ve Akman 2014). Deneme alanı

Uzun yıllar ortalamasına göre, yıllık ortalama sıcaklık 20.8 °C iken yetiştirme döneminde 21.4 °C olmuştur. Bu sonuçtan da anlaşılacağı üzere uzun yıllar ortalaması yetiştirme döneminde daha yüksektir.

Uzun yıllar ortalamasına göre, yetiştirme sezonu için ortalama nispi nem %57.9 olarak belirlenirken, 2014 yılı yetiştirme sezonu ortalama nispi nem % 59.9 olduğu belirlenmiştir.

### Araştırma yerinin toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü tarlaya ilişkin 0-30 cm derinlikten alınan toprak örnekleri Kadirli İlçesi Ticaret Borsası Laboratuvarında analiz edilerek, sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir (Anonim 2017b). Deneme alanının toprağı killi-tınlı bünyeye sahip olup, hafif alkali, orta kireçli, tuzsuz, fosfor bakımından yüksek, potasyumca orta ve organik maddece orta seviyede olduğu tespit edilmiştir.

### Metot

Deneme 4 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme deseninde, 70 x 20 cm ekim sıklığında, her parsel 4 sıra ve her sıra 5 metre uzunluğunda olacak şekilde düzenlenmiştir. Parsellerin büyüklüğü 14 m<sup>2</sup>'den oluşmuştur.

hava sıcaklığı, toprak ve bitki durumu göz önünde bulundurularak çıkıştan sonra 6 kez sulama yapılmıştır.Yabancı ota karşı bir kez,çizgili yaprak kurdu, sap kurdu ve koçan kurdu içinde iki kez ilaçlama uygulanmıştır.Hasat 10 Ağustos 2014 gerçekleştirilmiştir.

### Gözlemler ve ölçümler:

Araştırmada, genotiplere ait bin tane ağırlığı (g), patlamayan tane oranı (%), patlama oranı (%), patlama hacmi (cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>), protein oranı (%), yağ oranı (%), kuru madde oranı (%) ve nişasta oranı (%)

özellikleri incelenmiş olup, gözlem ve ölçümler İdikut ve ark. (2015)'nin çalışmalarında belirttikleri üzere yapılmıştır.

Verilerin istatistiksel analizleri, deneme planına uygun olarak SAS paket programında Anova prosedürü kullanılarak yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır.

Çizelge 3. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 3. Some physical and chemical properties of the trial area soils

Özellikler Features	Doygunluk (%) Saturation (%)	Tuz (%) Salt (%)	pH	Kireç (%) Lime (%)	Fosfor (kg da <sup>-1</sup> ) Phosphorus (kg da <sup>-1</sup> )	Potasyum (kg da <sup>-1</sup> ) Potassium (kg da <sup>-1</sup> )	Organik madde (%) Organic matter (%)
Analiz sonuçları Analysis results	48.4	0.22	8.15	14.9	10.28	26.38	1.9

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Bin tane ağırlığı (g):

Çizelge 4'de görüldüğü üzere bin tane ağırlığı özelliği bakımından genotipler arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). Yerel cin mısır genotiplerinin bin tane ağırlıkları 181.06-127.12 g arasında değişiklik gösterdiği, en yüksek değer

181.06 g ile 16 nolu genotipte ve en düşük değer ise 127.12 g ile 12 nolu genotipte olduğu belirlenmiştir. Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel ticari çeşitlerde ise bin tane ağırlığı 161.54 ve 166.17 g olmuştur. Yerel cin mısırı popülasyonundan bazılarının bin tane ağırlıkları tescilli yerel çeşitlerden yüksek değerler göstermiştir.

Çizelge 4. Yerel cin mısır genotiplerinin bin tane ağırlığı, patlamayan tane oranı, patlama oranı ve patlama hacmine ait ortalamalar ve grupları

Table 4. Averages and groups of Landraces popcorn genotypes for one thousand grain weight, non-burst grain rate, burst rate and burst volume

Genotipler Genotypes	Bin Tane Ağırlığı (g) One Thousand Grain Weight (g)	Patlamayan Tane Oranı (%) Unpopped Kernel Ratio (%)	Patlama Oranı (%) Popping Ratio (%)	Patlama Hacmi (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ) Popping Volume (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> )			
1-Tokat Erbağ	128.79±0.63	e	0.028±0.01	bc	0.973±0.01	ab	20.25±0.68a-c
2-Samsun Merkez	163.25±4.35	bc	0.035±0.01	bc	0.965±0.01	ab	21.70±1.68a
3-Samsun Cin	162.03±6.10	bc	0.028±0.02	bc	0.973±0.02	ab	18.63±0.84b-d
4-Samsun Beyaz Cin	143.98±5.90	d	0.018±0.01	c	0.983±0.01	a	15.50±1.83e
5-Sakarya Hanköyü	151.08±10.61	cd	0.030±0.01	bc	0.970±0.01	ab	17.15±2.72de
6-Nermincin	161.54±2.42	bc	0.028±0.01	bc	0.973±0.01	ab	20.25±1.89a-c
7-Konya Patlak	153.68±3.27	cd	0.028±0.01	bc	0.973±0.01	ab	18.95±1.05b-d
8-Kadirli Cin	156.11±12.06	cd	0.023±0.01	bc	0.978±0.01	ab	20.10±0.78a-c
9-Edirne Beyaz Cin	164.29±28.76	bc	0.053±0.02	ab	0.948±0.03	bc	15.55±2.91e
10-Çanakkale Sarı Cin	144.67±1.53	d	0.033±0.02	bc	0.968±0.02	ab	21.78±1.22a
11-Çanakkale Patlak	173.94±1.45	ab	0.030±0.01	bc	0.970±0.01	ab	16.63±3.15de
12-Çanakkale Kırmızı Patlak	127.12±3.78	e	0.045±0.03	a-c	0.955±0.03	a-c	17.85±2.09c-e
13-Çanakkale Beyaz Cin	167.03±14.49	a-c	0.043±0.01	a-c	0.958±0.01	a-c	18.90±2.36b-d
14-Balıkesir Cin	159.29±11.24	b-d	0.075±0.06	a	0.925±0.06	c	16.65±1.08de
15-Balıkesir Beyaz Cin	167.94±6.22	a-c	0.048±0.01	a-c	0.953±0.01	a-c	15.83±0.47e
16-Bafra Kosuköy	181.06±5.81	a	0.030±0.01	bc	0.970±0.01	ab	21.30±0.89ab
17-Ant Cin 98	166.19±9.11	a-c	0.045±0.02	a-c	0.955±0.02	a-c	21.00±0.93ab
Genel ortalama (General average)	157.174		0.387		0.964		18.71
F değeri (F value)	8.35**		1.85**		1.85**		6.79**

\*\* : p < 0.01; \* : p < 0.05.

Cin mısırının bin tane ağırlığı ile yapılan araştırmalardan; Özkaynak ve Samancı (2003) 15 cin mısırı hatlarında en yüksek 114.8 g, melezlerde ise 115.2 g, Marques ve ark. (2015) ise cin mısırı genotiplerinde bin tane ağırlığını 131.43-137.99 g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Gökmen ve ark. (2001), bin tane ağırlığı ile patlayan tane oranı arasında doğru orantılı bir ilişki tespit etmiştir. Daha önceki araştırmacıların bulguları ile bu çalışmaya ait bulgular uyum içindedir.

### Patlamayan tane oranı (%):

Yerel cin mısır genotiplerinin patlamayan tane oranı % 0.018-0.075 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu genotiplerden patlamayan tane oranı en fazla olan 14 nolu genotip, en az olanın ise 4 nolu genotip olduğu kaydedilmiştir. Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise patlamayan tane oranı % 0.03 ve 0.05 oranında gerçekleşmiştir. Yerel cin mısırı popülasyonunun bazılarının patlamayan tane ağırlığı yerel çeşitlerden yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4).



Özkaynak ve Samancı (2003), patlamamış tane oranını % 3.49-12.19 aralığında belirlerken, Güven (2006), 4 melez cin mısırdaki yaptığı çalışmada patlamamış tane oranını % 12.6-13.7 arasında bulmuşlardır. İdikut ve ark. (2015), Kahramanmaraş'ta 13 cin mısırdaki yaptığı çalışmada patlamayan tane oranını % 8-24 arasında, Öztürk ve ark. (2016), Antalya'nın Aksu ilçesinde 35 cin mısırdaki patlamayan tane oranını %1.8-35.4 arasında belirlemiştirlerdir. Bu bulgular elde edilen sonuçları desteklemektedir.

#### **Patlama oranı (%):**

Çizelge 4 incelendiğinde genotiplerin patlama oranının % 0.925-0.983 arasında değiştiği ve genotipler arasındaki farklılığın önemli olduğu tespit edilmiştir. Yerel cin mısırdaki genotiplerinden patlama oranı en fazla olan genotipin 4 nolu genotip, en az olan genotipin 14 nolu genotip olduğu kaydedilmiştir. Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise patlama oranı % 0.97 ve 0.96 olmuştur. Yerel cin mısırdaki popülasyonundan bazılarının patlama oranı yerel çeşitlerden yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir.

Patlama oranı kullanılan genotiplere bağlı olarak değişiklik göstermesinin yanı sıra aynı zamanda tane nemi, tanede protein oranı ve tane büyüklüğü ile ilgili ilişkili olarak değişmektedir. Bununla ilgili olarak Nascimento ve Baiteux (1994), en iyi patlama hacmi ve en düşük patlamayan tane oranının % 10.2 nem oranının artmasıyla patlama hacminin arttığını belirtmişlerdir. Önceki çalışmalardan elde edilen bulguların, bu çalışmaya ait bulguları kısmen desteklemektedir.

#### **Patlama hacmi (cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>):**

Patlama hacmi yönünden cin mısırdaki genotipleri arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu (p<0.01) belirlenmiş, genotiplere ait ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 4'de verilmiştir.

Araştırmada kullanılan yerel cin mısırdaki genotiplerinin patlama hacminin 15.55-21.78 cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> arasında değiştiği, patlama hacmi en yüksek olan genotipin 10 nolu genotip ve en düşük genotipin 4 nolu genotip olduğu belirlenmiştir. Patlama hacmi yönünden genotipler arasındaki farklılıklar önemli olmuştur (Çizelge 4). Nermincin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise patlama hacmi 20.25 ve 21.00 cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> olmuştur. Yerel cin mısırdaki popülasyonundan bazılarının patlama hacmi tescilli yerel çeşitlere yakın değer göstermiştir.

Ziegler ve Ashman (1994), cin mısırdaki en iyi patlama hacmini %13-14 nem düzeyinde bulmuştur. Galvao ve ark (2000), Brezilya'da yaptıkları çalışmada ilk yıl patlama hacmini 36 ml g<sup>-1</sup> ikinci yıl 35.1 ml g<sup>-1</sup> olarak saptamışlardır. Gözübenli ve ark (2000), Ant Cin 98 mısırdaki 5.5-6 mm. tane iriliğinde ve %14 nem içeriğinde en yüksek patlama hacmini 32.81 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>

olarak bulmuştur. Özkaynak ve Samancı (2003), 15 cin mısırdaki hatta ile elde edilen melezlerde hatlarda en yüksek 3.48 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> iken melezlerde 2.84 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> olarak gerçekleştiğini belirtmiştir. Carpentieri-Pipolo ve ark. (2005), Brezilya'da 8 cin mısırdaki yaptığı çalışmada patlama hacmi 25.5-28.6 cm<sup>3</sup>g<sup>-1</sup> arasında, İdikut ve ark. (2015), Kahramanmaraş'ta 13 cin mısırdaki yaptığı çalışmada patlama hacmi 10-22 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> olarak bulmuştur. Öztürk ve ark. (2016), Antalya'nın Aksu İlçesinde 35 cin mısırdaki patlama hacmi 8.3 -29.3 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> arasında bulmuşlardır.

Katta ve Bullerman (1995), beyaz ve sarı cin mısırdaki depolama süresi arttıkça patlama hacminin düştüğünü, Sing ve ark. (1997), zarar gören tanelerde patlama hacmi tane hacmine bağlı olarak artmış olduğunu bulmuşlardır. Nascimento Baiteux (1994), en iyi patlama hacminin ve en düşük patlamayan tane oranının % 10.2 nem oranında bulunmuştur. Prophan ve Rai (2000), Hindistanda 154 cin mısırdaki yaptığı çalışmada patlama hacmi tane ağırlığı arasında olumsuz ilişki belirlenmiştir. Gökmen ve ark. (2001), patlama hacmi ile tane verimi ve bin tane ağırlığı arasında ters bir ilişki bulmuştur. Tian ve ark. (2001), ABD'de yaptığı çalışmada patlama hacmi ile fiziksel özellikler arasında doğrudan güçlü bir ilişki bulunmuştur. Reddy ve ark. (2003), patlama hacminin sadece patlama derecesi ile olumlu ve önemli ilişkisi olduğunu belirlemiştir. Cin mısırdaki patlama hacmine Gomes ve Gama (1990), iklim şartlarının, kullanılan gübre miktarının, ekim zamanının, yabancı otlar, böcek ve hastalıklarda kullanılan yöntemlerin, ekim derinlik ve sıklığının, hasat yönteminin ve saklanma şartlarının etkisi olduğunu belirtilmiştir. Daha önceki yapılan çalışmalardaki bulgular, bu araştırmada patlama hacminde kaydedilen farklılıkları açıklamaktadır.

#### **Protein oranı (%):**

Patlama oranı yönünden cin mısırdaki genotipleri arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu (p<0.01) kaydedilmiştir. Araştırmada kullanılan yerel cin mısırdaki genotiplerinin protein oranı % 8.44-16.65 arasında değişmiştir. Yerel cin mısırdaki genotiplerinin protein oranı en fazla olan genotipin 5 nolu genotip, en az olan genotipin ise 1 nolu genotip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.). Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise protein oranı %10.16 ve 8.73 olduğu belirlenmiştir. Yerel cin mısırdaki popülasyonundan bazılarının protein oranı tescilli yerel çeşitlerden çok daha yüksek değere sahip olduğu görülmüştür.

Banarjee ve ark. (2004), Hindistan'da yaptığı çalışmada protein içeriğini ortalama olarak % 9.19 bulmuşlardır. Önceki çalışmalarda elde edilen bulguların bu çalışmaya ait bulguları desteklediği gözlenmiştir.

### Yağ oranı (%)

Yağ oranı yönünden cin mısırı genotipleri arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu ( $p<0.01$ ) belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan yerel cin mısırı genotiplerini yağ oranı % 3.00-6.65 değerleri arasında değişmiştir.

Yerel cin mısırı genotiplerinin yağ oranı en fazla % 6.65 oranla 5 nolu genotipte gerçekleşmiştir. En az yağ oranı ise % 3.00 değerle 7 nolu genotipte görüldüğü

belirlenmiştir. Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise yağ oranı değerleri % 4.86 ve 3.69 olarak gerçekleşmiştir. Yerel cin mısırı popülasyonunun bazılarının yağ oranı tescilli yerel çeşitlerden çok daha yüksek değere sahip olduğu kaydedilmiştir.

Ratkoviç ve Dumanoviç (1991), 6 hibrit mısırdan en düşük yağ oranını patlak mısırdan, en yüksek oranı ise standart tipte belirlemişlerdir.

Çizelge 5. Yerel cin mısırı genotiplerinin patlama hacmi, protein oranı, yağ oranı, nişasta oranı ve kuru madde oranına ait ortalamalar ve grupları

Table 5. Average values and groups of landraces popcorn genotypes for burst volume, protein ratio, oil ratio, starch ratio and dry matter ratio

Genotipler <i>Genotypes</i>	Protein Oranı (%) <i>Protein Ratio (%)</i>	Yağ Oranı (%) <i>Oil Ratio (%)</i>	Nişasta Oranı (%) <i>Starch Ratio (%)</i>	Kuru Madde Oranı (%) <i>Dry Matter Ratio (%)</i>
1-Tokat Erbağ	8.44±0.03 e	3.56±0.07 h	78.87±0.33 a-c	87.50±0.13 a-c
2-Samsun Merkez	9.88±0.10 b-d	4.01±0.07 e-h	77.77±0.61 bc	87.43±0.31 a-c
3-Samsun Cin	10.05±0.27 b	4.40±0.31 b-e	77.18±0.17 bc	87.45±0.87 a-c
4-Samsun Beyaz Cin	9.88±0.64 b-d	4.44±0.12 b-e	77.19±2.56 bc	87.75±0.64 ab
5-Sakarya Hanköyü	16.65±0.01 a	6.65±0.01 a	78.88±2.24 ab	86.65±0.01 c
6-Nermincin	10.16±1.46 b	4.86±0.45 b	76.83±1.22 c	87.85±0.19 a
7-Konya Patlak	8.68±0.10 de	3.00±0.02 ı	80.17±0.28 a	86.81±0.98 bc
8-Kadirli Cin	10.31±1.48 b	4.72±0.66 bc	76.90±1.62 c	88.00±0.27 a
9-Edirne Beyaz Cin	9.49±0.94 b-e	4.51±0.25 b-e	78.26±1.99 bc	88.48±0.76 a-c
10-Çanakkale Sarı Cin	9.93±0.36 bc	4.37±0.04 b-e	77.42±0.06 bc	87.73±0.19 ab
11-Çanakkale Patlak	10.14±0.97 b	4.06±0.04 d-f	77.69±0.54 bc	87.94±0.14 a
12-Çanakkale Kırmızı Patlak	9.88±0.98 b-d	4.50±0.34 b-e	77.21±1.40 bc	87.71±0.52 ab
13-Çanakkale Beyaz Cin	9.93±1.53 bc	4.22±0.20 c-f	76.76±1.23 c	87.88±0.48 a
14-Balıkesir Cin	9.55±0.92 b-e	4.58±0.29 bc	77.62±0.66 bc	87.03±1.46 a-c
15-Balıkesir Beyaz Cin	8.53±0.79 e	3.81±0.30 f-h	78.14±0.60 bc	87.69±0.20 ab
16-Bafra Kosuköy	9.29±0.10 b-e	4.53±0.01 b-d	77.75±0.12 bc	87.53±0.06 a-c
17-Ant Cin 98	8.73±1.23 de	3.69±0.72 gf	78.54±1.10 a-c	87.75±0.32 ab
Genel ortalama ( <i>General average</i> )	9.97	4.35	73.61	87.60
F değeri ( <i>F value</i> )	2507.62**	1.68**	2.44**	1.74**

\*\* :  $p < 0.01$ ; \* :  $p < 0.05$ .

### Nişasta oranı (%)

Nişasta oranı özelliği bakımından cin mısırı genotipleri incelendiğinde genotipler arasında farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğu ( $p<0.01$ ) belirlenmiştir. Yerel cin mısırı genotiplerine ait önemlilik durumu, ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 5'de verilmiştir.

Araştırmada kullanılan yerel cin mısırı genotiplerinin nişasta oranı % 76.76 - 80.17 değerleri arasında değişmiştir. Nişasta oranı en yüksek olan genotipin 7 nolu genotip olurken, en düşük nişasta oranının 13 nolu genotipten elde edilmiştir. Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise nişasta oranı %76.83 ve 78.54 olduğu belirlenmiştir. Yerel cin mısırı popülasyonunun bazılarının nişasta oranı tescilli yerel çeşitlerden daha yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Sweley ve ark. (2012) tanede nişasta oranlarının % 61.5-65.3 arasında, Aliu ve ark. (2012) tanede nişasta içeriğinin % 67.39-72.15 arasında varyasyon gösterdiğini bildirmişlerdir.

### Kuru madde oranı (%)

Kuru madde oranı yönünden cin mısırı genotipleri arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu ( $p<0.01$ ) görülmektedir. Araştırmada kullanılan yerel cin mısırı genotiplerini kuru madde oranı % 86.65-88.00 arasında değişmiştir. Yerel cin mısırı genotiplerinin kuru madde oranı en fazla % 88.00 değerle 8 nolu genotipte, en az kuru madde % 86.65 oranla 5 nolu genotipte olduğu belirlenmiştir. Nermin Cin ve Ant Cin 98 yerel çeşitlerde ise kuru madde oranı % 87.85 ve 87.75 olduğu belirlenmiştir. Yerel cin mısırı popülasyonunun bazılarının kuru madde oranı tescilli yerel çeşitlerle benzer değer gösterdiği tespit edilmiştir.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak incelenen özelliklerden de görüldüğü gibi yerel cin mısırı popülasyonlarının bazı özellikleri yönünden yerel ticari çeşit olan Nermin Cin ve Ant Cin 98'den daha yüksek değerlere sahip olduğu kaydedilmiştir. Burada yerel genotiplerle yapılan

çalışmanın önemli olduğu ve genotip geliştirme ve ıslah çalışmalarına da öncülük etmesi açısından önem arz ettiği anlaşılmaktadır. Bölge çiftçisinin yerel çeşitler yanında yerel populasyonlarında kullanım amaçlarına (patlatma, yağ, nişasta protein gibi özelliklerine) göre tercih edebilecekleri görülmüştür.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### TEŞEKKÜR

Bu makale Mustafa ÖNEM'in yüksek lisans tezinin bir kısmını kapsamaktadır.

### KAYNAKLAR

Aliu S, Rusinovci I, Fetahu S, Simeonovska E 2012. Genetic Diversity and Correlation Estimates for Grain Yield and Quality Traits in Kosovo Local Maize (*Zea mays* L.) Populations. Acta Agricultural Slovenica, 99 (2): 121-128.

Anonim 2017a. Osmaniye İli Genel İklim verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=OSMANIYE>.

Anonim 2017 b. Kadirli Ticaret Borsası laboratuvarı.

Banerjee M, Singh SN 2004. Effect of Nitrogen and Plant Population on Yield Components and Yield of Popcorn Varieties of Maize. Annals of Agricultural Research, 24 (4) : 968-970.

Can M, Akman Z 2014. Uşak Ekolojik Şartlarında Farklı Azot Dozlarının Şeker Mısıra (*Zea mays* Saccharata Sturt.) Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 9 (2):93-101.

Carpentieri-Pipolo V, Rinaldi DA, Lima VEND 2005. Adaptability and Stability of Popcorn Populations. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 40 (1) : 87-90.

Dwivedi SL, Ceccarelli S, Blair MW, Upadhyaya HD, Are AK, Ortiz R 2016. Landrace Germplasm for Improving Yield and Abiotic Stress Adaptation. Trends in Plant Science, 21 (1) : 31-42.

Echarte L, Andrade FH, Vega CRC, Tollenaar M 2004. Kernel Number Determination in Argentinean Maize Hybrids Released Between 1965 and 1993. Crop Science, 44(5): 1654-1661.

FAOSTAT 2020. Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> adresinden ulaşılmıştır.

Galvao EF, Plenio MB, Virmani S 2000. Tripartite Entanglement and Quantum Relative Entropy. Journal of Physics A: Mathematical and General, 33(48): 8809-8816.

Gomes E, Gama EE 1990. Popcorn. Informe Agropecuario (BeloHorizonte) 14 (165) : 12-16.

Gökmen S, Sencar Ö, Sakin MA 2001. Response of Popcorn (*Zea mays* everta ) to Nitrogen Rates and Plant Densities. Türk J. Agric. For., 25:15-23.

Gözübenli H, Şener O, Konuşkan Ö 2000. Farklı Tane İrilikleri ve Nem İçeriklerinin Cin Mısıra Patlama Özelliklerine Etkileri. MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 5(1-2): 149-158.

Güven B 2006. Mikrodalga Fırın Gücü ve Ürün Miktarının Cin Mısıra Patlama Karakterlerine Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 53 sy.

İdikut L, Yürürdurmaz C, Zulkadir G, Çölkesen M 2015. Yerel Cin Mısıra Genotiplerinin Kahramanmaraş Koşullarında Tarımsal Özelliklerinin Araştırılması. KSÜ Doğa Bil. Dergisi, 18 (3): 1-8.

Jele P, Derera J, Siwela M 2014. Assessment of Popping Ability of New Tropical Popcorn Hybrids. Australian Journal of Crop Science, 8(6): 831-839.

Katta SK, Bullerman LB 1995. Effects of High Temperature and Relative Humidity on Mold Content and Quality of Stored Popcorn. Journal of Food Protection, 58 (9) : 1018-1022.

Lana MA, Eulenstein F, Schindwein SL, Graef F, Sieber S, Von Hertwig Bittencourt H 2017. Yield Stability and Lower Susceptibility to Abiotic Stresses of Improved Open-Pollinated and Hybrid Maize Cultivars. Agronomy for Sustainable Development, 37(4): 30-41.

Marques OJ, Filho PSV, Scapim CA, Bonato CM, Okumura RS, Luciano Ivano da Silva L, Soares de Souza R 2015. Sowing Time of Popcorn During the Summer Harvest Under Supplemental Irrigation in Ferralic Nitisol and Subtropical Climate. Australian Journal of Crop Science, 9(5): 413-423.

Nascimento WM, Boiteux LS 1994. Effect of Moisture Content of Kernels on the Popping Expansion of Popcorn. Horticultura Brasileira 12 (2) : 179-180.

Özkaynak E, Samancı B 2003. Cin Mısıra Hatlarının ve Yoklama Melezlerinin Verim ve Verimle İlgili Özellikler Bakımından Karşılaştırılması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 16 (1): 35-42.

Öztürk A, Erdal Ş, Pamukcu M, Boyacı HF 2016. Cin Mısıra Hatlarının Bazı Kalite Özellikleri ve Özellikler Arası İlişkilerin Belirlenmesi. Derim, 33(1):119-130

Prodhan HS, Rai R 2000. Character Association in Popcorn. Indian Agriculturist 44 (1-2) : 101-103.

Ratkovic S, Dumanovic J 1991. Distribution of Oil Content in the Maize Ear. Savremena Poljoprivreda, 39 (3) : 19-25.

Reddy VS, Chandramohan Y, Rao NV, Krishna L 2003. Character Association and Path Analysis in Popcorn (*Zea mays* var. everta). Crop Research (Hisar) 25 (2) : 297-300.

- SAS 1997. SAS Conference Proceedings: Western Users of SAS Software.
- Singh V, Barreiro NL, Mckinstry J, Burak P, Eckhoff SR 1997. Effect of Kernel Size, Location, and Type of Damage on Popping Characteristics of Popcorn. *Cereal – Chemistry*, 74(5) : 672-675.
- Sweley JC, Rose DJ, Jackson DS 2012. Hybrid and Environment Effects on Popcorn Kernel Physiochemical Properties and Their Relationship to Microwave Popping Performance. *Journal of Cereal Science*, 55(2) : 188-194.
- Tekçe E, Gül M 2014. The Importance of NDF and ADF in Ruminant Nutrition. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9(1) : 63 -73.
- Tian Y, Buriak P, Eckhoff SR 2001. Effect of Hybrid and Physical Properties of Individual Popcorn Kernels on Expansion Volume. *Cereal Chemistry* 78 (5) : 578-582.
- TÜİK 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001adr](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001adr) esinden erişildi.
- Ziegler K, Ashman B 1994. Popcorn. (In A. Hallauer, & A. Hallauer (Ed.), *Specialty Corns* Boca Raton: CRC Press), 189-223.



## Orta Anadolu Kuru Şartlarında Ekmeklik Buğdayda Optik Sensöre Dayalı Mevsim İçi Azotlu Gübre Kalibrasyon Optimizasyonu

Erdinc SAVASLI<sup>1\*</sup>, Oguz ONDER<sup>2</sup>, Cemal CEKIC<sup>3</sup>, Hasan Müfit KALAYCI<sup>4</sup>, Ramis DAYIOGLU<sup>5</sup>  
Yaşar KARADUMAN<sup>6</sup>, Fatma GOKMEN YILMAZ<sup>7</sup>, Nesim DURSUN<sup>8</sup>, Sait GEZGIN<sup>9</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Eskişehir, <sup>7,8,9</sup>Selçuk University, Faculty of Agriculture, Konya, TÜRKİYE

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5326-4710>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8184-1316>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-0700-5165>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-3751-238X>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-7134-4965>, <sup>6</sup><https://orcid.org/0000-0003-1306-3572>

<sup>7</sup><https://orcid.org/0000-0001-8523-1825>, <sup>8</sup><https://orcid.org/0000-0002-3677-2868>, <sup>9</sup><https://orcid.org/0000-0002-3795-4575>

\*✉: [esavasli26@gmail.com](mailto:esavasli26@gmail.com)

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, buğdayın ZD 3.0 (sapa kalkma başlangıcı) döneminde klorofil metre (SPAD) ve GreenSeeker (NDVI) optik sensörler ile buğdayın N alımı ile tane verimi arasındaki ilişkileri ölçmek, doğrulamak ve gübre tavsiyeleri için denklem oluşturmaktır. Bu çalışmada, kuru koşullarda 4 farklı çeşit (Altay2000, Gerek79, Sönmez2001 ve Bezostaja1), 6 farklı azot dozuna (0, 3, 6, 9, 12 ve 15 kg N da<sup>-1</sup>) karşılık olarak verdikleri mevsim içi spektral yansıma okumalarının hesaplanan vejetasyon indeksleri ve mevsim içi verim tahmini yöntemiyle belirlenmiştir. Zadoks (ZD) 2.4 (kardeşlenme), ZD 3.0 (sapa kalkma başlangıcı), ZD 3.1 (sapa kalkma 1 boğum dönemi) ve ZD 3.2 (sapa kalkma 2 boğumlu dönem) olmak üzere 4 ayrı dönemde vejetasyon indeksi (NDVI) okumaları yapılmıştır. Bu dönemlerden en uygun Zadoks 3.0 (sapa kalkma başlangıcı) döneminde yapılan okumalar en gerçekçi yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Yaprak klorofil değerleri hakkında da bilgi veren spadmetre (SPAD) kullanımına göre mevsimiçi verim tahmini yapmaya olanak sağlayan NDVI yöntemi daha uygun bulunmuştur. 8 çiftçi tarlasından alınan değerlerin karşılaştırılmasında, optik sensör (NDVI) yönteminin önerdiği azot dozlarının çiftçi uygulamasıyla benzer verim düzeylerinde 0.9 kg N da<sup>-1</sup> daha az azot kullanım sağladığı görülmüş, yani sistemin ekonomik etkinlik yönü öne çıkmıştır. Spadmetre kullanılarak erken ilkbahar döneminde azotlu gübre tavsiyesinde, normalize edilmiş spad (NSPAD) değerlerindeki artışın verimde neden olduğu artışı gösteren 4 dönemde de aynı Klorofil Yeterlilik İndeksi (Chlorophyll Sufficiency Index) 0.95 kritik eşik değeri nin altında olduğu zaman azotlu gübre tavsiye önerilmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 06.05.2020

Kabul Tarihi : 09.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

Azot  
NDVI  
SPAD  
Optik Sensör

## Calibration Optimization For Sensor-Based In-Season Nitrogen Management of Rainfed Winter Wheat in Central Anatolian Conditions

### ABSTRACT

This study aimed to determine the Wheat response to nitrogen topdressing doses and calibrate the optic sensor NDVI reading. The objective of this study was to quantify and validate the relationships between N uptake and grain yield of wheat using in-season measurements by chlorophyll meter and GreenSeeker optical sensor at Zadoks3.0 growth stage (stem elongation) of wheat. In the study, responses of four winter wheat cultivars (Altay2000, Gerek79, Sönmez 2001 and Bezostaja1) to six N rate (0,3,6,9,12 and 15 kgNda<sup>-1</sup>) under rainfed conditions were compared with vegetation indices based on spectral reflection and In-Season Estimates of Yield calculated from these indices. GreenSeekersensor was used for this purpose. Vegetation indices (NDVI) were obtained at growth stages Zadoks2.4, Zadoks3.0, Zadoks3.1 and Zadoks3.2, Zadoks3.0 (stem elongation) was found to be the most realistic reading time. In the last year of the

### Research Article

#### Article History

Received : 06.05.2020

Accepted : 09.06.2020

#### Keywords

Nitrogen  
NDVI  
SPAD  
Optic Sensor

project NDVI based calibration equations were preferred for tests in actual farmers' fields due to the fact that NDVI method had an advantage, over Spadmeter (SPAD) use, of giving information on biomass, in addition to nitrogen nutrition status of the crop, making in-season yield estimation possible. A comparison of the system with traditional farmer applications, based on the average of 8 farmers' fields, the new system was shown to give similar yields with 0.9 kg da<sup>-1</sup> less Nitrogen in the spring (ZD3.0), showing its economically promising value. Chlorophyll Sufficiency Index was determined by using spadmeter in the early spring nitrogen fertilizer recommendation in the same period as 0.95 critical threshold value which showed increase in yield caused by increase in NSPAD values.

**Atf İçin:** Savaşlı E, Önder O, Çekiç C, Kalaycı HM, Dayıoğlu R, Karaduman Y, Gökmen Yılmaz F, Dursın N, Gezgin S 2021. Orta Anadolu Kuru Şartlarında Ekmeklik Buğdayda Optik Sensöre Dayalı Mevsim İçi Azotlu Gübre Kalibrasyon Optimizasyonu. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 130-140. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.732913>.

**To Cite:** Savaşlı E, Önder O, Çekiç C, Kalaycı HM, Dayıoğlu R, Karaduman Y, Gökmen Yılmaz F, Dursın N, Gezgin S 2021. Calibration Optimization For Sensor-Based In-Season Nitrogen Management of Rainfed Winter Wheat in Central Anatolian Conditions. KSU J. Agric Nat 24 (1): 130-140. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.732913>.

## GİRİŞ

Son yıllarda kullanılmaya başlanan sensörlere dayalı yeni teknolojiler tarımda dikkate değer şekilde önemli faydalar sağlamaya başlamıştır (Pivoto ve ark., 2018). Bu teknolojilerin katkı sağlayabilmesi için her bölge için modifiye edilmesi zorunlu olmaktadır (Walshve ark., 2018). Böylece optik sensörler ürünlerin verim ve biyokütle özelliklerini tahmin etmede yaygın şekilde kullanılabilir (Christoph ve ark., 2018). Optimum ürün elde etmek için en uygun azot dozlarının belirlendiği benzer sensöre dayalı çalışmalarda da genel matematik modelleri kullanılarak algoritmalar geliştirmeye odaklanılmaktadır (Franzen ve ark., 2016). Son yıllarda ise, elde edilmesi beklenen verim düzeylerinde, azotlu gübrelemeyle alınacak karşılığı yıl içinde ve tarla düzeyinde belirlemeye yönelik mevsim içi azotlu gübre yönetim sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Azot eksikliğinin yaprak klorofil konsantrasyonlarında azalmaya neden olduğu belirtilmektedir (Penueles ve ark., 1993). Fazla azot eksikliğinde bitkiler kırmızı yansıma alanlarında daha fazla yansıma vermektedir (Steven ve ark., 1990). Stone ve ark., (1996) kışık buğdayda optik sensör yansımalarının toplam bitki kütlesi (biyomas) ile yüksek korelasyon verdiğini, Raun ve ark., (2001) buğdayda sapa kalkma başlangıcında sensör yansıma değerleri aracılığıyla verim potansiyelinin belirlenebileceğini göstermiştir. Bijay-Singh ve ark., 2013 yılında Güney Asya'da yürütülen çalışmada maksimum kardeşlenme dönemi öncesinde SPAD ve NDVI okumaları yapılarak INSEY (Mevsim İçi Verim Tahmini) değeri 0.005-0.011 değeri arasında iken uygulanan 3 kg N da<sup>-1</sup> azot ile verim artışı sağlandığı belirtilmiştir. Klorofil, bitkilerin yeşil renginden sorumlu pigmenttir ve fotosentezdeki ışığı yakalayan molekül-bitki üretimini belirleyen temel metabolik

süreçlerdir (Araus ve ark., 1997). MINOLTA SPAD 502, kırmızı (650 nm) ve yakın kızılötesi (940 nm) dalga boylarındaki ışık transmisyonlarını ölçerek yaprak klorofil oranlarını tahmin etmekte olup (Markwell, 1995), bu değerler buğdayın azotlu gübreleme ihtiyacını belirleme amacıyla da kullanılmaktadır (Lopez-Bellido, 2004). Santos ve ark., (2019) Spadmetre kullanılarak azot yeterlilik endeksi (NSI) kritik eşik değeri 0.95 olarak belirlenmiş ve bu kritik eşik değerinin altında olduğu ilkbahar dönemi azotlu gübrelemenin verim üzerine etkili olabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmanın amacı, bu çeşitler için optimum azot dozu belirlemek değil, tam tersine, genel ortalama üzerinden, tarla düzeyinde ve yılın gidişine göre tavsiye yapabilmek için yöntem geliştirmektir.

Eskişehir (GKTAEM)'de yaklaşık 15 yıldır Orta Anadolu ekmeklik Buğdayda kuru ve sulu koşulları için Optik Sensöre Dayalı Mevsim İçi Azotlu Gübre Kalibrasyon çalışmaları yürütülmektedir. Eskişehir'de yürütülen bu çalışmalarda bu geliştirilen denklemler her yıl güncellenerek daha çok yıl ve çevrenin etkileri denklem içerisinde yer almakta ve daha iyi bir verim tahmini yapmaya odaklanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında yaprak klorofil metresi (SPAD) ve GreenSeeker (NDVI) optik sensörler ile ekmeklik buğdayda azotlu gübre tavsiyesi için kalibrasyon denklemleri geliştirme çalışmaları değerlendirilmiştir.

## MATERYAL ve METOD

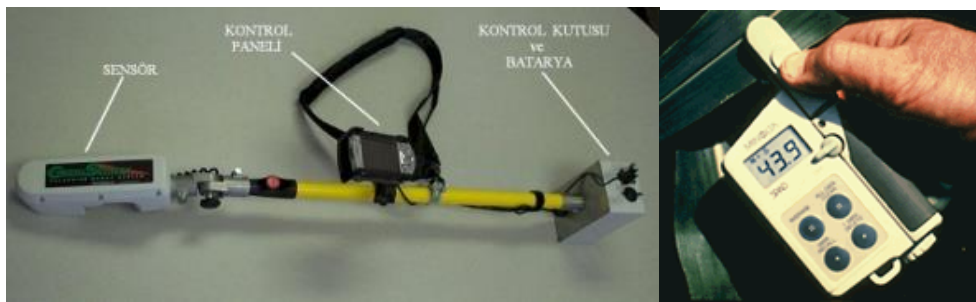
Bu çalışma kuru koşullarda 2008-2009 ve 2009-2010 üretim yıllarında dört farklı lokasyonda yürütülmüştür. Çalışma GKTAEM Merkez Yerleşke arazisinde Lokasyon 1: Enstitü (2009), Lokasyon 2: Yusufklar köyü (2009), Lokasyon 3: Yusufklar köyü (2010) Lokasyon 4 Güneli (2010) farklı toprak yapısı ve çiftçi tarlalarında denemeler yürütülmüştür.

Çalışmada, genotiplerin kalite özellikleri açısından bir varyasyon yaratmak için 2 kırmızı sert (Bezostaja1 ve Sönmez2001) ve 2 beyaz yumuşak çeşit (Gerek79 ve Altay2000) kullanılmıştır. Çalışmada bu kalibrasyon çalışmalarını uzun süredir yürüten Oklahoma Eyalet Üniversitesi ve Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT)'in uyguladığı azotlu gübre kullanma biçimine uygun olarak azotun tamamı ekimle birlikte verilmiştir. Bunun gerekçesi, azotlu gübrenin kullanılmasıyla bitki tarafından alınan klorofil oranlarına, dolayısıyla optik sensör okuma değerlerine yansımaları için gereken süre ortalama 4-5 hafta olarak ifade edildiğinden azotun yarısını ilkbaharda vermenin yansıma okumalarını geciktirmesi olasılığıdır. Bu uygulama (Ekim ile birlikte azotun tamamı) kalibrasyon denklemi oluşturma amacı ile kullanılmakta olup hiçbir koşul altında çiftçiye tavsiye edilecek bir usul olarak düşünülmemiştir. Deneme Tesadüf Bloklarında Faktöriyel deneme deseninde ve 4 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup; 6 farklı azot uygulaması (0, 3, 6, 9, 12 ve 15 kg N da<sup>-1</sup>) karşılaştırılmıştır. Azotlu gübrenin tamamı, amonyum nitrat (%33) formunda verilmiştir. Optik sensör (Green Seeker, NDVI) ve Spadmetre (SPAD) cihazıyla 4 farklı bitki gelişme döneminde Zadoks 2.4 (kardeşlenme), Zadoks 3.0 (sapa kalkma başlangıcı), Zadoks 3.1 (sapa kalkma 1.boğumlu dönem) ve Zadoks 3.2 (sapa kalkma 2.boğumlu dönem) ölçümler yapılmıştır (Zadoks ve ark., 1974). Okumalarda algılayıcı sensör bitki örtüsünden 80 cm mesafeden yapılmıştır. Bu dönemlerde yapılan NDVI okumalarında elde olunan NDVI değerleri, ekimden itibaren geçen ve buğdayın gelişebileceği bir baz değerinin (+4.4°C) üzerindeki gün sayısına bölünerek INSEY (Mevsim İçi Verim Tahmini) değerleri bulunmuştur (Raun ve ark., 2002; Mullen ve ark., 2003). Sistem, spektral yansıma prensibine göre çalışmakta olup, bu değerleri değişik dalga boylarındaki yansımalar üzerinden hesaplamaktadır

(Peñuelas ve ark, 1993).

### Spadmetre

SPAD okumaları, her bir parselden rasgele seçilen 10 bitkinin ana saplarındaki, gelişmesini en son tamamlamış yapraklarda ve üç (dip, Orta ve Uç kesimde) ayrı kesimde yapılan okumaların ortalaması alınarak yapılmıştır (Lopez-Bellido ve ark., 2004). Parsellerden bu şekilde elde olunan SPAD değerleri, aynı genotipin en yüksek dozda gübrelenen parsellerinden elde olunan SPAD değerlerine bölünerek nispi olarak ifade edilmiştir ki buna normalizasyon işlemi adı verilmektedir. Buna göre: NSPAD hesaplaması değişik dönemlerde okunan SPAD değerlerinin NSPAD değerlerine çevrilmesi, her parselde okunan değer, o çeşidin o denemede verdiği en yüksek SPAD değerinin yüzdesi olarak ifade edilmesi şeklinde gerçekleşmekte ve aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır: **NSPAD (Normalize edilmiş SPAD) = SPAD (parsel) / SPAD (maximum)** (Varvel ve ark., 1997) (1). Bu amaçla NSPAD değeri kullanılmıştır. Bugün yaygın olarak kullanılan Minolta SPAD-502 klorofilmetre (Markwell ve ark., 1995), yaprakların klorofil yoğunluğunu SPAD (Soil Plant Analysis Development) birimi olarak vermekte ve genellikle değerlendirmeler bu birim üzerinden yapılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılan MINOLTA SPAD-502 klorofilmetre (MINOLTA 1989) yaprak birim alanı üzerinden klorofil oranlarını SPAD birimi üzerinden verdiği için SPADMETRE olarak ta adlandırılmaktadır (Şekil 1). Çizelge 1' de deneme yerlerine ait iklim verileri verilmiştir. Toprak analiz örnekleri Bremner (1965) tarafından önerilen 2 farklı yöntemle NO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub> azotu analizleri yapılmıştır. Bu örneklerde elde olunan analiz sonuçlarından, deneme kurulan alanlara ait veriler Çizelge 2 ' de verilmiştir.



Şekil 1. GreenSeeker Model 505 spektrometre ve SPADMETER (Minolta SPAD-502)  
Figure 1. GreenSeeker Model 505 spectrometer and SPADMETER (Minolta SPAD-502)

Deneme yeri topraklarının ince (kil, killi tın ve kumlu killi tın) bünyeye ve düşük (%1-2) düzeyde organik madde içeriğine sahip olduğu da görülmektedir. Ayrıca deneme yeri toprakları orta (%5-15) ve fazla (%15-25) kireçli, hafif alkalin reaksiyonlu, düşük tuzlu veya tuzsuzdur. Denemelerde çeşitler metrekarede 500

tohum sıklığında, parsel mibzeri (Wintersteiger) ile sıra arası 20 cm ve 6 sıra olarak ekilmiştir. Parsel alanı ekimde 1.2 x 7 = 8.4 metrekaresidir ve parsel alanının 1.2 x 5 = 6.0 metrekaresi parsel biçerdöveriyle (Hege-Wintersteiger) hasat edilmiştir.



Çizelge 1. Enstitüde ölçülen yağış miktarları (2008-2010).

Table 1. The amount of precipitation measured at the Institute (2008-2010).

YILLAR	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Toplam (mm)
Uzun yıl	14.7	25.2	30.6	45.6	38.4	32.6	33.3	35	42.1	29.3	13.8	6.5	347
2008-09	30.7	6.4	49.6	34.5	66.3	82	40.9	28	15.4	10.2	19.4	2.0	385
2009-10	7.1	9.0	29.5	65.1	36.0	42.8	32.6	23.9	20.7	79.0	7.40	0.9	354

Çizelge 2. Deneme yerlerinden alınan toprakların kimyasal özellikleri (0-30 cm).

Table 2. Chemical properties of soils in the experiments places (0-30 cm).

Toprak özellikleri	Birimi	Lok1 Enstitü	Lok2 YUSUFLAR	Lok3 YUSUFLAR	Lok4 GÜNELİ
*Tekstür Sınıfı		C	C	CL	SCL
pH (1:2.5,Toprak:Su)		7.52	7.36	7.35	7.67
EC (Tuz) (1:5,Toprak:Su)	( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	140	130	203	180
CaCO <sub>3</sub> (Kireç)	(%)	9.6	13.5	19.1	23.3
Organik Madde	(%)	1.10	1.31	2.06	1.79
Fosfor (P)	mg kg <sup>-1</sup>	32.1	8.39	18.1	20.5
Potasvyum (K)	mg kg <sup>-1</sup>	666	365	405	250
Fenoldisülfonik Asit Met.(NO <sub>3</sub> ) 0-30cm	mg kg <sup>-1</sup>	3.30	2.29	3.83	3.40
Fenoldisülfonik Asit Met.(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> +NO <sub>3</sub> ) 0-30cm	mg kg <sup>-1</sup>	15.0	20.0	20.6	21.0

\* C = Killi (Clay); CL = Killi tın (Clay Loam); SCL = Kumlu Killi Tın (Sandy Clay Loam), Lokasyon1(LOK.): Enstitü(2009), Lok. 2: Yusufklar (2009), Lok.3: Yusufklar (2010) Lok.4 :Güneli (2010)

### Verilerin Analizi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi JMP istatistik programı (JMP, SAS Institute, Cary, NC) aracılığıyla yapılmıştır (JMP, 2013). Varyans analizi aracılığıyla uygulama etkilerinin önemlilik derecesi test edilmiş ve ortalama değerlerin karşılaştırılmasında Student's t yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen veri setlerinde regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Tane Verimi

Denemede elde edilen verim sonuçları Çizelge 3 ve Şekil 2a' da verilmiştir. Çizelge ve şekilden görüleceği üzere, uygulama x yıl (lokasyon veya yıl) interaksyonu önemli çıktığından, 4 denemenin dane verimlerinin ayrı ayrı değerlendirme sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde, 2000' li yıllarda geliştirilen Sönmez2001 ve Altay2000'in, bölgenin yaygın ekilen eski çeşitleri olan Bezostaja1 ve Gerek79' dan daha fazla verim verdikleri ve azotlu gübrelemeye karşılık açısından da 4 denemenin 3 ünde 9 kg N seviyesine kadar verim artışı olduğu, diğer denemede de aynı durum olmakla birlikte, istatistik önemlilik açısından optimum seviyenin 6 kg N da<sup>-1</sup> seviyesinde gerçekleştiği görülmektedir. Denemelerde elde olunan farklı verim düzeylerine karşın, azota alınan karşılıkların benzerliği Şekil.2'de grafik (b) olarak gösterilmiştir. Çeşitlerin ortalaması üzerinden denemelerin karşılaştırıldığı Şekil 2 (a) incelendiğinde, çiftçi tarlasında kurulan 3 denemenin (Lok 2, 3, 4) verimlerinin 200 ile 400 kg da<sup>-1</sup> arasında

değiştirdiği görülmektedir ki bu verim düzeyi aşırı kuraklık yaşanmayan bu yıllar için normal sayılabilir. Enstitü arazisindeki yüksek verimse, derin profilli allüviyal bir araziye sahip olan Enstitü için normalden biraz daha fazla yağışlı bir yılda ilk defa rastlanan bir durum değildir. Nitekim, Ekim başından Haziran sonuna kadar düşen yağış olarak uzun yıllar ortalaması 347 mm olan Eskişehir'de, 2008-2009 ve 2009-2010 yıllarında, aynı dönemde sırasıyla 385 ve 354mm yağış alınmıştır (Çizelge1). Azotlu gübre kalibrasyon çalışmalarında yıl, yerler ve çevrenin etkisi altında verim düzeyleri etkilenmektedir. Denemelerin ortalaması üzerinden çeşitlerin karşılaştırıldığı Şekil 2 b incelendiğinde ise, çeşitlerin azota verdikleri karşılık arasında farklılıklar olduğu ve bunun doğrudan doğruya çeşitlerin verim düzeyleriyle ilgili olduğu görülmektedir.

#### NDVI ve INSEY Değerleri ve Kalibrasyon Denklemleri

Şekil 3a'dan da görüldüğü gibi, artan azot dozu ile NDVI değerleride artmıştır. En düşük Zadoks 2.4 döneminde belirlenirken en yüksek NDVI değerleri Zadoks 3.2 döneminde belirlenmiştir. Zadoks 2.4 döneminde azot dozları arasında NDVI değerleri yönünden farklar az iken Zadoks 3.1 ve 3.2 döneminde daha belirgin olduğu görülmektedir. Zadoks ıskalasına göre (Zadoks ve ark., 1974) 2.4 (4 kardeşli dönem), 3.0 (sapa kalkma başlangıcı), 3.1 (sapa kalkma 1 boğum) ve 3.2 (sapa kalkma 2. boğum) dönemlerinde ölçülen NDVI değerlerinden, hesaplan INSEY değerleri 4 denemenin ortalaması olarak sonuç özetleri halinde de Şekil 3b'de verilmiştir.



Çizelge 3. Kuru koşullarda azotlu gübre kalibrasyon denemesi, toplam 4 denemenin azotlu gübre dozlarının 4 buğday çeşidinin dane verimleri üzerine etkisi (2008-2010).

Table 3. Nitrogen fertilizer calibration experiment in rainfed conditions, the effect of 4 trials of nitrogen fertilizer rates on grain yields of 4 wheat varieties (2008-2010).

Azot Dozu (kg N da <sup>-1</sup> )	Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> ) 2008-2009 (Enstitü)									
	ALTAY2000		BEZOSTAJA1		GEREK79		SÖNMEZ2001		Ortalama	
0	563	± 35	505	± 22	528	± 3	582	± 21	541 c	± 16
3	604	± 3	522	± 10	563	± 27	608	± 27	578 bc	± 14
6	703	± 26	575	± 10	589	± 3	627	± 45	638 a	± 22
9	643	± 10	559	± 15	621	± 40	617	± 35	610 ab	± 15
12	653	± 27	614	± 27	535	± 14	677	± 13	616 ab	± 17
15	634	± 43	524	± 20	569	± 14	646	± 10	592 ab	± 17
<b>Ortalama</b>	635 a	± 14	550 b	± 12	569 b	± 12	630 a	± 12	596	± 12

DK (%) = 9.2, AÖF (0.05) (Çeşitler için) = 35\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Azot dozları için) = 49\*\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Çeşit x Azot interaksyonu için) = 98\* kg da<sup>-1</sup>, ±; Standart hata (çeşit n=24, azot dozu n=16)

Azot Dozu (kg N da <sup>-1</sup> )	Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> ) 2008-2009 Yusufklar									
	ALTAY2000		BEZOSTAJA1		GEREK79		SÖNMEZ2001		Ortalama	
0	303	± 10	314	± 15	314	± 21	357	± 7	321 c	± 9
3	329	± 16	337	± 14	313	± 14	489	± 24	373 b	± 22
6	372	± 17	347	± 5	404	± 14	478	± 44	396 b	± 15
9	385	± 24	429	± 18	386	± 42	562	± 45	441 a	± 26
12	353	± 22	405	± 36	396	± 23	508	± 36	409 ab	± 19
15	357	± 17	408	± 30	386	± 23	463	± 43	413 ab	± 17
<b>Ortalama</b>	353 b	± 9	374 b	± 13	373 b	± 12	484 a	± 19	395	± 17

DK (%) = 12.2, AÖF (0.05) (Çeşitler için) = 35\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Azot dozları için) = 43\*\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Çeşit x Azot interaksyonu için) = 86\* kg da<sup>-1</sup>, ±; Standart hata (çeşit n=24, azot dozu n=16)

Azot Dozu (kg N da <sup>-1</sup> )	Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> ) 2009-2010 (Yusuflar)									
	ALTAY2000		BEZOSTAJA1		GEREK79		SÖNMEZ2001		Ortalama	
0	433	± 20	311	± 36	235	± 18	414	± 43	348 c	± 25
3	445	± 24	390	± 16	257	± 32	488	± 48	395 b	± 27
6	479	± 39	415	± 26	284	± 11	569	± 25	437 a	± 29
9	503	± 24	399	± 41	292	± 22	588	± 21	446 a	± 31
12	510	± 30	398	± 36	298	± 18	548	± 24	439 a	± 28
15	502	± 31	411	± 43	310	± 9	569	± 36	448 a	± 29
<b>Ortalama</b>	479 b	± 12	387 c	± 14	279 d	± 9	529 a	± 18	419	± 16

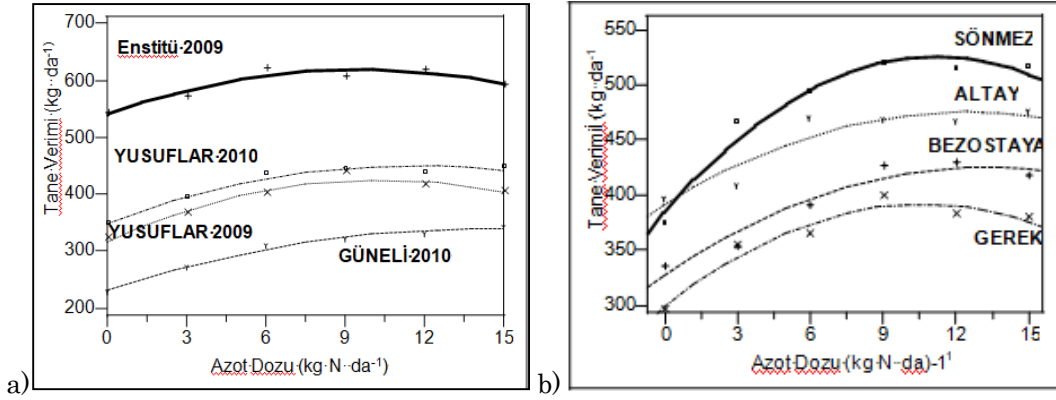
DK (%) = 13.0, AÖF (0.05) (Çeşitler için) = 31.4\*kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Azot dozları için) = 38.5\*\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Çeşit x Azot interaksyonu için) = 77.1\* kg da<sup>-1</sup>, ±; Standart hata (çeşit n=24, azot dozu n=16)

Azot Dozu (kg N da <sup>-1</sup> )	Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> ) 2009-2010 (Güneli)									
	ALTAY2000		BEZOSTAJA1		GEREK79		SÖNMEZ2001		Ortalama	
0	242	± 40	208	± 29	230	± 8.0	241	± 47	230 d	± 16
3	289	± 48	216	± 49	272	± 22	316	± 11	277 c	± 18
6	330	± 21	296	± 30	294	± 5.0	328	± 48	312 b	± 14
9	323	± 22	322	± 16	294	± 41	349	± 45	322 ab	± 16
12	356	± 33	302	± 34	298	± 21	364	± 22	330 ab	± 15
15	361	± 12	331	± 21	303	± 27	378	± 31	343 a	± 13
<b>Ortalama</b>	317 a	± 14	282 b	± 15	282 b	± 10	329 a	± 16	303	± 17

DK (%) = 14.0, AÖF (0.05) (Çeşitler için) = 24.4\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Azot dozları için) = 30.6\*\* kg da<sup>-1</sup>, AÖF (0.05) (Çeşit x Azot interaksyonu için) = 61.2\* kg da<sup>-1</sup>, ±; Standart hata (çeşit n=24, azot dozu n=16)

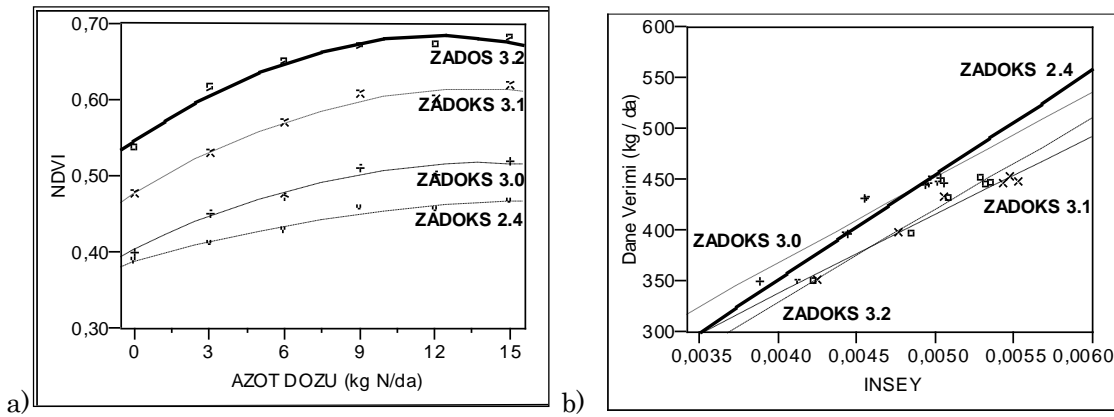
Lokasyon1(LOK.): Enstitü(2009), Lok. 2: Yusufklar (2009), Lok.3: Yusufklar (2010) Lok.4 :Güneli (2010)

\*\* %1 düzeyinde önemli, \* %5 düzeyinde önemli



Şekil 2. Kuru koşullarda azotlu gübre kalibrasyon denemesi, azotlu gübre dozlarının dane verimleri üzerine etkisi (4 deneme (a), 4 Çeşit (b)).

Figure 2. Nitrogen fertilizer calibration experiment in rainfed conditions, the effect of nitrogen fertilizer rates on grain yields (4 experiments (a), 4 genotype (b)).



Şekil 3. a) Azotlu gübre dozlarının NDVI (Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi) üzerine etkisi, b)Tane verimi ile INSEY (Mevsim İçi Verim Tahmini) arasındaki ilişki.

Figure 3. a) The effect of nitrogen fertilizer rates on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), b) Relationship between grain yield and INSEY (in-season estimated yield)

Mevsim içinde elde olunan okumalarla tahmin edilen biyolojik kütleyle ilişkin değeri doğrudan kullanmaya oranla, bu biyolojik kütle için ekimden itibaren birim zamandaki gelişmesini gösteren INSEY kavramının verim potansiyelini tahmin etmekte daha etkili olduğu belirtilmektedir (Raun ve ark., 2002; Mullen ve ark., 2003).

Elde edilen INSEY değerlerinin bağımsız, dane verimlerinin ise bağımlı değişken olarak kullanıldığı regresyon analizleri aracılığıyla kalibrasyon denklemleri hesaplanmıştır. Şekil 3(b) 'den görüldüğü gibi, NDVI değerleri mevsim ilerledikçe yükselirken, bu değerlerin azotlu gübrelemeye verdiği karşılıklarda da artış olmakla birlikte, bu farklılık Zadoks 2.4 dönemi dışında çok büyük fark görülmemektedir. Mevsim içi yansımaları kullanılarak, okuma anında azotça zengin şeridin NDVI değeri kontrol parsellerinin NDVI değerine bölünerek elde olunan değer de NDVI karşılık indeksi ( $R_{NDVI}$ ) olarak tanımlanmıştır ve bu iki indeks değeri arasında yüksek düzeyde korelasyon bulunduğu belirlenmiştir (Mullen, 2001). Denemeler arasındaki farklılık bu

dönemde de sürerken (Şekil 3a,b), azotlu gübrenin NDVI değerlerine etkisi yönünden bir önceki dönem olan sapa kalkma başlangıcından farklı bir durum oluşmamış, NDVI değerleri yine 9 kg N seviyesine kadar artış göstermiştir (Şekil 3(a)). NDVI değerlerinin her deneme için sabit bir gün sayısına bölünmesiyle bulunduğu için ayrıca istatistik analiz yapılmasına gerek kalmamış, bu nedenle her dönem için ayrı ayrı olmak üzere, INSEY değerleri 4 deneme ortalaması Şekil 3 (b)' de verilmiştir. 4 denemenin verim ortalamaları kullanılarak hesaplanan kalibrasyon denklemleri farklı gelişme dönemlerinde Zadoks 2.4, Zadoks 3.0, Zadoks 3.1 ve Zadoks 3.2 elde olunan INSEY değerleri aşağıda verilmiştir. Bu denemenin amacı, optimum gübre düzeylerini tespit etmek değil, hasatta alınan verim karşılıklarının mevsim içi spektral yansıma okumaları ve bunlardan elde olunan vejetasyon indeksi değerleriyle hangi ölçüde uyumlu olduğunu belirlemektir.

#### Tüm Çeşitlerin Ortalaması Üzerinden

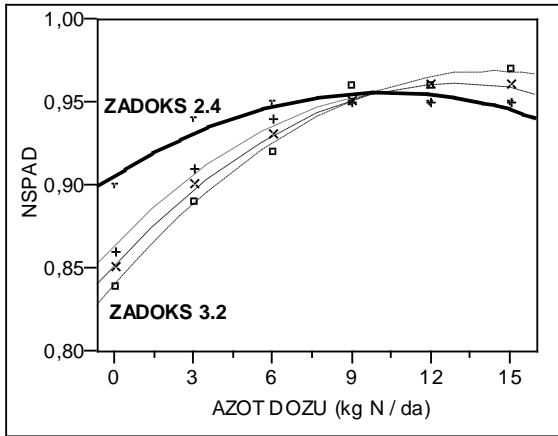
$$\text{Zadoks2.4:VERİM(kgda}^{-1}\text{)} = -65.2 + 104136 (\text{INSEY})$$

$$(R^2 = 0.92^{**}, n = 6) \quad (2)$$

$$\text{Zadoks3.0:VERİM(kgda}^{-1}\text{)} = 22.8 + 85849 (\text{INSEY})$$

$$(R^2 = 0.95^{**}, n = 6) \quad (3)$$
$$\text{Zadoks3.1:VERİM (kgda}^{-1}\text{)} = 17.5 + 79531 \text{ (INSEY)}$$
$$(R^2 = 0.98^{**}, n = 6) \quad (4)$$
$$\text{Zadoks3.2:VERİM (kgda}^{-1}\text{)} = -37.0 + 91381 \text{ (INSEY)}$$
$$(R^2 = 0.98^{**}, n = 6) \quad (5)$$

Bu denklemlerde ilk dikkati çeken durum, bütün çeşitler ve dönemler için INSEY değerleriyle verim arasında doğrusal ilişki bulunmuş olmasıdır. Bizim için geçerli olan bu denklemler bölgemizdeki çiftçi tavsiyelerinde kullanılacaktır. Yapılan bir araştırmada, Ayrıca her bölge kendi kalibrasyon denklemlerini kuru ve sulu şartlarda geliştirmesi gerektiği bazı çalışmalarda belirtilmektedir (Walsh ve ark., 2018). Denklemlerde görüldüğü gibi, denemelerin ve çeşitlerin ortalaması üzerinden değerlendirildiğinde, erken gelişmenin çok zayıf olduğu bazı tarlalarda Zadoks 2.4 döneminde yapılan okumalar yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Yurt dışında da, NDVI değerinin 0.25 ve altında olduğu durumlarda verim tahminlerinin yanıltıcı olabileceğine dair bilgiler vardır (Raun ve ark., 2005). Diğer 3 dönem okumaları arasındaki determinasyon katsayısı farkları da önemli düzeyde olmadığından, çiftçi tarlalarındaki uygulamalar için Zadoks 3.0 (Eşitlik 3) dönemi en uygun bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Değişik okuma dönemlerinde azotlu gübre dozlarının NSPAD değerleri üzerine etkisi. (4 çeşit ve 4 deneme ortalaması).

*Figure 4. The effect of nitrogen fertilizer rates on NSPAD values at different reading stage. (4 genotype and 4 experiments).*

Zadoks 3.0 döneminde uygulanan azotun kışlık buğdayda gelişmeye en büyük etkiyi yaptığı belirtilmiştir (Melaj ve ark., 2003). Avustralya'daki bir çalışmada hem verim hem de protein açısından en yüksek karşılık sapa kalkma dönemindeki uygulamayla alınırken, yıllara göre bunun gübrelemeyi takiben 12 mm'nin üzerinde yağış alınmasıyla ilgili görüldüğünü bildiren araştırmacılar da olmuştur (Palta ve ark., 2003). Buğday sapa kalktıktan ve boğumlar çıktıktan sonra, tarlaya traktörle girmenin zorluğu ve taşıdığı risk te

düşünülerek Zadoks 3.0 döneminin bu sistem için en uygun okuma dönemi olduğuna karar verilmiştir.

Orta Anadolu ve Batı Geçit Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada (Kalaycı ve ark., 1996) makarnalık buğdayların ekmekliklerden daha düşük azot kullanma etkinliğine sahip olduğu, yani aynı verim düzeyine ancak daha fazla gübre kullanımıyla ulaşabildikleri görülmüştür. Bu durumda, bu çalışmada elde olunan denklemlerin sadece ekmeklik buğday çeşitleri için ve sadece çalışmanın yapıldığı ekolojik bölgede kuru koşullarda geçerli olacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Farklı türler ve farklı ekolojik bölgeler ayrı kalibrasyon çalışması gerektirecektir.

### SPAD Değerlendirmeleri

Bitkilerin azotça daha iyi beslenmeleri durumunda yapraklarında daha fazla azot ve klorofil ihtiva ettikleri bilinmektedir (Wolfe ve ark., 1988). NSPAD değerlerinin buğdayın azotlu gübreleme ihtiyacını belirleme amacıyla da kullanılmaktadır (Lopez-Bellido, 2004). Diğer başka çalışmada, Santos ve ark., (2019) Spadmetre kullanılarak azot yeterlilik endeksi (NSI) belirlenebileceği, ilkbahar dönemi üst gübrelemede uygulanacak N miktarını tahmin etmeye yönelik çalışma yürütmüşlerdir. Aynı şekilde, optik sensörlerin verim ve biyokütle özelliklerini tahmin etmek için geniş alanda kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Christoph ve ark., 2018). Burada dönemler arası farklılıkları daha iyi gösterebilmek için, azotlu gübrelemenin NSPAD (eşitlik 1) değerleri üzerine etkisi Şekil 4' de grafik olarak verilmiştir. Şekilde en çok dikkati çeken durum, verim için optimum azot seviyesinde (9 kg N da<sup>-1</sup>) tüm dönemlerde NSPAD benzer değerleri alırken, azot noksanlığı halinde dönemler arası farkın açılmış olmasıdır. Burada da Zadoks 2.4 diğerlerinden farklı biçimde ayrılarak en sınırlı reaksiyonu verirken, en büyük azot etkisi Zadoks 3.2 döneminde görülmekle birlikte, sapa kalkma başlangıcından itibaren yapılan 3 okuma dönemi arasındaki fark o kadar büyük olmamıştır. Bu amaçla öncelikle değişik dönemler için kritik NSPAD değerlerinin tespit edilmesi gerekmiştir. Azotlu gübrelemenin ekonomik olabilmesi (1 kg N da<sup>-1</sup> uygulamasının en az 2.9 kg da<sup>-1</sup> verim artışı sağlayabilmesi) için en düşük NSPAD değerinin ne olduğu incelenmiştir. 4 ayrı dönem için yapılan bu hesaplar, Şekil 4' de dönemler için ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekildeki grafiklere bakıldığında, NSPAD değerlerindeki artışın verimde neden olduğu artışı gösteren quadratik eğrilerin eğimi yönünden dönemler arasında fark olsa bile, 4 dönemde de aynı 0.95 kritik eşik değeri elde edildiği görülmektedir. Yurt dışındaki farklı araştırmalarda da, hem buğday hem de mısırdaki, aynı 0.95 kritik eşik değeri bulunmuş ve Klorofil Yeterlilik İndeksi (Chlorophyll Sufficiency Index) olarak adlandırılmıştır (Blackmer ve ark., 1993;

Blackmer ve Schepers, 1994; Blackmer ve Scheper, 1995). En sık kullanılan azot yeterlilik indeksi (nitrogen sufficiency index-(NSI)) değeri 0.95'tir. Bu nedenle, referans alanındaki okumanın (NSI) değerinin % 95'inin altında olduğunda, azot gübrelemesi gerektiği belirtilmiştir. (Rambo ve ark., 2007, Santos ve ark., 2019). Çeltikte yapılan çalışmada yeterlilik indeksi değeri (Sufficiency index) % 90'nın altında olduğunda 3 kg Nda<sup>-1</sup> üre uygulaması önerildiği belirtilmiştir (Hussain ve ark., 2000). Bijay-Singh ve ark., 2013 yılında Güney Asya'da yürütülen çalışmada 3 kg N da<sup>-1</sup> maksimum kardeşlenme dönemi öncesinde SPAD ve NDVI okumaları yapılarak INSEY değeri 0.005-0.011 değeri arasında iken uygulanan

azot ile verim artışı sağlandığı belirtilmiştir. Klorofil, bitkilerin yeşil renginden sorumlu pigmenttir ve fotosentezdeki ışığı yakalayan molekül-bitki üretimini belirleyen temel metabolik süreçlerdir (Araus ve ark., 1997). Zadoks 2.4 dönemi dışındaki 3 dönem arasında önemli fark görülmediği için ve NDVI değerlendirmeleri bölümünde açıklandığı gibi, Zadoks 3.0 döneminde uygulanan azotun kışlık buğdayda gelişmeye en büyük etkiyi yaptığı belirtilmiş olduğundan (Melaj ve ark., 2003), bu döneme ilişkin hesaplamalar yoluyla, farklı NSPAD okumalarının karşılığı olan azotlu gübre ihtiyaçları Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 4. Kuruda kalibrasyon denemesinde Zadoks 3.0 döneminde elde olunan verilerden hesaplanan NSPAD değerlerine dayalı azotlu gübre ihtiyaçları

Table 4. Nitrogen fertilizer recommended based on NSPAD values calculated from the data obtained in the Zadoks 3.0 stage in the rainfed calibration experiment.

ELDE OLUNAN DEĞERLER		FARKLAR	
NSPAD	AZOT DOZU (kg N da <sup>-1</sup> )	NSPAD (0,95' den fark)	EK AZOT İHTİYACI (kg N da <sup>-1</sup> )
0.95	9.2	-	-
0.94	7.0	0.01	2.2
0.93	5.7	0.02	3.5
0.92	4.6	0.03	4.6
0.91	3.6	0.04	5.6
0.90	2.8	0.05	6.4
0.89	2.0	0.06	7.2
0.88	1.3	0.07	7.9
0.87	0.6	0.08	8.6
0.86	0.0	0.09	9.2

Çizelgede 4'den de görülen değerlerin hesaplanmasında önce NSPAD ve verim arasındaki regresyon analizinden hangi NSPAD değerinin, çeşitlerin ortalaması üzerinden hangi verim düzeyine karşılık olduğu bulunmuş, daha sonra NSPAD ve azot dozu arasındaki regresyon analizinden değişik NSPAD düzeylerinin karşılığı olan azot seviyeleri belirlenmiştir. Daha önce 0.95 NSPAD değeri kritik eşik olarak belirlenmiş olduğu için okumalardan hesaplanan NSPAD değerlerinin 0.95'ten olan farklarına göre kaç kg azot ilavesine ihtiyaç gösterdiği aradaki farklardan bulunmuştur. Örneğin, Çizelge 4'den de görüldüğü gibi, Zadoks 3.0 döneminde azotça zenginleştirilmiş şeritten SPAD = 40 değeri, tarlanın tavsiye yapılacak kalan kısmındansa ortalama SPAD = 36 değeri okunmuş olsun. Bu durumda NSPAD = 36 / 40 = 0.90 olacaktır. Bu değer eşik değerin 0.95 – 0.90 = 0.05 altındadır. Öyleyse tavsiye edilecek miktar 6.4 kg N da<sup>-1</sup> olacaktır. Azotlu gübre uygulanmayan kontrol parsellerinin ortalama NSPAD değeri olan 0.86 okuma halinde 9.2 kg N da<sup>-1</sup> tavsiye gösteren Zadoks 3.0, doğrudan verimlerden hesaplanan optimum N ihtiyacına yakın değer vermektedir.

Çiftçinin ekimle birlikte az çok azotlu gübre uyguladığı kuru koşullarda üretme durumlarında ender rastlanacak kadar küçük bir değerdir. Esasen, Zadoks 3.0 döneminde 0.90' ın altında okunan NSPAD değerlerinin az çok kesinleşmiş bir verim düşmesini gösterdiği, böyle bir durumda yapılacak ilave gübrelemeyle potansiyel verimi yakalamanın zor olacağı ifade edilmektedir (Varvel ve ark., 1997). Görüldüğü gibi, çiftçi koşullarında Zadoks 3.0 döneminde genellikle 0.90 ile 0.95 gibi çok dar sınırlar arasında bile önemli verim farklılıkları yaratabilen NSPAD değerlendirmelerinde hataya düşmemek için çok dikkatli olmak gerekmektedir. Spadmetre okumaları Zadoks 2.4 ve ZD3.0 dönemlerinde bitkilerde okuma zorluğu ve kişiler arasındaki okumalardaki farklılıklar nedeniyle erken dönem spadmetre okumaları ile azotlu gübre tavsiyesi zorunlu olmadıkça önerilmemektedir. Sulu ve kuru şartlarda buğday bitkisinde başaklanma döneminde azotlu gübre tavsiyesinde spadmetre kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Savaşlı ve ark., 2017; Savaşlı ve ark., 2018). Erken ilkbahar döneminde NDVI okumaları kolay ve pratik kişiler arasında okumalarda

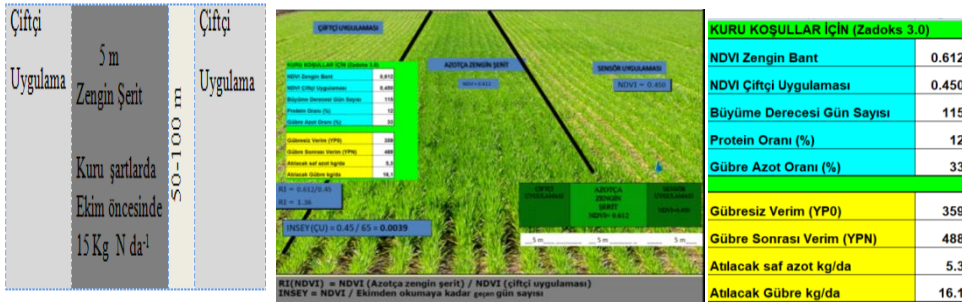


farkların az olması bu sistemin azotlu gübrelemede kullanılabilirliğini göstermiştir. Bu amaçla çiftçi tarlalarında demonstrasyon çalışması NDVI ile yapılmıştır.

### Demonstrasyon çalışmaları (NDVI)

Şekil 5' den de görüldüğü gibi, ekim öncesinde 15 kg Nda<sup>-1</sup> azotça zenginleştirilmiş 250-500 m<sup>2</sup> lik azotça noksan olmayan bir zengin şerit oluşması gerekir. Bu şerit tarlanın büyüklüğüne göre 2 veya 3 adet olabilir. Bu zengin şerit oluşturulduktan sonra tırmık çekilerek çiftçi geleneksel olarak gübreleme ve ekim işlemi uygulanır. İlkbahar Zadoks 3.0 döneminde zengin şerit ve çiftçi uygulama kısmından NDVI okuması yapılır. Çizelge 4'deki mavi renkli alan doldurulur. Örnek olarak Şekil 5'den de görüldüğü gibi tarlanın zengin şerit kısmından NDVI: 0.612 okuması yapılır ve Şekil 5 excel azot tavsiye tablosuna kayıt edilir. Çiftçi uygulama kısmı ise çiftçinin normal geleneksel uygulama alanından bir NDVI=0.450 okuması yapılarak tabloya kayıt edilir. Ekimden okuma tarihine kadar geçen gün (4.4 °C üstündeki gün sayısı) (GDD) kayıt edilir. ilkbahar dönemi kullanılacak

gübre çeşidi amonyum nitrat % 33, excel tablosu doldurulur. Hesaplamalar mavi alana göre yapılır ve sarı renkli alanda tahmini verim hesaplaması (sapa kalkma dönemi Zadoks 3.0 döneminde) ve kalibrasyon çalışmasında elde edilen denkleme göre gübre tavsiyesi yapmaktadır. Atılacak gübre 16.1 kg amonyum nitrat (%33) gübre uygulanması ile tahmini olarak 488 kg verim alınacağı hesaplanmıştır. Çizelge 5'den de görüldüğü gibi, 8 çiftçi tarlasından alınan değerlerin karşılaştırılması sonunda, yöntemin önerdiği azot dozlarının çiftçi uygulamasıyla benzer verim düzeylerinde 0.9 kg N da<sup>-1</sup> daha az azot kullanım sağladığı görülmüş, aynı zamanda çiftçi uygulamasına göre sensor tavsiyesi 14 kg verim farkı olduğu belirlenmiştir. Yani sistemin ekonomik etkinlik yönü öne çıkmıştır. Çiftçi tarlalarında oluşturulan zengin şeritlerde optik sensör kullanılarak azotlu gübre tavsiyesi yapılabileceği bildirilmiştir (Singh ve Mohamed, 2020). Çiftçi uygulamalarına kıyasla optik sensör uygulamalarıyla aynı verim düzeylerinde ortalama hektara 69 kg azot tasarruf sağlayabildiklerini bildirilmiştir (Ortiz-Monasterio ve Raun 2007).



Şekil 5. Çiftçi tarlalarındaki demonstrasyon uygulaması ve kuru koşullar için gübre tavsiye excel dosyası  
Figure 5. Fertilizer recommendation excel file for demonstration application in rainfed conditions

Çizelge 5. Sensör uygulamasında elde edilen tane verimleri

Table 5. grain yield obtained in sensor application.

Çeşit	Uygulanan Toplam Azot (kg N da <sup>-1</sup> )		Gerçekleşen Dane Verimi(kg da <sup>-1</sup> )	
	Çiftçi Uyg.	SİSTEM	Çiftçi Uyg.	SİSTEM
1 Altay2000	7.9	7.9	341	322
2 Sönmez2001	7.9	7.9	307	287
3 Bezostaja1	7.9	7.3	311	261
4 Gerek79	7.9	6.0	231	254
5 Altay2000	7.3	5.3	314	381
6 Es26	7.3	6.3	387	375
7 Altay2000	7.3	6.7	471	591
8 Bezostaja1	7.3	6.4	414	414
Ortalama	7.6	6.7	347	361
	Fark	0.9	Fark	14

\* Demonstrasyonlar tekerrürsüz olarak kurulmuştur. Uyg: uygulama

### SONUÇ ve ÖNERİLER

2007-2011 yılları arası yürütülen TÜBİTAK 106G111 nolu proje kapsamında, azotlu gübre tavsiyelerinde verim tahmini için kuru koşullarda kullanılan

kalibrasyon denklemleri elde edilmiştir (Eşitlik 3). Kuruda ZADOKS 3.0: VERİM (kgda<sup>-1</sup>) = 22.8 + 85849 (INSEY) (3). Bu çalışmanın amacı, bu çeşitler için optimum azot dozu belirlemek değil, tam tersine, genel

ortalama üzerinden, tarla düzeyinde ve yılın gidişine göre tavsiye yapabilmek için yöntem geliştirmektir. Erken gelişmenin çok zayıf olduğu bazı tarlalarda Zadoks 2.4 (4 kardeşli) döneminde yapılan okumalar yanıltıcı sonuçlar verebilir. Sonuç olarak, sapa kalkmadan sonra, tarlaya traktörle girmenin zorluğu ve taşıdığı risk te düşünülerek Zadoks 3.0 (sapa kalkma başlangıcı) döneminin bu sistem için kuruda da en uygun okuma/gübre tavsiye dönemi olduğuna karar verilmiştir. Kuru şartlarda 8 çiftçi tarlasından alınan değerlerin karşılaştırılması sonunda, yöntemin önerdiği azot dozlarının çiftçi uygulamasıyla benzer verim düzeylerinde 0.9 kg N da<sup>-1</sup> daha az azot kullanım sağladığı görülmüş, yani sistemin ekonomik etkinlik yönü öne çıkmıştır. Burada iki optik sensor değerlendirildiğinde spadmetre kullanımı zor, greenseeker kullanımı kolay ve pratiktir. Bu amaçla NSPAD değerlerindeki artışın verimde neden olduğu artışı gösteren 4 dönemde de aynı 0.95 kritik eşik değeri Klorofil Yeterlilik İndeksi (Chlorophyll Sufficiency Index) olarak belirlenmiştir. Erken ilkbahar dönemi azotlu gübre tavsiyesinde NDVI kolay, pratik ve uygulanabilir olması yönünden tavsiye edilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu bildiri, TÜBİTAK-KAMAG tarafından desteklenen 106G111 nolu proje kapsamında yapılan araştırma sonuçlarından hazırlanmıştır. Söz konusu projenin Ülkemiz için gerekliliğine inanarak müşteri olan Tarım ve Orman Bakanlığı ile Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne ve destekleyen TÜBİTAK'a bütün proje ekibi olarak teşekkür ederiz.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

Araus JI, Bort J, Ceccarelli S, Grando S, 1997. Relationship Between Leaf Structure And Carbon Isotope Discrimination In Field Grown Barley. *Plant Physiology and Biochemistry*(35):533–541.

Bijay-Singh, Varinderpal-Singh, Yadvinder-Singh, Thind HS, Ajay-Kumar, Satinderpal-Singh, Choudhary OP, Gupta RK, Vashistha M 2013. Supplementing Fertilizer Nitrogen Application to Irrigated Wheat at Maximum Tilling Stage Using Chlorophyll Meter and Optical Sensor. *Agricultural Research*(2):81–89.

Blackmer TM, Schepers JS, Vigil MF 1993. Chlorophyll Meter Readings In Corn As Affected By

Plant Spacing. *Communications Soil Science and Plant Analysis*(24): 2507–2516.

Blackmer TM, Schepers JS 1994. Techniques For Monitoring Crop Nitrogen Status In Corn. *Communications Soil Science and Plant Analysis* (25):1791–1800.

Blackmer TM, Schepers JS 1995. Use Of A Chlorophyll Meter To Monitor Nitrogen Status And Schedule Fertigation For Corn. *Journal of Production agriculture*(8): 56–60.

Bremner JM 1965. Nitrogen Ed.: C.A.Black. Ed: Method of Soil Analysis. Part:II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Series. No:9. Agronomy. Inc. Madison. Wisconsin. USA.

Çekiç C, Kalaycı HM, Savaşlı E, Önder Ö, Dayıoğlu R, Karaduman Y, Yorgancı Ö, Gökmen F, Dursun N, Gezgin S 2011. "Eskişehir Koşullarında Mevsim İçi Azotlu Gübre Yönetim Sistemlerinin Ekmeklik Buğdayın Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması" TÜBİTAK 106G111' nolu projesi.

Chapman HD 1960. Leaf And Soil Analysis In Citrus Orchards – Criteria For The Diagnosis Of Nutrient Status And Guidance Of Fertilization And Soil Management. Riverside: Univ. of California(98): 53.

Christoph W, Gerassimos Z, Peteinatos G, Link J, Claupein W 2018. Utilisation of Ground and Airborne Optical Sensors for Nitrogen Level Identification and Yield Prediction in Wheat. *Agriculture* (8): 79.

Franzen D, Kitchen N, Holland K, Schepers J, Raun W 2016. Algorithms for In-Season Nutrient Management in Cereals. *Agronomy Journal*(108):1–7.

Hussain F, Bronson KF, Yadvinder-Singh, Bijay-Singh, Peng S 2000. Use Of Chlorophyll Meter Sufficiency Indices For Nitrogen Management Of Irrigated Rice In Asia. *Agronomy Journal*, 92(5): 875–879.

JMP. 2014 Scintilla - Copyright (C) 1998-2014 by Neil Hodgson;neilh@scintilla.org,SAS Institute. JMP 13.0 Users Guide. Carry, NC: Release SAS Institute Inc

Kalaycı M, Kaya F, Aydın M, Özbek V, Atlı A 1996. Batı Geçit Bölgesi Koşullarında Buğdayın Verim Ve Tane Protein Kapsamı Üzerine Azotun Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry (Özel Sayı)* (20):49-59.

Lopez-Bellido RJ, Shepherd CE, BarracloughPB 2004. Predicting Post-Anthesis N Requirements On Bread Wheat With A Minolta SPAD Meter. *European Journal of Agronomy* (20): 313–320.

Markwell J, Osterman JC, Mitchell JL 1995. Calibration Of The Minolta SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter. *Photosynthesis Research* (46): 467–472.

Melaj MA, Echeverria HE, Lopez SC, Studdert G, Andrade F, Barbaro NO 2003. Timing Of Nitrogen Fertilization In Wheat Under Conventional And

- No-Tillage Systems. *Agronomy Journal*(95):1525-1531.
- Minolta 1989. Chlorophyll Meter SPAD 502. Minolta, Instruction Manual. Minolta Co. Ltd. Radiometric Instruments Operations. Osaka, Japan.
- Mullen RW, Thomason WE, Johnson GV, Freeman KW, Stone ML, Solie JB, Raun WR 2001. Use Of An In-Season Response Index To Predict Potential Yield Increases From Applied Nitrogen. In Annual Meeting Abstracts (CD-ROM). The American Society of America Crop Science Society of America and Soil Science Society of America Madison, WI.
- Mullen RW, Freeman KW, Raun WR, Johnson GV, Stone ML, Solie JB 2003. Use Of An In-Season Response Index To Identify The Potential To Increase Wheat Yield With Additional Nitrogen. *Agronomy Journal*(95):347-351.
- Ortiz-Monasterio JI, Raun WR 2007. Reduced Nitrogen For Improved Farm Income For Irrigated Spring Wheat In The Yaqui Valley, Mexico, Using Sensor Based Nitrogen Management. *Journal of Agricultural Sciences*(145):215-222.
- Palta JA, Bowden W, Asseng S 2003. Timing Of Late Applications Of N Fertiliser And Season On Grain Yield And Protein In Wheat. Proceedings Of The 11th Australian Agronomy Conference, Geelong.
- Penuelas J, Gamon JA, Griffinand KL, Field CB 1993. Assessing Community Type, Biomass, Pigment Composition And Photosynthetic Efficiency Of Aquatic Vegetation From Spectral Reflectance. *Remote Sensing Environment Journal*(46):110-118.
- Pivoto D, Waquil PD, Talamini E, Finocchio CPS, Dalla Corte VF, de Vargas Mores G 2018. Scientific Development Of Smart Farming Technologies And Their Application In Brazil. *Information Processing In Agriculture*5(1): 21-32.
- Rambo L, Da Silva PRF, Strieder ML, Sangoi L, Bayer C, Argenta G 2007. Monitoramento Do Nitrogênio Na Planta E No Solo Para Predição Da Adubação Nitrogenada Em Milho *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42(3): 407-417.
- Raun WR, Johnson GV, Stone ML, Solie JB, Lukina EV, Thomason WE, Schepers JS 2001. In-Season Prediction Of Potential Grain Yield In Winter Wheat Using Canopy Reflectance *Agronomy Journal*(93): 131-138.
- Raun, WR, Solie JB, Johnson GV, Stone ML, Mullen RW, Freeman KW, Thomasson WE. Lukina EV 2002. Improving Nitrogen Use Efficiency In Cereal Grain Production With Optical Sensing And Variable Rate Application. *Agronomy Journal* (94):815-820.
- Raun WR, Solie JB, Stone ML, Martin KL, Freeman KW, Mullen RW, Zhang H, Schepers JS, Johnson GV 2005. Optical Sensor-Based Algorithm For Crop Nitrogen Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(19-20), 2759-2781.
- Santos AB dos, Soler-Silva MA, Silveira PM da, Carvalho GD, Stone LF 2019. Nitrogen Sufficiency Index For Estimating Nitrogen Fertilizer Requirement Of Irrigated Rice. *Revista Ceres journal* 66(6):422-430.
- Savasli E, Önder O, Cekic C, Kalaycı HM, Dayıoğlu R, Karaduman Y, Gökmen F, Dursun N, Gezgin S 2017. The Effects Of Foliar Nitrogen Treatments At Heading Stage On Grain Protein Contents Of Bread Wheat Cultivars Selcuk *Journal of Agriculture and Food Sciences* 31(1):42-47.
- Savaşlı E, Önder Ö, Çekiç C, Kalaycı HM, Dayıoğlu R, Karaduman K, Gökmen F, Dursun N, Gezgin S 2018. Sulu Şartlarda Ekmeklik Buğdayda Başaklanma Döneminde Yaprak Solüsyon Uygulamasının Tane Protein Kapsamı Üzerine Etkisi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi* 6(1): 84-90.
- Singh Bijay, Mohamed A 2020. Using Hand-Held Chlorophyll Meters and Canopy Reflectance Sensors for Fertilizer Nitrogen Management in Cereals in Small Farms in Developing Countries. *Sensors* 20(4): 1127.
- Steven MD, Malthus TJ, Demetriades-Shah TH, Danson FM, Clark JA 1990. High spectral resolution indices for crop stress. In: Steven MD, Clark JA. Applications of remote sensing in agriculture. Butterworths, p209-228.
- Stone ML, Solie JB, Raun WR, Whitney RW, Taylor SL, Ringer JD 1996. Use Of Spectral Radiance For Correcting In-Season Fertilizer Nitrogen Deficiencies In Winter Wheat. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers* 39 (5): 1623-1631.
- Varvel GE, Schepers JS, Francis DD 1997. Ability For In-Season Correction Of Nitrogen Deficiency In Corn Using Chlorophyll Meters. *Soil Science Society of America Journal* (61): 1233-1239.
- Walsh O, Shafian S, Christiaens RJ 2018. Evaluation Of Sensor-Based Nitrogen Rates And Sources In Wheat. *International Journal of Agronomy Volume* 2018 Hindawi 5670479.
- Wolfe DW, Henderson DW, Hsiao TC, Alvino A 1988. Interactive Water And Nitrogen Effects On Senescence Of Maize. II. Photosynthetic Decline And Longevity Of Individual Leaves. *Agronomy Journal*(80): 865-870.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF 1974. A Decimal Code For The Growth Stages Of Cereals. *Weed Research* (14): 415-421



## Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) Tohumunun Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Ozonlu Sulama Suyu ve Sıcaklığın Etkileri

Ömer Süha USLU<sup>1</sup>, Adem EROL<sup>2\*</sup>, Osman GEDİK<sup>3</sup>, Ali Rahmi KAYA<sup>4</sup>, Fatma AKBAY<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0858-0305>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3381-8402>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-4816-3154>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-0318-6034>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-0156-9974>

✉: aerol@edu.tr

### ÖZET

Bu çalışma ozon gazının (O<sub>3</sub>) ve sıcaklığın Macar fiği tohumunun çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Macar fiği tohumları, dört farklı ozon dozu [kontrol (0.40 g/m<sup>3</sup>), 1.60 g/m<sup>3</sup>, 2.80 g/m<sup>3</sup>, 4.00 g/m<sup>3</sup>] ile 3 farklı sıcaklıkta (10 °C, 15 °C ve 20 °C) ışıklı ortamda 14 gün süre ile çimlendirilmiştir. Ozon dozları sulama sularına 30 dakika süre ile uygulanmıştır. Çalışmada, çimlenme oranı, kök, gövde ve fide uzunluğu, yaş ve kuru ağırlık ve vigor indeks değerleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; farklı çimlenme sıcaklıklarının kontrole kıyas ile Macar fiği tohumlarının çimlenme, kök ve fide gelişimini, ozon dozu uygulamalarının ise fide yaş ve kuru ağırlığını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 11.03.2020

Kabul Tarihi : 02.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

Çimlenme

Macar fiği

Ozon

Sıcaklık

*Vicia pannonica*

## Effects of Ozoned Irrigation Water and Temperature on Germination and Seedling Development of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) Seed

### ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of ozone gas (O<sub>3</sub>) and temperature on germination of seed and seedling development of Hungarian vetch. In the study, Hungarian vetch seeds, for 30 minutes four different ozone doses application [control (0.40 g/m<sup>3</sup>), 1.60 g/m<sup>3</sup>, 2.80 g/m<sup>3</sup>, 4.00 g/m<sup>3</sup>] and three different temperatures (10 °C, 15 °C and 20 °C) were examined. Plant seeds germinated for 14 days at daylight environment. In the study, germination rate, root, stem and seedling length, fresh and dry weight and vigor index values were examined. The results indicated that the ozone-saturated irrigation water applications up to a certain level had a positive effect on the seedling weight while different germination temperatures had a positive effect on the root and seedling development of the Hungarian vetch seeds.

### Research Article

#### Article History

Received : 11.03.2020

Accepted : 02.06.2020

#### Keywords

Germination

Hungarian vetch

Ozone

Temperature

*Vicia pannonica*

**Atf İçin:** Uslu ÖS, Erol A, Gedik O, Kaya AR, Akbay F 2021. Macar Fiği (*Vicia pannonica* Crantz.) Tohumunun Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Ozonlu Sulama Suyu ve Sıcaklığın Etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 141-145. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.702379>.

**To Cite:** Uslu ÖS, Erol A, Gedik O, Kaya AR, Akbay F 2021. Effects of Ozoned Irrigation Water and Temperature on Germination and Seedling Development of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica*) Seed. KSU J. Agric Nat 24 (1): 141-145. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.702379>.

### GİRİŞ

Tarımın en önemli hedefleri arasında yüksek ve kaliteli verim elde etmek yer almaktadır. Bilindiği üzere tarımsal verimlilik ekim öncesi yapılacak çalışmalara ve alınacak tedbirlere göre değişiklik arz etmektedir. Özellikle tohum çeşidi, özelliği ve toprak hazırlığı çimlenmeyi ve verimi önemli derecede etkilemektedir. Tohum çimlenmesi bitkilerin hayat çemberinde önemli bir aşamadır. Işık, sıcaklık ve su gibi çevresel etkenlerin, tohum çimlenmesi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (Kuriakose ve Prasad,

2008). Ozon gazı (O<sub>3</sub>), yüksek enerjiye sahip güneş ışınlarının normal oksijen moleküllerine (O<sub>2</sub>) çarpması sonucu ortaya çıkan oksijen atomlarının, diğer oksijen molekülleriyle birleşmesiyle meydana gelmektedir. Bu gaz renksiz, keskin kokulu bir gazdır ve ultraviyole ışınlarının yeryüzüne ulaşmasını engellemesi nedeni ile yeryüzündeki birçok biyolojik olayda baş rolde yer almaktadır (Rao ve ark., 2000). Ozon gazının tarımda kullanımı oldukça yaygındır. Tüketime hazır meyve ve sebzeleri ozonlu su ile yıkama tüketim süresini uzatmak, kuru meyve ve sebzeleri dezenfekte etmek,



pestisitleri indirgemek ve enzim aktivitelerini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır (Tetik ve ark., 2006). Çiçekçilik sektöründe kullanılan ozon kesilmiş çiçeklerin raf ömrünü uzatmakta ve ortamdaki mikroorganizmaları yok ederek herhangi bir hastalığın diğer çiçeklere yayılmasını engellemektedir (Anonim, 2020). Kök ur nematodları ile mücadelede güçlü ve etkili bir yöntem olarak ozon kullanılmaktadır (Behzadi ve ark., 2012).

Ozon gazının çimlenme üzerine etkileriyle ilgili oldukça sınırlı sayıda literatüre ulaşılmıştır. Tiryaki ve Haliloğlu (2007), ozon gazının bazı buğdaygillerin çimlenme performansı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar farklı ozon yoğunluklarına karşı tohumların gösterdiği tepkilerin bitki çeşidine göre değişiklik gösterdiği ve ozon gazının düşük sıcaklıkta (18 °C) tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Violleau ve ark. (2008), ozonlu su (0 g/m<sup>3</sup> ve 20 g/m<sup>3</sup>) uygulamasının mısır tohumunun çimlenme kinetiği üzerine etkisini inceledikleri araştırmada, ozon gazını mısır tohumlarına 6.8 ve 20.5 dakika boyunca uygulamışlardır. Araştırmacılar ozon gazı ile muamele edilen tohumların hızlı bir şekilde çimlendiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte uzun süreli ozon muamelesinin, tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Yine Güngör (2013), tarafından yapılan araştırmada, altı farklı baklagil yem bitkisi tohumu farklı sürelerde (0, 40 ve 80 dakika) ozon gazı ile muamele edilmiş ve iki farklı sıcaklıkta (4 ve 20 °C) çimlendirilmiş, çimlenme oranı, kök ve gövde uzunlukları ölçülmüştür. Çalışmada Macar fiği tohumunun 20 °C sıcaklıkta ve 40 dakikalık ozon uygulamasında en yüksek çimlenme oranına (% 98.5) ulaştığı belirlenmiştir. Ayrıca 80 dakika ozon uygulamasında en yüksek kök (15.2 cm) ve gövde (23.2 cm) uzunluğu elde edildiği bildirilmiştir. Savi ve ark. (2014), ozon gazının *Fusarium graminearum* ve deoksinivalenol degradasyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada kontrol (ozonsuz) ile birlikte 30, 60, 120 ve 180 dakika boyunca ozona maruz bırakılmış buğday tohumları kullanılmıştır. Tüm ozon gazı uygulamalarının fusarium hastalığını tedavi ettiği, özellikle 180 dakikalık uygulamanın buğdayın çimlenmesini %12.5 oranında azalttığı bildirilmiştir. Avdeeva ve ark. (2018) tarafından ozon gazının buğday çimlenmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada, faktör A olarak ozon dozları, 2.1, 8.4, 9.9, 10.5 12.6, 14.7, 16.8, 18.9 ve 19, 8 g s m<sup>3</sup>, faktör B olarak ise, çimlenme süreleri (0, 7 ve 14 gün) ele alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, 14 gün süre ile yapılan çimlendirme çalışmasında artan ozon dozu buğdayın çimlenme oranını ve çimlenme gücünü artırmış buna karşılık özellikle 19.8 g s m<sup>3</sup> ozon dozu çimlenme kabiliyetinde önemli oranda azalmaya sebep olmuştur.

Yapılan araştırmalarda ozon gazının bitki

tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi ile ilgili parametreler üzerine muhtelif etkileri olduğu görülmektedir. Buradan hareketle ozon gazı ile ilgili daha ayrıntılı araştırmalar yapılmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Ozonun özellikle çimlenme ve fide gelişimi performansı üzerine olumlu etkileri bu çalışmanın yapılmasını tetiklemiştir. Macar fiği ise hayvancılıkta yaygın olarak kullanılan önemli bir kaba yem ve silaj kaynağıdır. Kolay silolanan yem bitkileri arasında yer almaktadır (Uslu ve Kaya, 2020). Bu araştırma ozon gazı ile muamele edilen sulama sularında ve farklı çimlenme sıcaklıklarında çimlendirilen Macar fiği tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini tespit etmek için yapılmıştır.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümüne ait Tıbbi Bitkiler Laboratuvarında 2017 yılında yürütülmüştür. Araştırmada Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2008 yılında tescil edilen Budak Macar fiği çeşidi kullanılmıştır.

Çalışmada kontrol uygulaması ile birlikte toplam dört farklı ozon dozu kullanılmıştır. Macar fiği tohumları, ozon içeriği 0.40 g/m<sup>3</sup> olarak ölçülen saf su (kontrol uygulaması) ve ayrıca 1.60 g/m<sup>3</sup>, 2.80 g/m<sup>3</sup>, 4.00 g/m<sup>3</sup> ozon ile doyurulmuş saf su kullanılarak, 10 °C, 15 °C ve 20 °C sıcaklıkta çimlendirilmiştir. Ozon dozları sulama sularına 30 dakika süre ile uygulanmıştır. Çalışmada tohumlar küflenme sorununa karşı ekimden önce Captan 50 WP ilacıyla hazırlanmış solüsyon ile muamele edilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tabanına 2 kat Whatman No 1 kurutma kâğıdı yerleştirilmiş 15 cm çapındaki her bir petri kabına 25'er adet tohum ekilmiştir. Her bir petri kabına farklı miktarlarda ozonla doyurulmuş, 15 ml sulama suyu eklendikten (kontrol grubuna musluk suyu) sonra 10 °C, 15 °C ve 20 °C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta bitki büyütme dolabı içerisinde ışıklı ortamda 14 gün süre ile çimlenmeye bırakılmıştır. Her gün düzenli olarak kontrol ve sayım yapılmıştır. Radikula (kökçük) uzunluğu 1 mm olan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çimlenme süresi sona erdiğinde her petride tesadüfi olarak seçilen 10 fidenin radikula (kök) ve plumula (gövde) uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Fide uzunluğu, radikula (kök) ve plumula (gövde) uzunluğu değerlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir.

Çimlenme oranları çimlenme testi süresi sonunda çimlenen tohum sayısının toplam tohum sayısına oranından elde edilen değer 100 ile çarpılmasıyla bulunmuştur (Maguire, 1962). Vigor indeks değeri çimlenme yüzdesi ile ortalama fide uzunluğu kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Abdul-

Baki ve Anderson, 1973).

Tohum vigor indeksi = Çimlenme oranı (%) × fide uzunluğu (cm)

Fide yaş ağırlığının ölçülmesinde 0.001 gram düzeyinde hassasiyete sahip terazi kullanılmıştır. Fide kuru ağırlığı yaş olarak tartılan fideler 70 °C’de 48 saat kurutma dolabında bekletildikten sonra elde edilen kuru materyalin tartılması ile hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçlar SAS V.9.3 (SAS, 2013) paket programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli çıkan faktör ortalamaları LSD çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Çimlenme oranı (%): Çizelge 1 incelendiğinde, farklı sıcaklık uygulamalarında elde edilen çimlenme oranı ortalamaları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli (P<0.01), ozon dozları ve ozon dozları x sıcaklık

interaksiyonuna ait ortalamalar arasındaki farkların önemli bulunmadığı görülmektedir. Ozon dozu uygulamalarında çimlenme oranları % 90.67-92.33 arasında değişmiştir. Yine Çizelge 1 incelendiğinde 10 ve 15 °C sıcaklık değerlerinin aynı istatistiksel grupta yer aldığı (% 97.25 ve % 99.25) ve bu sıcaklıklarda en yüksek çimlenme oranının elde edildiği, sıcaklığın artması ile birlikte çimlenme oranının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Sıcaklık ve ozon dozu interaksiyonu yönünden çimlenme oranlarının % 70-100 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Daha önce yapılan araştırmalarda, kontrole göre ozon dozunun çimlenme oranını artırdığı, bununla birlikte yüksek ozon dozlarının veya uzun süreli ozonla muamele işleminin çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Violleau ve ark., 2008; Güngör, 2013; Savi ve ark., 2014 ve Avdeeva ark., 2018). Elde edilen değerler araştırmacıların saptamış olduğu değerlerden farklıdır.

Çizelge 1. Ozonlu Sulama Suyu ve Farklı Çimlenme Sıcaklıklarının Macar Fiğinin Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Table 1. Effects of Ozone Irrigation Water and Different Germination Temperatures on the Growing and Seedling Growth of Hungarian Vetch

		ÇO (%)	RU (cm)	PU (cm)	FU (cm)	FYA (g)	FKA (g)	VI
		GR	RL	PL	SL	SFW	SDW	VI
		**	**	**	**	**	**	**
Sıcaklık (°C) Temp.	10	97.25±1.00 a	3.55±0.07 b	4.84±0.13 b	8.38±0.18 c	0.75±0.03 b	0.11±0.002 b	815.51±20.96 b
	15	99.25±0.46 a	3.91±0.22 b	5.88±0.16 a	9.80±0.25 a	1.15±0.06 a	0.12±0.005 a	971.51±23.31 a
	20	75.75±2.96 b	5.06±0.20 a	4.11±0.17 c	9.17±0.27 b	0.60±0.02 c	0.09±0.003 c	697.78±39.74 c
		öd	öd	öd	öd	**	**	öd
Ozon Dozları (g/m <sup>3</sup> ) Ozone	0.40	92.33±2.62	4.39±0.27	4.67±0.22	9.08±0.27	0.72±0.04 c	0.11±0.003 bc	837.88±35.43
	1.60	91.00±3.88	4.15±0.22	5.14±0.26	9.30±0.26	0.81±0.08 bc	0.11±0.005 ab	848.12±42.21
	2.80	89.00±4.43	4.17±0.36	5.07±0.34	9.23±0.39	0.95±0.10 a	0.12±0.006 a	818.81±51.03
	4.00	90.67±3.56	3.98±0.13	4.87±0.20	8.85±0.21	0.84±0.06 b	0.10±0.004 c	808.25±45.52
		öd	*	öd	öd	**	*	öd
10 °C	0.40	96.00±1.63	3.50±0.07 c	4.56±0.10	8.06±0.15	0.72±0.02 cde	0.11±0.003 bd	775.35±26.94
	1.60	99.00±0.57	3.52±0.07 c	4.90±0.09	8.42±0.14	0.69±0.01 cde	0.12±0.001 abc	833.24±16.02
	2.80	97.00±0.57	3.40±0.08 c	4.68±0.18	8.07±0.23	0.86±0.03 bcd	0.12±0.002 abc	781.94±18.78
	4.00	97.00±1.10	3.77±0.04 bc	5.22±0.05	8.99±0.09	0.77±0.02 cde	0.11±0.000 bcd	871.49±13.18
15 °C	0.40	99.00±0.57	4.28±0.23 bc	5.58±0.06	9.86±0.26	0.91±0.01 bc	0.11±0.002 bcd	974.99±20.87
	1.60	98.00±0.66	3.95±0.21 bc	6.19±0.09	10.13±0.14	1.11±0.03 b	0.13±0.002 ab	992.05±9.89
	2.80	100.00±0.00	3.46±0.26 c	6.46±0.14	9.92±0.38	1.39±0.05 a	0.14±0.003 a	992.25±38.90
	4.00	100.00±0.00	3.96±0.20 bc	5.31±0.08	9.27±0.18	1.10±0.05 b	0.11±0.005 bcd	926.75±18.78
20 °C	0.40	82.00±2.00	5.39±0.10 a	3.93±0.12	9.31±0.01	0.54±0.02 e	0.10±0.004 cde	763.31±17.32
	1.60	76.00±4.10	5.00±0.05 ab	4.35±0.20	9.35±0.24	0.59±0.02 de	0.10±0.003 cde	719.07±54.45
	2.80	70.00±3.33	5.64±0.23 a	4.07±0.18	9.71±0.35	0.61±0.01 de	0.09±0.001 d	682.24±46.00
	4.00	75.00±1.97	4.22±0.10 bc	4.08±0.21	8.30±0.27	0.64±0.02 de	0.09±0.003 d	626.51±37.38
Ort. / Means		90.75	4.17	4.94	9.11	0.83	0.11	828.27
LSD (0.05)		öd	1.66	öd	öd	0.33	0.03	öd
VK (%) / CV		6.42	13.84	10.16	9.12	13.95	9.81	12.70

ÇO/GR: Çimlenme Oranı/Germination Rate; RU/RL: Radikula Uzunluğu/Radicle Length; PU/PL: Plumula Uzunluğu/Plumule Length; FU/SL: Fide Uzunluğu/Seedling Length; FYA/SFW: Fide Yaş Ağırlığı/Seedling Fresh Weight; FKA/SDW: Fide Kuru Ağırlığı/Seedling Dry Weight; VI: Vigor İndeksi/Vigor Index; VK/CV: Varyasyon Katsayısı/Coefficient of Variation; Ort.: Ortalama/Mean; öd: istatistiki olarak önemli değil/statistically non-significant; \*\*: P<0.01’e göre önemli; \*: P<0.05’e göre önemli; ±: Standart Hata/Standart Error.

**Radikula uzunluğu (cm):** Ozon dozlarının radikula uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmazken, farklı sıcaklık uygulamaları ve ozon dozu x sıcaklık interaksyonunun etkisi önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.01$ ). Ozon dozu uygulamalarında radikula uzunluğu değerleri 3.98-4.39 cm arasında değişmiştir. Artan sıcaklıkların radikula uzunluğunu artırdığı, 10 ve 15 °C uygulamalarının aynı grupta yer aldığı ve en yüksek radikula uzunluğunun 5.06 cm ile 20 °C sıcaklık uygulamasında elde edildiği tespit edilmiştir. Sıcaklık ve ozon dozu interaksyonu yönünden en yüksek radikula uzunluğunun 5.64 cm ile 20 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> uygulamasından, en düşük radikula uzunluğunun ise 3.40 cm ile 10 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> uygulamasından elde edildiği görülmektedir (Çizelge 1).

Güngör (2013), Macar fiğinde fide kök uzunluğunun 20 °C sıcaklık uygulamasına kadar artan ozon uygulama sürelerine bağlı olarak arttığını bildirmiştir. 20 °C'ye kadar artan sıcaklıklara bağlı olarak radikula uzunluğunun artış gösterdiğine ilişkin saptanan değerler araştırmacının tespit ettiği bulgularından farklılık göstermektedir.

**Plumula uzunluğu (cm):** Ozon dozlarının plumula uzunluğu üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Ozon dozu uygulamalarında plumula uzunluğu değerleri 4.67-5.14 cm arasında değişirken sıcaklık uygulamalarının plumula uzunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $P \leq 0.01$ ) saptanmıştır. En yüksek değer 5.88 cm ile 15 °C'de elde edilirken, en düşük değer 4.11 cm ile 20 °C'de elde edilmiştir. Artan sıcaklık değeri fide gelişimini yavaşlatmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunmayan sıcaklık x ozon dozu interaksyonu incelendiğinde, plumula uzunluğu ortalamalarının 3.93-6.46 cm arasında olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Sıcaklık artışı radikula uzunluğunu artırırken, düşük sıcaklık uygulamaları plumula gelişimini olumlu yönde etkilemiştir. Güngör (2013), Macar fiği tohumunda artan ozon dozları ile birlikte, 20 °C sıcaklık uygulamasına kadar plumula uzunluğunun arttığını bildirmiştir. Çalışmada da sıcaklıkla birlikte belli bir seviyeye kadar ozon dozu artışı plumula uzunluğunu arttırmış ve en yüksek ozon dozu uygulamasında plumula uzunluğu tekrar düşmüştür. Fakat en düşük değer kontrol grubundan elde edilmiştir. Elde edilen değerler, Güngör (2013)'ün bulguları ile kısmen uyuşmaktadır.

**Fide uzunluğu (cm):** Ozonlu sulama suyu uygulamalarının fide uzunluğu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Çizelge 1'de görüldüğü gibi kontrol uygulaması (0.40 g/m<sup>3</sup>) ile kıyaslandığında önemli olmamakla birlikte ozonla

doyurulmuş su uygulaması fide gelişimini artırmıştır. Ozonlu su uygulamalarında fide uzunluğu değerleri 8.85-9.30 cm arasında değişmiştir. Farklı sıcaklık ortamlarında çimlendirmenin fide uzunluğuna etkisi incelendiğinde, en yüksek fide uzunluğu 15 °C (9.80 cm), en düşük fide uzunluğu ise 10 °C (8.38 cm) sıcaklık uygulamasından elde edilmiştir ( $P \leq 0.01$ ). Farklı dozlarda ozonla doyurulmuş sulama suyu ve sıcaklık interaksyonu istatistiksel olarak önemli çıkmamakla birlikte fide uzunluklarının 8.06-10.13 cm arasında olduğu saptanmıştır.

**Fide yaş ağırlığı (g):** Ozon dozu, sıcaklık, ozon dozu x sıcaklık interaksyonunun fide yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiki açıdan çok önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.01$ ). Artan ozon dozları ile birlikte fide yaş ağırlığının arttığı, ancak en yüksek ozon dozunda fide yaş ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek fide yaş ağırlığı 2.80 g/m<sup>3</sup> ozon dozunda (0.95 g) elde edilirken, en düşük fide yaş ağırlığı kontrol uygulamasında (0.72 g) elde edilmiştir. Farklı sıcaklık ortamlarının fide yaş ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde; en yüksek fide yaş ağırlığı 15 °C'de (1.15 g) tespit edilirken, en düşük fide yaş ağırlığı 20 °C'de (0.60 g) tespit edilmiştir. 20 °C sıcaklık ortamında fide gelişiminin yavaşladığı belirlenmiştir. Ozon dozu ve sıcaklık interaksyonu yönünden en yüksek fide yaş ağırlığı 15 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> ozon dozu uygulamasında 1.39 g olarak tespit edilirken, en düşük fide yaş ağırlığı 20 °C'de kontrol uygulamasında 0.54 g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1).

**Fide kuru ağırlığı (g):** Çizelge 1'de görüldüğü gibi ozon dozu ve farklı sıcaklık uygulaması fide kuru ağırlığını çok önemli ( $P \leq 0.01$ ), ozon dozu x sıcaklık interaksyonu ise önemli derecede etkilemiştir ( $P \leq 0.05$ ). Farklı ozon dozlarında elde edilen ortalama değerler incelendiğinde en yüksek fide kuru ağırlığı 2.80 g/m<sup>3</sup> (0.12 g), en düşük fide kuru ağırlığı ise 4.00 g/m<sup>3</sup> (0.10 g) ozon dozu uygulamasında tespit edilmiştir. Fide yaş ağırlığında olduğu gibi artan ozon dozları fide kuru ağırlığını artırmıştır. Bu artış 4.00 g/m<sup>3</sup> uygulamasına kadar devam etmiştir. Farklı sıcaklık uygulamalarında en yüksek fide kuru ağırlığı 15 °C'de (0.12 g) elde edilirken 20 °C sıcaklık, fide kuru ağırlığında azalmaya sebep olmuştur. Uygulamalar arasındaki interaksyon değerleri incelendiğinde; en yüksek fide kuru ağırlığı 15 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> ozon dozu uygulamasında (0.14 g) elde edilirken, en düşük fide kuru ağırlığı 20 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> ve 4.00 g/m<sup>3</sup> ozon dozu uygulamasında (0.09 g) elde edilmiştir.

**Vigor indeksi:** Vigor indeksi tohumların çimlenme ve fide gelişimi sırasında canlılığını ve performans seviyesini gösteren bir değerdir (Uslu ve Gedik, 2019). Ozon dozu uygulamalarının vigor indeksi değerlerine etkisi incelendiğinde ortalamalar arasındaki farklar önemli çıkmamıştır. Ozonla doyurulmuş su



uygulamalarında vigor indeks değerleri 808.25-848.12 arasında değişmiştir. Farklı sıcaklık uygulamaları incelendiğinde en yüksek vigor indeks değeri 15 °C'de (971.51) elde edilirken, en düşük vigor indeks değeri 20 °C (697.78) sıcaklık uygulamasında bulunmuştur ( $P \leq 0.01$ ). Yine sıcaklık x ozon dozu interaksiyonuna ait ortalamalar arasındaki fark önemli olmamakla birlikte, vigor indeks değerleri 626.51-992.05 arasında bulunmuştur (Çizelge 1).

## SONUÇ

Uygulamalara ait ortalamalar incelendiğinde ozonlu su uygulamalarının çimlenme, fide gelişimi ve vigor indeks değerleri üzerine etkisinin önemsiz olduğu, sıcaklık uygulamalarının ise tüm özellikler üzerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, Macar fiğinde en yüksek radikula uzunluğu 20 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> uygulamasında 5.64 cm, en yüksek fide yaş ağırlığı ise 15 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> uygulamasında 1.39 g olarak bulunmuştur. Yine en yüksek fide kuru ağırlığı 15 °C'de 2.80 g/m<sup>3</sup> uygulamasında (0.14 g) tespit edilmiştir. Tüm bu bulgular ışığında, Macar fiği için çimlenme oranı ve fide gelişimi açısından en uygun çimlenme sıcaklığının 15 °C, kök gelişimi açısından ise 20 °C olduğu görülmüştür. Ayrıca 2.80 g/m<sup>3</sup> ozonlu su uygulamasının fide ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Sera ve tarla şartlarında benzer çalışmaların yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Özellikle ozonlu su uygulamasının tohum fizyolojisi ve çimlenme gücünü kaybetmiş tohumların çimlenme kabiliyeti üzerine etkileri de araştırılmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Bu proje KSÜ Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinasyon Birimi tarafından 2016/6-54 M numaralı proje olarak desteklenmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

Abdul-Baki AA, Anderson JD 1973. Vigor Determination in Soybean Seed By Multiple Criteria. *Crop Science* 13(6):630-633.  
Anonim 2020. <http://www.airozon.com/ozon-kullanim-alanlari/tarim-sektorunde-ozon-kullanimi.htm>. Erişim tarihi: 15.02.2020.

Avdeeva V, Zorina E, Bezgina J, Kolosova O 2018. Influence of Ozone on Germination and Germinating Energy Of Winter Wheat Seeds. *Engineering for Rural Development* 23-25 May 2018, Jelgava, 543-546.  
Behzadi HR, Samadi N, Samadi A, Safar M, Shahi S, Qaryan M 2012. The Ozone Application for Control of the Root knot Nematode in Tomato Greenhouse. *Elixir Agriculture* 48:9387-9389.  
Güngör G 2013. Ozon Gazının Bazı Baklagil Yem Bitkileri Tohumlarının Çimlenme Performansı Üzerine Etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 53 s.  
Kuriakose SV, Prasad MNV 2008. Cadmium Stress Affects Seed Germination and Seedling Growth in *Sorghum bicolor* (L.) Moench by Changing The Activities Of Hydrolysing Enzymes. *Plant Growth Regul* 54:143-156.  
Maguire JD 1962. Speed of Germination-Aid Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor. *Crop Science* 2(2):176-177.  
Rao MV, Lee H, Creelman RA, Mullet JE, Davis KR 2000. Jasmonic Acid Signaling Modulates Ozone-Induced Hypersensitive Celi Death. *The Plant Cell* 12(9):1633-1646.  
SAS 2013. SAS V.9.3. SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, SAS Institute nc., Cary, NC.  
Savi GS, Piantentini KC, Bittencourt KO, Scussel VM 2014. Ozone Treatment Efficiency on *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol Degradation and Its Effects on Whole Wheat Grains (*Triticum aestivum* L.) Quality and Germination. *Journal of Stored Products Research* 59:245-253.  
Tetik N, Topuz A, Turhan İ, Karhan M 2006. Meyve ve Sebzelerin İşlenmesi ve Muhafazasında Ozon Uygulamaları. Türkiye 9. Gıda Kongresi 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 281-284.  
Tiryaki İ, Haliloğlu K 2007. Ozon Gazının (O<sub>3</sub>) Buğdaygil Yembitkileri Tohumlarının Çimlenme Performansı Üzerine Etkileri. VII. Tarla Bitkileri Kongre Kitabı 25-27 Haziran 2007, Erzurum, 264-267.  
Uslu ÖS, Gedik O 2019. Akdeniz İkliminde Yetiştirilen Tritikalenin Tuzluluğa Karşı Toleransının Araştırılması. III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium IMFES Proceeding 03-05 October 2009, Kahramanmaraş, 191-196.  
Uslu ÖS, Kaya M 2020. Silaj: Hayvancılık İşletmelerinin En Önemli Kaba Yem Kaynağı. Tarım ve Hayvancılıkta Yapılan Çalışmalar ve Güncel Değişimler. İksad Yayınevi, Ankara. 5-43  
Violleau F, Hadjeba K, Albet J, Cazalis R, Surel O 2008. Effect of Oxidative Treatment on Corn Seed Germination Kinetics. *Ozone: Science and Engineering* 30(6): 418-422.



## Geleneksel Yaprak Peynirinin Bazı Karakteristik Özellikleri

Bilal KESKİN<sup>1</sup> Şerafettin ÇELİK<sup>2\*</sup>

Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye  
<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6826-9768>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5605-5735>

✉: [scelik69@harran.edu.tr](mailto:scelik69@harran.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmada, geleneksel Yaprak peynirinin bazı karakteristik özelliklerinin tespit edilmesi ve gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 13 farklı küçük ölçekli süt işletmelerinde inek ve koyun sütünden üretilen geleneksel taze Yaprak peyniri 90 gün süre ile 4 °C'de depolanmış ve depolama periyodunun 1., 30., 60., ve 90. günlerinde peynirin bazı karakteristik özellikleri araştırılmıştır. Çiğ inek ve koyun sütünden üretilen olgun Yaprak peynirlerinin ortalama KM, KM'de yağ, protein ve KM'de tuz içerikleri sırasıyla %56.71-58.34, %40.73-48.19, %21.37-25.46 ve %10.46-11.44 aralığında tespit edilmiştir. Depolama periyodu boyunca Yaprak peynirinde asitlik değerlerinin değişim gösterdiği, lipoliz ve proteoliz düzeylerinin ise sürekli artış gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırılan mikrobiyolojik parametreler bakımından, depolama periyodunun 90. gününde peynirin tüketime uygunluk arz ettiği sonucuna varılmıştır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 18.05.2020  
Kabul Tarihi : 02.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Yaprak peyniri  
Telemesi haşlanan peynirler  
Gıda güvenliği  
Biyokimyasal özellikler  
Mikrobiyolojik özellikler

## Some Characteristic Properties of Traditional Yaprak Cheese

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine some characteristics of traditional Yaprak cheese and to evaluate it in terms of food safety. For this purpose, traditional fresh Yaprak cheese produced from cow and sheep milk from 13 different small family plants were collected and stored at 4 °C for 90 days. On the 1<sup>st</sup>, 30<sup>th</sup>, 60<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> days of storage period, the composition and some biochemical and microbiological properties of the cheese were investigated. The average DM, fat in DM, protein, and salt in DM content of the mature cheeses produced from raw cow and sheep milk were determined in the range of 56.71-58.34%, 40.73-48.19%, 21.37-25.46% and 10.46-11.44% respectively. During the storage period, it was determined that the acidity value varied, and the levels of lipolysis and proteolysis increased continuously. In terms of microbiological parameters, it was concluded that cheese is suitable for consumption on the 90th day of the storage period.

### Research Article

#### Article History

Received : 18.05.2020  
Accepted : 02.07.2020

#### Keywords

Yaprak cheese  
Pasta filata cheese  
Food safety  
Biochemical properties  
Microbiological properties

**Atf İçin:** Keskin B, Çelik Ş 2021. Geleneksel Yaprak Peynirinin Bazı Karakteristik Özellikleri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 146-155. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.739370>.

**To Cite:** Keskin B, Çelik Ş 2021. Some Characteristic Properties of Traditional Yaprak Cheese. KSU J. Agric Nat 24 (1): 146-155. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.739370>.

## GİRİŞ

Peynir, sütün çoğunlukla peynir mayasının etkisiyle pıhtılaştırılması, işlenmesi, süzülmesi, şekillendirilmesi, tuzlanması ve farklı sıcaklık ve sürede depolanarak olgunlaştırılması sonucunda elde edilen besin değeri yüksek fermente bir süt ürünüdür. Protein, yağ, mineral maddeler ve vitaminleri konsantre olarak yapısında bulunduran peynir, beslenmede büyük önem taşımaktadır (Üçüncü 2004).

Türkiye'nin yer aldığı coğrafi bölgede, yüzyıllar

boyunca kurulan pek çok medeniyetten miras kalan kültürel zenginlik söz konusudur. Bu bağlamda, Türkiye'de bölge şartları, kültürel alışkanlıklar yetiştirilen hayvan tür ve ırkları ile üretim tekniklerinin farklılığı nedeniyle, çeşitli yöresel peynirler üretilmektedir. Bu peynirler, çoğunlukla üretildikleri bölge ile sınırlı kalmış veya yörenin sosyo-ekonomik durumunun zamanla değişmesine bağlı olarak unutulmaya yüz tutmuştur (Dost ve ark. 2004). Türkiye'de üretim yöntemleri ve karakteristik özellikleri bilinmeyen, değişik yörelerde, farklı tat-

aroma ve tekstüre sahip 130 civarında geleneksel peynir çeşidinin üretildiği bildirilmektedir (Kamber 2005). Bu peynirlerin büyük bir kısmı, küçük ölçekli süt işletmelerinde veya küçük aile işletmelerinde üretilmektedir. Geleneksel peynirlerin karakteristik özelliklerinin tespit edilmesi ve üretim proseslerinin optimize edilerek süt endüstrisine kazandırılması, yurtiçi ve yurtdışında tanınmasını sağlayacak ve sonuçta ülke ve bölge ekonomilerine önemli katkı sağlayacaktır (Kamber 2005, Hatipoğlu 2014). Geleneksel peynir çeşitlerinin karakterizasyonunun yapılması ve endüstriyel üretime kazandırılması konusunda araştırmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, üretim prosesleri çoğunlukla optimize edilen İzmir tulum peyniri, Dil peyniri, Kaşar peyniri gibi bazı geleneksel peynirlerin orta ve büyük ölçekli işletmelerde üretimi sonucu, güvenilir ve standart kalitede ürün elde edilmesi sağlanmıştır. Halen küçük aile işletmelerinde üretilen ve sevilerek tüketilen, ancak hala tanınmayan ve yöresel olarak üretilip tüketilen geleneksel peynir çeşitliliğinin korunması ve ulusal düzeyde teknolojiye kazandırılması, zengin kültürel mirasın devamı ve peynir teknolojisi açısından önem taşımaktadır.

Değişen koşullar nedeniyle unutulmaya yüz tutmuş, bölgesel olarak üretilen fermente süt ürünlerinin üretim proseslerinin incelenmesi, karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, üretim proseslerinin optimize edilerek endüstriyel üretime kazandırılması için çaba sarf edilmelidir. Bu bağlamda yöresel peynirlerin mevcut potansiyelinin tespit edilmesi, Türk Gıda Kodeksi başta olmak üzere mevcut mevzuatlar çerçevesinde teknolojik iyileştirmeler sonucu standart kalitede üretimlerinin gerçekleştirilmesi iç ve dış ticaret imkânlarının geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde, 'telemeşi haşlanan peynirlerin taze olarak tüketime arz edilebileceği' anlaşılmaktadır (Anonim 2015). Ancak üretim ve depolama şartlarında hijyenik şartlara gereken özenin gösteril(e)memesi nedeniyle, rekontaminasyon olabileceği ve bu tip peynirlerinde tüketici sağlığı bakımından önemli düzeyde risk oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, gıda güvenliği indikatörleri olarak bilinen bakteri ve bakteri gruplarının varlığı bakımından değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Yöresel olarak üretilen geleneksel peynirlerden biri de Karacadağ bölgesinde üretilen ve çoğunlukla üretildiği bölgede tüketilen Yaprak peyniridir. Bu peynir, çoğunlukla ilkbahar aylarında ağırlıklı olarak çığ koyun sütünden üretilmektedir. Peynir üretiminde, fermente teleme yüksek sıcaklıkta haşlandıktan sonra, teleme hamuru düz zemin üzerinde oklava ile açılarak düzleştirilmekte, ortalama 0.5 cm kalınlık ve 5x5 cm ebadında porsiyonlar halinde kesildikten sonra salamurada muhafaza edilmektedir. Peynir taze veya

4-6 °C'de 2-3 ay süre ile depolandıktan /olgunlaştırıldıktan sonra tüketime arz edilmektedir. Bu peynir ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, Yaprak peyniri florasında istenmeyen kontaminantların varlığı ve yükleri başta olmak üzere, peynirin bileşim ve bazı biyokimyasal özelliklerinin tespit edilmesi ve araştırılan parametreler bağlamında peynirin Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Anonim 2015) ile Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği (Anonim 2011) bağlamında irdelenmesi ve literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

### Materyal

Bu çalışma kapsamında, geleneksel peynirinin üretildiği 13 küçük aile işletmesinden (13 örnek koyun sütünden yapılan peynir, 13 örnek inek sütünden yapılan peynir) Yaprak peyniri örnekleri alınmıştır. Taze peynir örnekleri (1.gün) işletme şartlarında plastik bidonlara (3 kg) alınmış ve 4 °C'de depolanmıştır.

### Metot

#### Bileşim Analizleri

Geleneksel Yaprak peyniri örneklerinde bileşim analizleri depolama periyodunun 90. gününde yapılmıştır. Bu bağlamda, peynir örneklerinde KM, yağ, protein (Dumas yöntemi), kül ve tuz (Mohr yöntemi), KM'de yağ ve KM'de tuz oranları yapılmıştır (Anonim 1989). KM'de yağ ve KM'de tuz oranları hesapla bulunmuştur.

#### Biyokimyasal Analizler

Peynir örneklerinde, titrasyon asitliği ve pH analizleri (Anonim 1989) ile proteoliz ve lipoliz düzeyleri, depolama periyodunun 1., 30., 60. ve 90. günlerinde yapılmıştır. Peynir örneklerinde pH 4.6'da çözünen azot (ÇA) oranı Gripon ve ark. (1975) ve FIL-IDF (1993), TCA'da ÇA oranı ise Anonim (1989) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Elde edilen tüm filtratlar, analize alınmaya kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Olgunlaşma indeksi, depolama periyodunun 90. gününde elde edilen pH 4.6'da ÇA'un toplam azota bölünmesi ve 100 ile çarpılması sonucu bulunmuştur. Peynir örneklerinde lipoliz düzeyi (asit değeri), Coşkun (1995) tarafından önerilen yöntemle göre yapılmıştır.

#### Mikrobiyolojik Analizler

Geleneksel Yaprak peyniri örneklerinde mikrobiyolojik analizler, depolama periyodunun 1., 30., 60. ve 90. günlerinde yapılmıştır.

Geleneksel Yaprak peyniri örneklerinden ilk dilüsyon

(10<sup>-1</sup>) hazırlamak için, steril %2 (w/v) sodyum sitrat kullanılmış, daha sonra steril peptonlu su (%0.1) kullanılarak uygun dilüsyonlar hazırlanarak spesifik besiyerlerine ekim yapılmıştır (Caridi 2003, Gerasi ve ark. 2003).

Peynir florasında *Lactobacillus* cinsi bakteri sayımı için MRS agar besiyerine (37 °C'de 48 saat), kok şekilli laktik asit bakterileri için ise M17 agar (37 °C'de 48 saat) besiyerine dökme plak yöntemiyle ekim yapılmış ve anaerobik şartlarda inkübasyona bırakılmıştır. Koliform ve fekal koliform grubu bakterilerin sayımı amacıyla VRBA besiyerine ekim yapılmıştır. Koliform grubu için 30 °C'de 24 saat, fekal koliform grubu için ise 44 °C'de 24 saat inkübasyon normu uygulanmıştır. Maya-küf sayımları için, tartarik asitle (%10'luk, 14 mL L<sup>-1</sup>) asitliği pH 3.5'e ayarlanmış, PDA besiyerine ekim yapılarak 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Caridi 2003, Gerasi ve ark. 2003). *E. coli* varlığı ve sayımı için, uygun dilüsyondan Chromocult TBX agar besiyerine dökme plak yöntemiyle ekim yapıldıktan sonra, 44 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir (Vural ve ark. 2010). Inkübasyon sonrası, petrilere doğrudan koloni sayımı yapılmıştır.

Koagulaz (+) *Staphylococcus* tespiti için, 25 g peynir örneği 225 mL steril sodyum sitrat içinde homojenize edilmiş, Baird Parker (BP) Agar (Oxoid CM 0275, egg yolk tellurite supl. SR 0054) besiyerine yüzeye yayma

yöntemiyle ekim yapılmış ve 35-37 °C'de 24-48 saat inkübe edilmiştir. Inkübasyon sonrası petrilere atipik ve tipik koloniler sayılarak doğrulama işlemine geçilmiştir. Doğrulama işlemi için izolatlar, Brain Heart Infusion besiyeri tüpüne aktarılarak 35-37 °C'de 24±2 saat süre ile inkübe edilmiştir. Daha sonra 0.1 mL steril hemoliz tüplerine (0.3 mL tavşan plazması) aktarılmış ve 35 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Tüpler eğik tutularak inkübasyonun 4-6 saati arasında plazmanın pıhtılaşp pıhtılaşmadığı incelenmiştir (Anonim 2001).

### İstatistiksel Analizler

Çalışmaya ait veriler, çift yönlü ANOVA ile analiz edilmiş, önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Yıldız ve Bircan 1994). Analiz öncesi mikrobiyolojik parametrelere ait veriler, logaritmik transformasyona tabi tutulmuştur. Varyans analizi için MINITAB paket programı kullanılmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Bileşim

Çiğ inek ve koyun sütlerinden üretilen Yaprak peynirlerin bileşim parametrelerine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çiğ inek ve koyun sütlerinden üretilen geleneksel olgun Yaprak peynirinin bileşimine ait ortalama değerler (%) ve oluşan gruplar

Table 1. Groups formed and average mean values (%) of the composition of traditional mature Yaprak cheeses made from raw cow or sheep milk

Peynir Cheese	KM DM	Protein Protein	Yağ Fat	KM'de Yağ Fat in DM	Kül Ash	Tuz Salt	KM'de Tuz Salt in DM
İnek peyniri Cow cheese	58.34±0.60	21.37±0.37 <sup>b</sup>	28.06±0.46 <sup>a</sup>	48.19±0.52 <sup>a</sup>	8.71±0.12 <sup>a</sup>	6.73±0.12 <sup>a</sup>	11.44±0.27 <sup>a</sup>
Koyun peyniri Sheep cheese	56.71±0.60	25.46±0.37 <sup>a</sup>	23.14±0.46 <sup>b</sup>	40.73±0.52 <sup>b</sup>	7.95±0.12 <sup>b</sup>	5.91±0.12 <sup>b</sup>	10.46±0.27 <sup>b</sup>

KM: Kurumadde; DM: Dry matter

Farklı lokasyonlarda faaliyet gösteren küçük ölçekli işletmelerde üretilen ve 3 ay boyunca depolanan olgun Yaprak peynirinin ortalama KM oranı, inek sütünden yapılan peynirde %58.34, koyun sütünden yapılan peynirde ise bu değer ortalama %56.71 olarak hesaplanmıştır. İnek sütüne oranla, koyun sütünün yağ oranı daha yüksek olması nedeniyle (Üçüncü 2004), koyun sütünden üretilen Yaprak peynirinin KM oranının da daha yüksek olması beklenmektedir. Ancak, söz konusu peynir üretiminin yapıldığı Karacadağ bölgesinde koyun sütünden sadece yağ üretimi de yaygın olarak yapılmaktadır (Hatipoğlu 2014). Bu nedenle, peynir üretiminde kullanılan koyun sütünün belirli düzeyde yağı alınmaktadır. Ortalama KM oranı, Diyarbakır Örgü peynirinde %44.83 (Özdemir ve ark. 1998), %52.73 (Çelik ve Türkoğlu 2007) ve %54.43 (Hatipoğlu 2014), Dil peynirinde ise bu oran %53.95 (Uysal 2008) olarak bildirilmiştir. Peynirin KM oranındaki bu farklılık,

sütün türü, sütün yağ oranı ve peynirin depolama süresinden kaynaklanmış olabilir. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde (Anonim 2015) fermente telemesi haşlanan ve salamurada olgunlaştırılan peynirlerde KM oranının en az %55 olması gerektiği bildirilmektedir. Bu bağlamda, inek ve koyun sütünden üretilen Yaprak peynirleri anılan tebliğe uygunluk arz etmekte ve adı geçen tebliğe göre sert peynir sınıfında yer almaktadır.

İnek sütünden yapılan geleneksel Yaprak peynirinde ortalama protein oranı, koyun sütünden yapılan peynire oranla, çok önemli düzeyde (P<0.01) daha düşük bulunmuştur. Ortalama protein oranı, Diyarbakır Örgü peynirinde %21.69 (Özdemir ve ark. 1998), %22.48 (Çelik ve Türkoğlu 2007) ve %25.20 (Hatipoğlu 2014); Dil peynirinde %24.24 (Uysal 2008) olarak bildirilmiştir. Ortaya çıkan bu durum, süt hayvanlarının ırkı/türü ve hayvan yeminin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.



Geleneksel Yaprak peynirinin ortalama yağ oranı, inek sütünden üretilen peynirde çok önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) daha yüksek hesaplanmıştır (Çizelge 1). Karacadağ bölgesinde Yaprak peyniri ile sadeyağ üretiminin yaz aylarının başlangıcında eşzamanlı olarak başladığı, özellikle koyun sütünün belirli düzeyde kreması alınarak kaymak, tereyağı veya sadeyağa işlendiği, bölge peynir üreticileri tarafından belirtilmektedir. Dolayısıyla, yağı alınmış koyun sütünden üretilen peynirde de yağ oranının düşük olması beklenmektedir. Diyarbakır Örgü peynirinde ortalama yağ oranı, Özdemir ve ark. (1998) %14.72, Çelik ve Türkoğlu (2007) %21.73, Hatipoğlu (2014) ise %20.57, Dil peynirinde bu oran Uysal (2008) tarafından %23.50 olarak bildirilmiştir.

İnek sütünden üretilen Yaprak peynirin KM'de yağ oranı, koyun sütünden üretilen peynire oranla, çok önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) daha yüksek bulunmuştur. Karacadağ bölgesinde üretilen ve üretim prosesi bakımından Yaprak peyniri ile benzerlik gösteren Diyarbakır Örgü peynirinde ortalama KM'de yağ oranı %32.23 (Özdemir ve ark. 1998), %41.20 (Çelik ve Türkoğlu 2007) ve %37.73 (Hatipoğlu 2014) olarak bildirilmiştir. KM'de yağ oranı bakımından, Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde belirtilen ölçütlere göre, inek sütünden elde edilen Yaprak peyniri tam yağlı (en az %45 yağlı), koyun sütünden üretilen peynir ise yarım yağlı sınıfta yer almaktadır (Anonim 2015).

Koyun ve inek sütünden yapılan Yaprak peynirlerinde ortalama kül oranları çok önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) farklılık göstermiştir (Çizelge 1). Bu durum,

peynirlerde tuz oranının farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Benzer durum, aynı bölgede üretilen peynirlerde de gözlenmiştir (Özdemir ve ark. 1998, Çelik ve Türkoğlu 2007, Uysal 2008, Hatipoğlu 2014).

İnek sütünden üretilen Yaprak peynirinde ortalama tuz ve KM'de tuz oranları istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) yüksek bulunmuştur. KM'de tuz oranı, Karacadağ bölgesinde çiğ süttten benzer yöntemlerle üretilen Diyarbakır Örgü peynirinde %13.68 (Özdemir ve ark. 1998), %13.18 (Çelik ve Türkoğlu 2007) ve %14.13 (Hatipoğlu 2014) olarak hesaplanmıştır. İnek ve koyun sütleri kullanılarak üretilen Yaprak peyniri için hesaplanan KM'de tuz oranları, Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'nde fermente telemesi haşlanan ve salamurada olgunlaştırılan peynirler için belirlenen limit orandan (en fazla %7.5) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). Bu bağlamda, bu peynir ile ilgili yapılacak olan çalışmalarda bu durumun dikkate alınması ve bu doğrultuda bilimsel çalışmaların yapılması mer'i mevzuata uygunluk bakımından zorunluluk arz etmektedir.

### Biyokimyasal Özellikler

Çiğ inek ve koyun sütlerinden üretilen geleneksel Yaprak peynirinin bazı biyokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çiğ inek ve koyun sütlerinden üretilen geleneksel Yaprak peynirinin bazı biyokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Table 2. Groups formed and average mean values of some biochemical properties of traditional Yaprak cheeses produced from raw cow or sheep milk

	TA TA	pH pH	Asit değeri Acid value (mg KOH g-yağ <sup>-1</sup> )	pH 4.6'da ÇA SN in pH 4.6 (%)	TCA'da ÇA SN in TCA (%)
İnek peyniri (Cow cheese)	0.09±0.002 <sup>b</sup>	5.11±0.02	1.14±0.08 <sup>b</sup>	0.94±0.04	1.26±0.03
Koyun peyniri (Sheep cheese)	0.11±0.002 <sup>a</sup>	5.08±0.02	1.89±0.08 <sup>a</sup>	0.85±0.04	1.23±0.03

TA: Titrasyon asitliği (%LA), ÇA: Çözünen azot; Titratable acidity (lactic acid %), SN: Soluble nitrogen

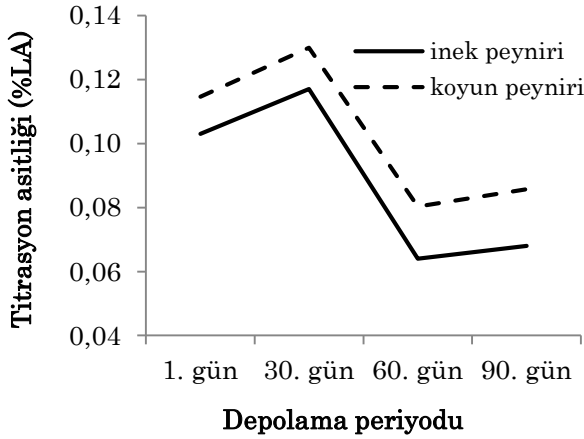
Çizelgede görüldüğü gibi, koyun sütünden üretilen Yaprak peynirine oranla, inek sütünden yapılan peynirde titrasyon asitliği çok önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) daha düşük bulunmuştur. Koçak ve ark. (1997) Dil peynirinde, Özdemir ve ark. (1998), Aksu ve ark. (1999) ile Türkoğlu ve ark. (2003) Örgü peynirinde ve Çelik ve ark. (2001) ise Lavaş peynirinde ortalama titrasyon asitliğini (SH) sırasıyla 22.89, 22.86, 15.11, 49.33 ve 22.74 olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada, Yaprak peyniri için hesaplanan titrasyon asitliği değerleri, literatürde benzer peynirler için bildirilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, üretimde kullanılan çiğ sütün asitliği, mevsim ve depolama sıcaklıklarının farklılığından kaynaklanmış olabilir.

İnek ve koyun sütünden üretilen Yaprak peynirinin titrasyon asitliği, depolama periyodunun 30. gününde nispeten yükselmiş, daha sonra 60. günde hızlı bir azalma, periyodun sonunda ise yavaş bir yükselme görülmüştür (Şekil 1). Proteoliz nedeniyle oluşan alkali ve nötral karakterli bileşikler ile lipoliz sonucu ortaya çıkan parçalanma ürünlerinin titrasyon asitliğinin düşmesine neden olabildiği bildirilmiştir (Güven ve Konar 1994, Uysal 2008). Bu durum, farklı çalışmalarda da benzer şekilde ortaya konmuştur (Tarakçı ve Küçüköner 2006, Çelik ve Türkoğlu 2007, Uysal 2008, Fresno ve Alvarez 2012, Hatipoğlu 2014).

İnek ve koyun sütünden yapılan Yaprak peynirlerinde ortalama pH değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur (Çizelge 2). Elde edilen bu sonuçlara



benzer olarak, Çelik ve Türkoğlu (2007) çiğ süttten yapılan Örgü peynirinin ortalama pH değerini 5.07; Hatipoğlu (2014) ise Diyarbakır Örgü peynirinde ortalama pH değerini 5.57 olarak bildirmişlerdir. Uysal (2008) çiğ süttten yapılan Dil peynirinin ortalama pH değerini 5.07, saha çalışması niteliğindeki bir araştırmada ise Dil peynirinin ortalama asitliği pH 5.20 olarak bildirilmiştir (Koçak ve ark. 1997).



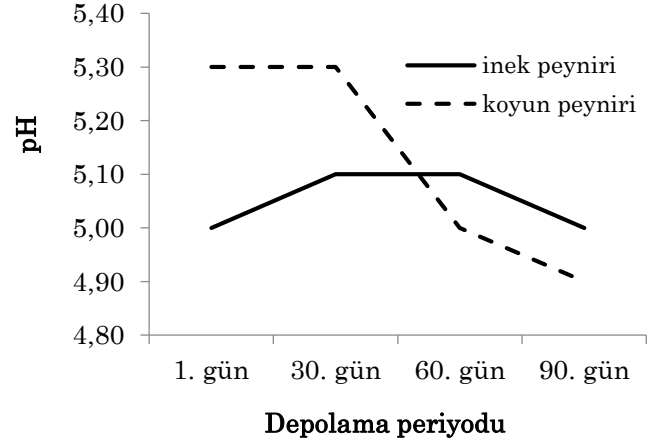
Şekil 1. Farklı tür süttten üretilen Yaprak peynirinde titrasyon asitliğinin depolama periyodu boyunca değişimi

Figure 1. The changes in titratable acidity of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

İnek süttünden üretilen Yaprak peynirinin pH değeri, depolama periyodunun 60. gününe kadar nispeten yükselmiş, daha sonra azalmıştır. Koyun süttünden yapılan peynirde ise, periyodun 30. gününe kadar sabit seyretmiş, daha sonra periyodun sonuna kadar hızlı bir şekilde azalmıştır (Şekil 2). Benzer şekilde, çiğ süttten üretilen Örgü peynirinde olgunlaşma periyodunun 15. gününde pH değerinin yükseldiği ve daha sonra periyodun sonuna kadar azalma eğilimi görüldüğü (Çelik ve Türkoğlu 2007); başka bir çalışmada ise çiğ süttten elde edilen Dil peynirinde pH değerinin olgunlaşma periyodunun 60. gününe kadar çok önemli düzeyde arttığı, periyodun 90. gününde ise bu değer nisbi olarak azaldığı bildirilmiştir (Uysal 2008).

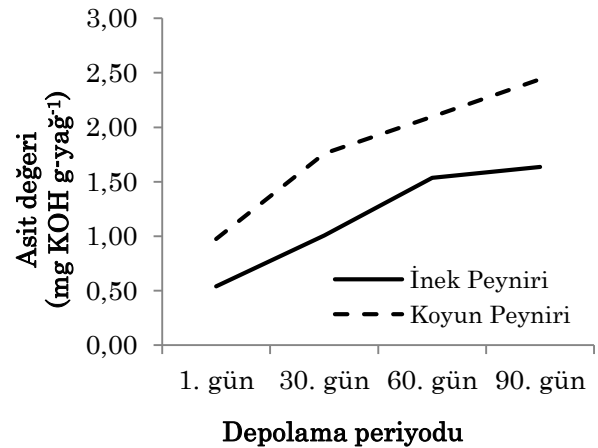
Koyun süttünden yapılan peynirde lipoliz düzeyi (asit değeri, mg KOH g-yağ<sup>-1</sup>), çok önemli düzeyde (P<0.01) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 2). İnek süttünden yapılan Yaprak peyniri için hesaplanan ortalama asit değerleri, Çelik ve Türkoğlu (2007) tarafından çiğ süttten yapılan Örgü peyniri için bildirilen ortalama değerden (1.49 mg KOH g-yağ<sup>-1</sup>) düşük, koyun süttünden üretilen Yaprak peyniri için hesaplanan ortalama asit değeri ise daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca inek ve koyun süttünden yapılan Yaprak peyniri için hesaplanan ortalama lipoliz düzeyleri, Uysal (2008) çiğ süttten yapılan Dil peyniri için bildirilen

ortalama değerden (0.25 mg KOH g-yağ<sup>-1</sup>) daha düşük bulunmuştur. Asit değeri, peynir üretiminde uygulanan fermentasyon ve haşlama işlemi başta olmak üzere haşlama öncesi fermentasyon düzeyi, peynir üretim prosesleri ile işletmede uygulanan hijyen ve sanitasyon işlemlerinden etkilenmektedir.



Şekil 2. Farklı tür süttten üretilen Yaprak peynirinde pH değerinin depolama periyodu boyunca değişimi  
Figure 2. The changes in pH of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

İnek ve koyun süttünden üretilen Yaprak peynirinin asit değeri, depolama periyodu boyunca yükselmekle beraber, koyun süttünden üretilen peynirde daha yüksek seyretmiştir (Şekil 3). Benzer şekilde, Çelik ve Türkoğlu (2007) Örgü peynirinde, Uysal (2008) Dil peynirinde 90 günlük depolama süresi boyunca asit değerlerinin önemli bir şekilde artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

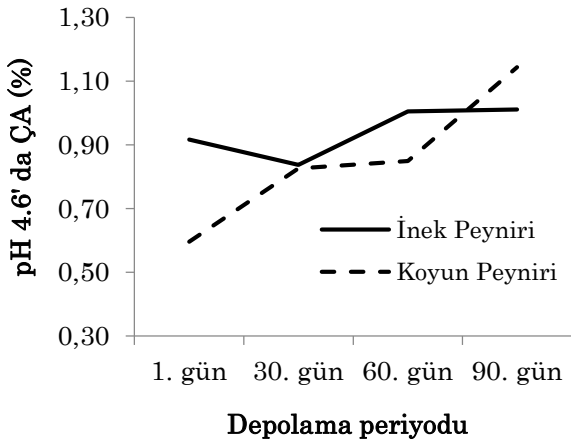


Şekil 3. Farklı tür süttten üretilen Yaprak peynirinde asit değerinin depolama periyodu boyunca değişimi  
Figure 3. The changes in acidity value of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

Koyun ve inek süttlerinden üretilen Yaprak peynirlerinin ortalama pH 4.6'da ÇA oranları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 2).

Geleneksel Yaprak peynirinin pH 4.6'da ÇA oranları, Uysal (2008)'ın Dil peyniri için bildirdikleri değerlerden (%0.12-0.13) yüksek bulunmuştur. pH 4.6'da ÇA oranlarının yüksek bulunması, peynirin çiğ süttten yapılmasından kaynaklanmış olabilir. Bu bağlamda, çiğ süttten üretilen Cheddar peynirinde, starter olmayan laktik asit bakteri sayısı ile küçük moleküllü peptitler, aminoasitler ve serbest yağ asitleri miktarı arasında pozitif bir ilişki ortaya konmuştur (McSweeney ve ark. 1993).

Depolama periyodunun başlangıcında koyun sütünden üretilen Yaprak peynirinde pH 4.6'da çözünen azot oranının daha düşük olduğu, ancak periyodun 90. gününde bu oran koyun sütünden elde edilen peynirde daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4). Uysal (2008) çiğ süttten yapılan Dil peynirde pH 4.6'da ÇA oranının, taze peynirde (1.gün) %0.13, olgun peynirde ise (90.gün) nispi bir artış gözleyerek %0.14 olduğunu bildirmişlerdir.



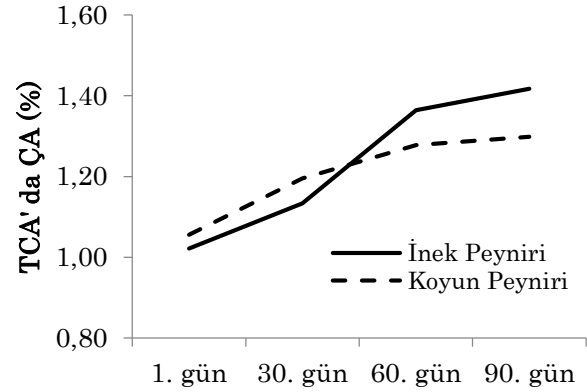
Şekil 4. Farklı tür süttten üretilen Yaprak peynirinde pH 4.6'da çözünen azot oranının depolama periyodu boyunca değişimi

Figure 4. The changes in SN in pH 4.6 of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

Çiğ inek ve koyun sütünden yapılan Yaprak peynirinin ortalama TCA'da ÇA oranları birbirine çok yakın bulunmuştur. TCA'da-ÇA oranı bakımından, çiğ süttten üretilen Cheddar (McSweeney ve ark. 1993), Manchego (Gaya ve ark. 1990) ve Kasserı (Moatsou ve ark. 2011) peynirlerinde bu oranın daha yüksek olduğu bildirilmesine karşın, çiğ ve pastörize süttten üretilen Cheddar (Rosenberg ve ark. 1995) ve Kaşar (Sert ve ark. 2007) peynirlerinde bu parametre bakımından herhangi bir farklılık tespit edilmediği bildirilmiştir. Protein olmayan azot olarak da bilinen TCA'da ÇA, düşük molekül ağırlıklı proteoliz ürünlerinin konsantrasyonunu belirlemek ve peynirin olgunluk düzeyini tespit etmek için kullanılan önemli bir parametredir.

Farklı tür süttlerden üretilen Yaprak peynirinin TCA'da ÇA oranı, depolama periyodu boyunca sürekli

yükselmiştir (Şekil 5). Çiğ süttten yapılan ve 90 gün süre ile depolanan Örgü peynirlerinde ortalama TCA'da ÇA oranının yükseldiği (Çelik ve Türkoğlu 2007); çiğ süttten yapılan Dil peynirinde olgunlaşma periyodunun 30. gününe kadar TCA'da ÇA değerlerinin değişkenlik göstermediği, daha sonra ise arttığı bildirilmiştir (Uysal 2008).



#### Depolama periyodu

Şekil 5. Farklı tür süttten üretilen Yaprak peynirinde TCA'da çözünen azot oranının depolama periyodu boyunca değişimi

Figure 5. The changes in SN in TCA of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

Olgunlaşma indeksi peynir teknolojisinde proteolitik aktivitenin ve buna bağlı olarak olgunlaşmanın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Üçüncü 2004). Olgunlaşma indeksi, inek sütünden yapılan Yaprak peynirinde %26.87, koyun sütünden yapılan peynirde ise %30.08 olarak hesaplanmıştır. Olgunlaşma indeksi, taze ve olgun (90 günlük) Kaşar peynirinde %10.50-10.59 ve %18.70-20.95 arasında bildirilmiştir (Tarakçı ve Küçüköner 2006). Dil (Koçak ve ark. 1997), Diyarbakır Örgü (Özdemir ve ark. 1998) ve Lavaş (Çelik ve ark. 2001) peynirlerinde ortalama olgunlaşma indeksi sırasıyla, %12.45, 3.09 ve 2.30 olarak bildirilmiştir.

#### Mikrobiyolojik Özellikler

Farklı tür süttlerden üretilen geleneksel Yaprak peynirinin mikrobiyolojik parametrelerine ilişkin ortalama değerler ve oluşan gruplar Çizelge 3'te verilmiştir.

İnek sütünden yapılan Yaprak peynirinde ortalama *Lactococcus sp.* ve *Lactobacillus sp.* sayısı (log kob g<sup>-1</sup>) sırasıyla 6.23±0.09 ve 5.76±0.09 olduğu; koyun sütünden üretilen Yaprak peynirinde ise sayı sırasıyla 6.41±0.09 log kob g<sup>-1</sup> ve 5.74±0.09 log kob g<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Yaprak peynirlerinde *Lactococcus sp.* bakteri yükü (log kob g<sup>-1</sup>), olgunlaşma süresi boyunca nisbi bir azalma eğilimi göstermiştir. Ortaya çıkan bu sonuç

olgunlaşma periyodunun sonuna kadar *Lactococcus sp.* azaldığını bildiren bazı araştırmacıların (Ortigosa ve ark. 2006, Öner ve ark. 2006, Calvo ve ark. 2007) bulgularıyla benzerlik gösterirken, diğer bazı araştırmacıların (Güven ve Konar 1994, Marino ve ark.

2003, Uysal 2008) bulgularından farklılık göstermiştir. Bulgularda gözlemlenen bu farklılık, uygulanan teknolojik işlemlerden ve kullanılan çiğ sütün kalitesinden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 3. Farklı tür sütlerden üretilen Yaprak peynirinin bazı mikrobiyolojik parametrelerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar (log kob g<sup>-1</sup>)

Table 3. Groups formed and average values (log cfu g<sup>-1</sup>) of some microbiological parameters of Yaprak cheeses made from raw cow or sheep milk

	<i>Lactococcus sp.</i>	<i>Lactobacillus sp.</i>	KGB CB	FKGB FCB	<i>E. coli</i>	Maya-Küf Mould-Yeast
<b>İnek peyniri</b> <i>Cow cheese</i>	6.23±0.09	5.76±0.09	2.80±0.12 <sup>a</sup>	2.54±0.10 <sup>a</sup>	2.21±0.11 <sup>a</sup>	2.10±0.10 <sup>a</sup>
<b>Koyun peyniri</b> <i>Sheep cheese</i>	6.41±0.09	5.74±0.09	1.89±0.12 <sup>b</sup>	1.71±0.10 <sup>b</sup>	1.47±0.11 <sup>b</sup>	1.12±0.10 <sup>b</sup>

KGB: Koliform grubu bakteriler; FKGB: Fekal koliform grubu bakteriler; CB: *Coliform bacteria*; FCB: *Fecal coliform bacteria*

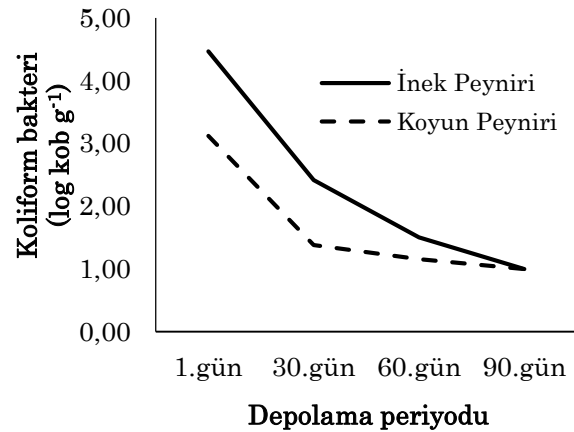
Yaprak peyniri florasında ortalama *Lactobacillus sp.* sayısı (log kob g<sup>-1</sup>), olgunlaşma periyodunun 60. gününde düşmüş, daha sonra yükselmiştir. Benzer durum, bazı araştırmacılar (Öner ve ark. 2006, Ortigosa ve ark. 2006, Uysal 2008) tarafından da bildirilmiştir.

İnek sütünden yapılan peynirde koliform grubu bakteri yükü (log kob g<sup>-1</sup>) çok önemli düzeyde (P<0.01) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Üretim ve depolama prosesi bakımından Yaprak peyniri ile benzerlik gösteren Örgü ve Lavaş peynirleri ile ilgili yapılan farklı çalışmalarda, söz konusu peynirlerde ortalama koliform grubu bakteri sayıları, 2.50-7.91 log kob g<sup>-1</sup> aralığında bildirilmiştir (Özdemir ve ark. 1998, Aksu ve ark. 1999, Anar ve ark. 2000, Çelik ve ark. 2001, Türkoğlu ve ark. 2003, Vural ve ark. 2010).

İnek ve koyun sütlerinden üretilen Yaprak peyniri florasında, depolama periyodunun başlangıcında koliform grubu bakteri yükünün yüksek olduğu, ancak periyot boyunca bu yükün azaldığı ve periyodun 90. gününde bu sayının <1 log kob g<sup>-1</sup> seviyesine düştüğü görülmektedir (Şekil 6). Benzer azalma trendi, farklı peynir çeşitlerinde birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Arıcı ve Şimşek 1991, Albenzio ve ark. 2001, Marino ve ark. 2003, Cabezas ve ark. 2007, Uysal 2008). Bu bağlamda, Diyarbakır Örgü peyniri florasında olgunlaşma periyodunun 1.gününde koliform grubu bakteri yükünün 5.55 log kob g<sup>-1</sup> olduğu, periyodun 90.gününde ise bu yükün <1.00 log kob g<sup>-1</sup> değerine düştüğü bildirilmiştir (Hatipoğlu 2014). Bu parametre bakımından, geleneksel Yaprak peynirinin taze olarak tüketilmesi tüketici sağlığı açısından risk oluşturmaktadır.

Farklı tür sütlerden üretilen Yaprak peynirinin fekal koliform grubu bakteri yükünün depolama periyodunun başlangıcında yüksek olduğu, ancak periyot boyunca bu yükün azaldığı ve periyodun 90. gününde ise <1 log kob g<sup>-1</sup> seviyesine düştüğü görülmektedir (Şekil 7). Uysal (2008) çiğ sütten yapılan Dil peyniri florasında fekal koliform grubu

bakteri sayılarını olgunlaşma periyodunun başlangıcında yüksek (2.45 log kob g<sup>-1</sup>) olduğu, periyodun 90. gününde önemli düzeyde azaldığı (1.04 log kob g<sup>-1</sup>), Marino ve ark. (2003) pıhtısı haşlanan Montasio peyniri florasında bu grup bakteri yükünün depolama periyodu boyunca azaldığı ve periyodun 30.gününde <1 log kob g<sup>-1</sup> (<2.54) düzeyine indiğini bildirmişlerdir.



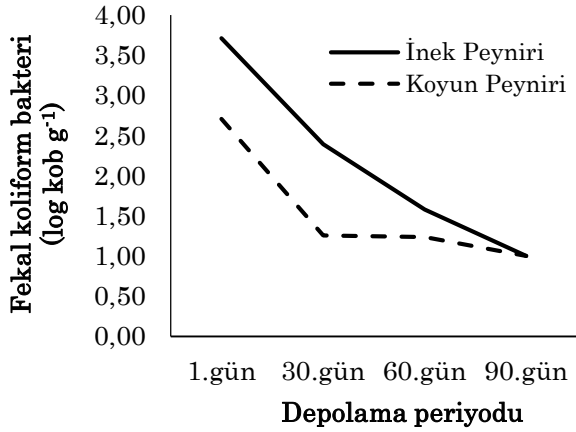
Şekil 6. Farklı tür sütten üretilen Yaprak peyniri florasında koliform grubu bakteri yükünün depolama periyodu boyunca değişimi

Figure 6. The changes in coliform bacteria load of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

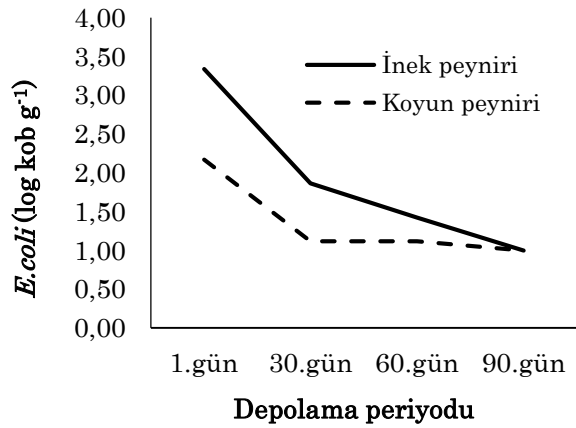
Koyun sütünden elde edilen Yaprak peyniri florasında *E.coli* yükü, çok önemli düzeyde (P<0.05) daha düşük bulunmuştur (Çizelge 3). Piyasadan temin edilen Örgü peyniri örneklerinde ortalama *E.coli* sayıları (log kob g<sup>-1</sup>) 1.63 ve 3.69 olarak bildirilmiştir (Aksu ve ark. 1999, Vural ve ark. 2010).

Yaprak peyniri florasında, depolama periyodunun başlangıcında *E. coli* bakteri yükünün yüksek olduğu, ancak periyot boyunca bu yükün azaldığı ve periyodun 90.gününde <1 log kob g<sup>-1</sup> seviyesine düştüğü

görülmektedir (Şekil 8). Benzer azalma durumu, çiğ, termize ve pastörize sütte yapılan Dil peyniri florasında da bildirilmiştir (Uysal 2008). Gıdalarda bulunan *E.coli* ishal, ateş ve mide bulantısı semptomları gösteren gıda zehirlenmesine neden olan bir bakteridir (Ünlütürk ve Turantaş 2003). Bu nedenle peynirde *E.coli* bakterisinin mevcut olması halinde söz konusu peynirin tüketime uygun olmadığına hükmedilir.



Şekil 7. Farklı tür sütte üretilen Yaprak peyniri florasında fekal koliform grubu bakteri yükünün depolama periyodu boyunca değişimi  
Figure 7. The changes in fecal coliform bacteria load of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

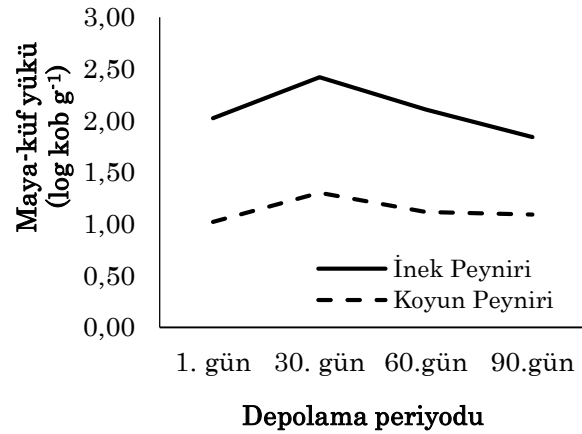


Şekil 8. Farklı tür sütte üretilen Yaprak peyniri florasında *E. coli* bakteri yükünün depolama periyodu boyunca değişimi  
Figure 8. The changes in *E. coli* load of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

İnek ve koyun sütünden üretilen Yaprak peyniri florasında maya-küf yükleri, sırasıyla 2.10 ve 1.12 log kob g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Yaprak peyniri ile benzerlik gösteren Örgü ve Lavaş peynir florasında farklı araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda, ortalama maya küf sayısı, 2.63-5.61 log kob g<sup>-1</sup>

aralığında değiştiği bildirilmiştir (Özdemir ve ark. 1998, Aksu ve ark. 1999, Anar ve ark. 2000, Çelik ve ark. 2001, Türkoğlu ve ark. 2003, Vural ve ark. 2010, Hatipoğlu 2014). Dil peynirinde maya sayısının en fazla 4 log kob g<sup>-1</sup>, küf sayısının ise en fazla 3 log kob g<sup>-1</sup> olabileceği bildirilmiştir (Anonim 2006). Bu bağlamda, üretim ve muhafaza şekli itibarı ile Dil peyniri ile benzerlik gösteren Yaprak peynirinde, depolama periyodunun ilk gününden itibaren maya-küf sayısı açısından hem standarda hem de tebliğe uygunluk arz etmiştir.

Geleneksel Yaprak peyniri florasında maya-küf sayısı, depolama periyodunun 30.gününde yükselme, takip eden periyotta ise sürekli bir azalma göstermiştir (Şekil 9). Benzer durum, pek çok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Gerasi ve ark. 2003, Manolopoulou ve ark. 2003, Marino ve ark. 2003, Öner ve ark. 2006, Uysal 2008). Olgunlaşma periyodunun sonuna kadar maya-küf popülasyonunun varlık göstermesi, bu mikroorganizmaların geniş bir su aktivitesi aralığında (aw: 0.65-0.90), düşük pH (bazı durumlarda pH 3'ün altında) ile sıcaklık derecelerinde gelişebilme yeteneklerine bağlanabilir (Durlu-Özkaya ve Cömert 2008).



Şekil 9. Farklı tür sütte üretilen Yaprak peyniri florasında maya-küf yükünün depolama periyodu boyunca değişimi  
Figure 9. The changes in mould and yeast load of Yaprak cheeses made from different types of milk during storage period

Yaprak peyniri örneklerinde koagülaz pozitif *S. aureus*, depolama periyodunun 1. gününde yapılan ekimler ve alınan izolatların değerlendirilmesi sonucunda, sadece 3 adet inek sütünden üretilen peynirde, periyodun 30. gününde ise bu örneklerin sadece 1 adedinde tespit edilmiştir. Koyun sütünden yapılan Yaprak peyniri örneklerinde ise koagülaz pozitif *S. aureus* bakterisine rastlanılmamıştır. Koagülaz pozitif *S. aureus* bakteri yükü, izin verilen değerden (<10<sup>3</sup> adet g<sup>-1</sup>) daha düşük bulunmuştur (Anonim, 2011).



## SONUÇ ve ÖNERİLER

İnek ve koyun sütünden üretilen Yaprak peynirinin KM oranı bakımından, Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği'ne uygunluk arz ettiği; KM'de yağ oranı bakımından inek sütünden elde edilen peynirin tam yağlı, koyun sütünden elde edilen peynirin ise yarım yağlı peynir; anılan tebliğ bağlamında Yaprak peynirinin sert peynir sınıfında yer aldığı; KM'de tuz oranı bakımından ise, peynirin tebliğde izin verilen orandan daha yüksek düzeyde tuz içerdiği tespit edilmiştir.

Her iki süt türünden yapılan Yaprak peyniri florasında mikrobiyal kontaminant olarak anılan ve aynı zamanda gıda güvenliği indikatörü olarak kabul edilen koliform, fekal koliform, *E. coli* ve maya-küf yükleri bakımından periyodun 90. gününde riskin minimize olduğu ( $<1 \log \text{ kob g}^{-1}$ ) ve dolayısıyla tüketilebileceği sonucuna varılmıştır. Diğer taraftan, inek ve koyun sütünden üretilen taze Yaprak peynirinin Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'ne (Anonim 2011) uygunluk arz ettiği sonucuna varılmıştır.

Geleneksel Yaprak peyniri kendine has tat-aroma ve tekstürü nedeniyle gün geçtikçe bu peynire talebin arttığı, dolayısıyla söz konusu peynirin doğal karakteristik niteliklerini kaybetmeden endüstriyel üretime kazandırılması gerektiği düşünülmektedir. Ancak laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilerden anlaşıldığı üzere, Geleneksel Yaprak peyniri bileşiminin farklılık gösterdiği, dolayısıyla üretimin standardize edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu bağlamda, peynir üretiminde sütün yağ oranı, mayalama süresi ve sıcaklığı, fermente telemenin haşlama asitliği, haşlama suyu sıcaklık ve süresi, salamuranın tuz oranı, olgunlaştırma şartları (sıcaklık ve süre açısından) gibi prosesler bakımından standardize edilmesi önem taşımaktadır. Üretimde pastörize sütün kullanımı teşvik edilerek, söz konusu peynirin karakteristik özellikleri bakımından uygun starter kültür/kültürler tespit edilmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından finansal olarak desteklenmiştir (Proje No: 18078).

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Aksu H, Çolak H, Vural A, Erkan ME 1999. Diyarbakır Bölgesinde Üretilen Örgü Peynirlerde Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özellikler Üzerine Bir Araştırma. YYÜ Veteriner Fak. Derg 10 (1-2): 8-11.
- Albenzio M, Corbo MR, Rehman SU, Fox PF, De Angelis M, Corsetti A, Sevi A, Gobbetti M 2001. Microbiological and Biochemical Characteristics of Canestrato Pugliese Cheese Made from Raw Milk, Pasteurized Milk or by Heating Curd in Hot Whey. International Journal of Food Microbiology 67 (1-2): 35-48.
- Anar Ş, Soyutemiz GE, Çetinkaya F 2000. Örgü Peynirinin Üretim Aşamalarında Görülen Bazı Mikrobiyolojik ve Kimyasal Değişimler. UU Veteriner Fakültesi Dergisi 19 (1-2): 81-85.
- Anonim 1989. Peynir Standardı (TS 591). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 2001. Gıda ve Hayvan Yemlerinin Mikrobiyolojisi, Koagülaz Pozitif Stafilokokların Sayımı İçin Yatay Metot. Bölüm 1: Baird Parker Agar besiyeri kullanarak, Türk Standartları Enstitüsü, TS6582-1 EN ISO 6888-1, Ankara.
- Anonim 2006. Dil Peyniri Standardı (TS 3002). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 2011. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği (RG 28157, 3. Mükerrer). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Anonim 2015. Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği (Tebliğ no: 2105/6). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Arıcı M, Şimşek O 1991. Kültür Kullanımının Tulum Peynirinin Duyusal, Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Gıda 16 (10): 53-62.
- Cabezas L, Sánchez I, Poveda JM, Seseña S, Palop ML 2007. Comparison of Microflora, Chemical and Sensory Characteristics of Artisanal Manchego Cheeses from Two Dairies. Food Control 18: 11-17.
- Calvo MV, Castillo I, Diaz-Barcos V, Requena T, Fontecha J 2007. Effect of a Hygienized Rennet and a Defined Strain Starter on Proteolysis, Texture and Sensory Properties of Semi-Hard Goat Cheese. Food Chemistry 102: 917-924.
- Caridi A 2003. Identification and First Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolated from Artisanal Ovine Cheese Pecorino del Poro. International Journal of Dairy Technology 56: 105-110.
- Coşkun H 1995. Farklı Metotlarla Üretilen Otlu Peynirlerde Olgunlaşma Süresi Boyunca Meydana Gelen Değişmeler. YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 111 sy.
- Çelik Ş, Özdemir C, Özdemir S 2001. Production Techniques and Some Properties of Traditional Lavas Cheese. Journal of Biological Science 1 (7): 603-605.

- Çelik Ş, Türkoğlu H 2007. Ripening of Örgü Cheese Manufactured with Raw or Pasteurized Milk: Composition and Biochemical Properties. *International Journal of Dairy Technology* 60 (4): 253-258.
- Dost A, Yenikan H, Okumuş F, Işıklı ND 2004. Bazı Geleneksel Peynirlerin Üretim Yöntemleri. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23-24 Eylül, Van.
- Durlu-Özkaya F, Cömert M 2008. Gıda Zehirlenmelerinde Etken Faktörler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi* 65 (3): 149-158.
- FIL-IDF 1993. Milk Determination of Nitrogen Content. IDF: 2B, International Dairy Federation, 41: 12.
- Fresno M, Alvarez S 2012. Chemical, Textural and Sensorial Changes During the Ripening of Majorero Goat Cheese. *International Journal of Dairy Technology* 65 (3): 393-400.
- Gaya P, Medina M, Rodriguez-Marin MA, Nunez M 1990. Accelerated Ripening of Ewes' Milk Manchego Cheese: The Effect of Elevated Ripening Temperatures. *Journal of Dairy Science* 73 (1): 26-32.
- Gerasi E, Litopoulou-Tzanetaki E, Tzenatakis N 2003. Microbiological Study of Manura, A Hard Cheese Made from Raw Ovine Milk in The Greek Island Sifnos. *International Journal of Dairy Technology* 52: 117-122.
- Gripon JC, Desmazed M, Baes D, Bergere JH 1975. Etude du rôle des micro-organismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. *Le Lait*, 55 (548): 502-516.
- Güven M, Konar A 1994. İnek Sütlerinden Üretilen ve Farklı Ambalajlarda Olgunlaştırılan Tulum Peynirlerinin Mikrobiyolojik Özellikleri. *Gıda* 19 (3): 179-185.
- Hatipoğlu A 2014. Geleneksel Diyarbakır Örgü Peynirinin Karakteristik Özelliklerinin Tespit Edilmesi ve Gıda Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, 130 sy.
- Kamber U 2005. Geleneksel Anadolu Peynirleri. Miki Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 223sy.
- Koçak C, Aydınoglu G, Uslu K 1997. Ankara Piyasasında Satılan Dil Peynirlerinin Proteoliz Düzeyi Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda* 22 (4): 251-255.
- Manolopoulou E, Sarantinopoulos P, Zoiidou E, Aktypis A, Moschopoulou E, Kandarakis IG, Anifantakis EM 2003. Evolution of Microbial Populations During Traditional Feta Cheese Manufacture and Ripening. *International Journal of Food Microbiology* 82 (2):153-161.
- Marino M, Maifreni M, Rondinini G 2003. Microbiological Characterization of Artisanal Montasio Cheese: Analysis of Its Indigenous Lactic Acid Bacteria. *FEMS Microbiological Letters* 229 (1): 133-140.
- Mesweeney PLH, Fox PF, Lucey J A, Jordan K N, Cogan T M 1993. Contribution of The Indigenous Microflora to The Maturation of Cheddar Cheese. *International Dairy Journal* 3: 613-634.
- Moatsou G, Kandarakis I, Moschopoulou EI, Anifantakis E, Alichanidis E 2011. Effect of Technological Parameters on The Characteristics of Kasseri Cheese Made From Raw or Pasteurized Ewes' Milk. *International Journal of Dairy Technology* 54 (2): 69-77.
- Ortigosa M, Arizcun C, Irigoyen A, Oneca M, Torre P 2006. Effect of *Lactobacillus* Adjunct Cultures on the Microbiological and Physicochemical Characteristics of Roncal-Type Ewes' Milk Cheese. *Food Microbiology* 23: 591-598.
- Öner Z, Karahan AG, Aloğlu H 2006. Changes in the Microbiological and Chemical Characteristics of an Artisanal Turkish White Cheese During Ripening. *LWT Food Science and Technology* 39 (5): 449-454.
- Özdemir S, Çelik Ş, Özdemir C, Sert S 1998. Diyarbakır'ın Karacadağ Yöresinde Mahalli Olarak Yapılan Örgü Peynirinin Mikrobiyolojik ve Kimyasal Özellikleri. V. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, 21-22 Mayıs, Tekirdağ.
- Rosenberg M, Wang Z, Chuang SL, Shoemaker CF 1995. Viscoelastic Property Changes in Cheddar Cheese During Ripening. *Journal of Food Science* 60 (3): 640-644.
- Sert D, Ayar A, Akın N 2007. The Effects of Starter Culture on Chemical Composition, Microbiological and Sensory Characteristics of Turkish Kasar Cheese During Ripening. *International Journal of Dairy Technology* 60 (4): 245-252.
- Tarakçı Z, Küçüköner E 2006. Changes on Physicochemical and Proteolysis of Vacuum-Packed Turkish Kasar Cheese During Ripening. *Journal of Central Europe Agricultural* 7 (3): 459-464.
- Türkoğlu H, Ceylan ZG, Dayisoğlu K S 2003. The Microbiological and Chemical Quality of Örgü Cheese Produced in Turkey. *Pakistan Journal of Nutrition* 2 (2): 92-94.
- Uysal Ş 2008. Dil Peyniri Üretiminde Doğal Termofilik Peyniraltı Suyu Kültürünün Kullanım Olanağının Araştırılması. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 91 sy.
- Üçüncü M 2004. Süt ve Mamulleri Teknolojisi. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir, 571 sy.
- Ünlütürk A, Turantaş F 2003. Gıda Mikrobiyolojisi. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, İzmir, 606 sy.
- Vural A, Erkan ME, Guran HŞ 2010. The Examination of the Microbiologic Quality in Örgü Cheese (Braided Cheese) Samples. *KÜ Veteriner Fakültesi Dergisi* 16 (Suppl-A): 53-58.
- Yıldız N, Bircan H 1994. Araştırma ve Deneme Metotları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 305*, Erzurum, 266 sy.

## Doğal ve Mekanik Yöntemlerle Kurutularak Farklı Şekillerde Paketlenen Hamsi Balıklarında (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi

Fatih YAVUZ<sup>1</sup>, Mehmet Emin ERDEM<sup>2</sup>, Bayram KÖSTEKLI<sup>3</sup>, İrfan KESKIN<sup>4</sup>, Asiye EYUBOĞLU<sup>5</sup>

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi, Akliman Mevkii Dibekli Köyü, 57000, Sinop

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0721-7408>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-3245-8177>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-4279-6257>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-4503-7299>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0003-3571-3222>

✉: bkostekli@sinop.edu.tr

### ÖZET

Çalışmada, hamsi balıkları doğal ve mekanik kurutma yöntemleriyle kurutulmuş, streç ve vakum paketleme yöntemleri ile de paketlenmiştir. Buzdolabı koşullarında (4±1°C) muhafaza altına alınan balıkların kalite değişimlerini ve raf ömrünü belirlemek amacıyla; kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizleri yapılmıştır. Balık etinin kurumasına bağlı olarak tüm grupların TBA ve TVB-N analiz sonuçlarında ani bir artış gözlemlenmiştir ve bu artışın raf ömrü süresince devam ettiği belirlenmiştir. Su aktivitesinin çok düşük olmasından dolayı çalışma boyunca mikroorganizma sayısı tespit edilebilir sınır değer (10 kob/g) altında kalmıştır. Mikrobiyolojik verilere göre tüm gruplarda çalışma boyunca koliform grubu bakteri tespit edilmemiştir. Yapılan duyu analizi sonucuna göre, mekanik yöntemle kurutulmuş hamsi balıklarının raf ömrü 2 ay, doğal yöntemle kurutulmuş hamsilerin ise raf ömrü 2,5 ay olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, vakum paketlemenin ürün üzerinde zamanla dehidrasyona ve dokularında bir miktar bozulmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 27.05.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

### Anahtar Kelimeler

Hamsi

Doğal kurutma

Mekanik kurutma

Vakum paket

Raf ömrü

## Determination of Quality Changes on Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Dried with Natural and Mechanical Methods and Packaged in Various Forms

### ABSTRACT

In study, anchovies were dried with natural and mechanical methods and were packaged by stretch and vacuum methods. In order to determine the quality changes and shelf-life of the fish that were stored in refrigerator (4±1°C); chemical, microbiologic and sensorial analysis were performed. Due to the drying of fish meat, a sudden increase was observed in TBA and TVB-N analysis and it was determined that this increase continues throughout the shelf life of all groups. Due to the very low water activity, the number of microorganisms remained below the detectable limit (10 CFU g) throughout the study. When the microbiologic data was examined, coliform bacteria were not found throughout the research. According to the sensory analysis, the shelf life of anchovy fish was determined as 2.5 months by drying naturally and the shelf life of the anchovy fish was extended 2 months through mechanical drying. In the present study, it was detected that vacuum packaging cause hydration over time and some spoiling in their texture.

### Research Article

### Article History

Received : 27.05.2020

Accepted : 09.07.2020

### Keywords

Anchovy

Natural drying

Mechanical drying

Vacuum packaging

Shelf-life

**Atıf İçin:** Yavuz F, Erdem ME, Köstekli B, Keskin İ, Eyüboğlu A 2021. Doğal ve Mekanik Yöntemlerle Kurutularak Farklı Şekillerde Paketlenen Hamsi Balıklarında (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 156-164. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.743235>.

**To Cite:** Yavuz F, Erdem ME, Köstekli B, Keskin İ, Eyüboğlu A 2021. Determination of Quality Changes on Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Dried with Natural and Mechanical Methods and Packaged in Various Forms. KSU J. Agric Nat 24 (1): 156-164. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.743235>.

### GİRİŞ

Gelişen dünyada artan nüfus ve beslenme, insanlığın karşılaştığı en temel sorunlardan biri olarak kabul

edilmektedir. Küresel olarak üretilen gıdaların üçte birinden fazlasının atık veya bozulmaya uğraması nedeniyle gıdaların korunması çok önemlidir



(Köstekli, 2019).

Ayrıca, beslenme de bu meselelerin başında gelmektedir. Doğru beslenme için protein, yağ, karbonhidrat ve vitaminden oluşan dört temel besin grubundan yeterli şekilde yararlanmak gerekmektedir. Su ürünleri protein açısından oldukça zengin olup esansiyel amino asitleri, doymamış yağları yüksek miktarda içermesi ile bunun yanında A vitamini, D vitamini K vitamini ve B grubu vitaminleri (örn., B1, B2, B6, B12), iyot, selenyum, fosfor, magnezyum ve çinko minerallerini barındırması bakımından da iyi bir kaynaktır (Anonim, 2020).

Su ürünleri genellikle herhangi bir işleme yöntemine tabii tutulmadan taze olarak tüketilmekle birlikte, dondurulmuş, marine edilmiş, konserve edilmiş, tütsülenmiş, surimi yapılmış, tuzlanmış ve kurutulmuş olarak da tüketilmektedir.

Türkiye’de çeşitli nedenlerden ötürü su ürünleri daha çok taze olarak ve ürünlerin avlandığı bölgelerde ve avlandığı mevsiminde tüketilmektedir. Bunun nedenleri; tuzlama, kurutma, dumanlama ve konserve gibi diğer değerlendirme şekillerinin Türkiye’de yaygınlaşmaması olarak düşünülmektedir (Turan, 1996). Ancak bölgesel olarak bakıldığında Doğu Karadeniz bölgesinde tuzlama, Doğu Anadolu bölgesinde inci kefalı kurutma yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu işleme yöntemlerinden biri olan kurutma yöntemi, mikroorganizma gelişiminin engellenmesi, kimyasal reaksiyonların yavaşlatılması veya durdurulması amacıyla suyun gıdalardan buharlaştırılarak uzaklaştırılması prensibine dayanan bir işleme yöntemidir. (Geankoplis, 1993; Cohen ve Yang, 1995).

Geçmişte ve günümüzde yaygın olarak kullanılan kurutma tekniklerinden biri ürünün açık havada doğal kurutulmasıdır. Ürün içinde bulunan nemin uzaklaştırılması için gerekli olan gizli ısı ihtiyacı hava tarafından sağlanarak, buharlaşan su kurutulacak üründen doğal ortamlarda uzaklaştırılmaktadır. Hava ile ürün arasında ısı ve nem transferi aynı anda gerçekleştirilir ve bu şekilde ürünün su aktivitesi de düşürülür (Bingöl, 2010). Bu yöntemde kontrol zorluğu, hava koşulları, yer, işçilik ve hijyen gibi faktörler dezavantajdır (Erdem ve ark., 2016).

Makinelerde mekanik olarak kurutma metodu ise, kurutma dolabı veya kurutma tünelleri gibi kapalı ortamlarda, şartları istenilen kriterlerde ayarlanabilen, doğal, tuzlanmış ve haşlanmış ürünlerin kısa zamanda daha fazla miktarda kurutulabildiği, işlemin kontrolü sağlandığı için kurutma oranı ve besindeki su yüzdesi istenen değerde sabit tutulabilen kurutma yöntemidir (MEGEP, 2008).

Kurutulmuş ürünlerin kalitesine etki eden önemli etmenlerden birisi de ambalaj uygulamasıdır. Ambalaj gıdayı çevresel etmenlerden koruyan, nakliyesini, satışını ve tüketimini kolaylaştıran kağıt, metal,

plastik ve cam gibi malzemelerden yapılabilmektedir (Keleş, 1998)

Kuru ürünlerin depolama raf ömrü bu uygulanan ambalajın niteliğine direk olarak bağlıdır. Kurutulmuş gıdalarda ambalaj sisteminde gıdanın su buharı ve özellikle gıda içerisindeki yağ bileşimlerinden dolayı gaz geçirimsizliği istenmektedir. Gıda içerisindeki yağ asitleri, oksijenle temas ettiğinde oksidasyona neden olur ve bunun sonucunda, renk ve tat değişikliği meydana gelir. Hatta bu reaksiyonlar paketlenme işlemi bittikten sonra da bir süre devam eder. Dolayısıyla bu tür aktivitelerin azaltılması gerekmektedir (Baysal ve ark., 2013).

Bu çalışmada doğal ve yapay kurutma yöntemlerinin uygulandığı hamsi filetoalarının kalitesinin tespit edilmesi ve ayrıca farklı paketlenme yöntemleri uygulayarak da raf ömrünün değişiminin araştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

### Materyal

Araştırma materyali olarak Sinop balıkçı tezgâhından temin edilen, ortalama boyu  $11.12 \pm 0.18$  cm ve ortalama ağırlığı  $8,81 \pm 0,35$  gr olan toplam 10 kg taze hamsi balığı buzlanarak, strafor kutulara konulmuş ve ivedi olarak laboratuvara getirilmiştir. Hamsi balıkları; baş, iç organlar ve omurgalarından arındırılarak fileto haline getirilmiş ve iyice yıkanan filetoalar daha sonra kan ve mukuslarından arındırmak amacıyla %10'luk tuzlu su salamurasında 1 saat bekletilmiştir ve sonrasında ise sızdırılmıştır.

### Tuzlama-kurutma ve gruplandırma

Tuzlama işlemi delikli bir kap içerisinde bir kat tuz ve bir kat balık olacak şekilde balık ağırlığının %10'u ağırlığın da kaya tuzu (3-5mm) kullanılarak yapılmıştır. Balıklar dizilip tuzlandıktan sonra üzerlerine temiz bir baskı taşı konulmuş ve buzdolabında 24 saat bekletilmiştir. Kuru tuzlanan hamsi balıkları 24 saat sonra buzdolabından çıkarılarak fazla tuzundan arındırmak için yıkanmıştır ve sızdırılmıştır. Bu aşamadan sonra hamsi balıkları iki farklı şekilde (Doğal ve mekanik) kurutulmak üzere ikiye ayrılmıştır. Doğal kurutulacak olan birinci grup hamsi balıkları laboratuvar ortamında kurutma askıları üzerine dizilmiştir. Daha sonra hamsi balıklarının üzeri böcek ve haşerelerden koruma amacıyla tül ile örtülmüş ortalama %60 nem ve  $22^{\circ}\text{C}$ 'de laboratuvar ortamında 96 saat boyunca kurutulmaya bırakılmıştır. İkinci grup hamsi balıkları; mekanik yöntemle kurutulmak için iklimlendirme test kabininin içerisinde tepsilere dizilerek sabit  $45^{\circ}\text{C}$ 'de %30 nem oranında 32 saat boyunca kurutulmuştur. Gruplar; doğal yöntemle kurutulmuş ve streç film ile paketlenmiş hamsi



balıkları (Grup A), doğal yöntemle kurutulmuş ve vakum uygulanarak paketlenmiş hamsi balıkları (Grup B), mekanik yöntemle kurutulmuş ve streç film ile paketlenmiş hamsi balıkları (Grup C) ve mekanik yöntemle kurutulmuş vakum uygulanarak paketlenmiş hamsi balıkları (Grup D) olarak oluşturulmuştur. Tüm gruplar buzdolabı koşullarında ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) muhafaza edilmiştir.

### Fiziko-Kimyasal Analizler

Kurutulmuş hamsi örneklerinde pH ölçümü, Curran ve ark.'larının (1980) bildirdiği yöntemle göre kimyasal analizlerden; TVB-N tayini Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lucke-Geidel metoduna göre (İnal, 1992; Varlık ve ark., 1993), Tiyobarbitürik asit tayini (TBA) ise Tarladgis yöntemine göre (Smith ve ark., 1992; Varlık ve ark., 1993; Yakupitiyage, 1994) yapılmıştır. Su aktivitesi analizi ise numune kaplarına 3-5 g homojenize edilmiş örnek konularak su aktivitesi (Novasina marka, EW-37910-14 model) cihazı ile ölçülmüştür.

### Mikrobiyolojik Analizler

Toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam psikrofilik aerobik bakteri sayımı Gürgün ve Halkman'ın (1990) bildirdiği yöntemle göre, maya-küf sayımı Roger ve ark., (1987) Göktan (1990), ve Varlık ve ark.'larının (1993) bildirdiği yöntemle göre, Toplam Koliform bakteri sayımı ise Roger ve ark.'larının (1987) bildirdiği yöntemle yapılmıştır, Toplam mezofilik aerobik bakteri ve toplam psikrofilik aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA), (LabM 149) besi yeri, Maya-küf sayımı için PDA (Potato Dextroz Agar) (Lab M 98) besi yeri, Toplam Koliform bakteri sayımı için ise VRBA (Violet Red Bile Agar) (Lab M 31) besiyeri kullanılmıştır.

### Duyusal Analizler

Duyusal analiz için kurutulmuş hamsi örnekleri tabaklara konularak etiketlenilip panelistlere sunulmuştur. Beş kişilik deneyimli panelist grup tarafından kurutulmuş hamsilerin görünüş, koku, tat ve tekstür kriterleri değerlendirilmiştir. Kurutulmuş hamsilerin duyusal değerlendirilmesi her örnekte puan kriterleri bakımından 1 ile 10 arasında bir puanlama yapılarak sağlanmıştır (1-2: tüketilemez, 3-4: tüketilebilir, 5-6: orta kalite, 7-8: iyi, 9-10: mükemmel). Depolama süresince boyunca analizlerin yapıldığı günlerde örnekler duyusal olarak da değerlendirilmiştir. 3 puanın altında puanlanan ürünler "Tüketilemez" olarak değerlendirilmiştir (Altuğ, 1993).

### İstatistik Analiz

Araştırmada elde edilen sonuçların ortalama ve standart hataları Microsoft Office Excel 2010 istatistik

değerlendirme Minitab 17 paket programı yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada tek yönlü varyans analizi yapılmış ve gruplar arası farklılık Tukey testi ile belirlenmiştir. (Düzgüneş ve ark., 1993; Özdamar, 1999).

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Su ürünlerinin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olan TVB-N analiz değeri bu çalışmada başlangıçta taze hamsi balığında  $16.62\pm 0.25$  mg 100g iken depolamanın son gününde A, B, C ve D gruplarında sırasıyla  $45.57\pm 0.25$  mg 100g,  $39.26\pm 0.17$  mg 100g,  $48.28\pm 0.43$  mg 100g,  $42.88\pm 0.31$  mg 100g olarak tespit edilmiştir. Doğal ve mekanik kurutulmuş gruplarda TVB-N değerlerinin artışının 1. günden itibaren başladığı ve depolama süresinin 30. gününden itibaren gruplar arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ) (Çizelge 1).

İnal'a göre tazeliğini kaybetmemiş balık etinin TVB-N değeri 25-30 mg 100g arasında olup tüketilebilirlik sınır değeri 30-35 mg 100g arasındadır. Fakat balık etindeki nem kaybına bağlı olarak oransal artışların olması muhtemeldir. Kurutulmuş su ürünleri nem miktarı düşük olduğu için bu değerlerin yüksek olması tolere edilebilir bir durum olduğu ifade edilmiştir (İnal, 1992).

Srinivasa ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada kurutulmuş hamsilerin farklı ambalajlarda raf ömrünün streç ambalaj paketlemede 12 hafta, yüksek yoğunluklu polietilen paketlerde ise 32 hafta olduğunu tespit etmişler ve TVB-N değerinin depolamanın 4. ayında artarak 36.4 mg 100g ulaştığı bildirmişlerdir.

Shiriskar ve ark. (2013) Hint hamsisi *Stolephorus indicus* (Van Hasselt, 1823) ve *Stolephorus commersonii* (Lacepède, 1803) üzerinde yaptıkları çalışmada hamsilerde tropikal ortam sıcaklığında kurutma işlemi uygulanmış ve 5. hafta sonunda TVB-N değerini  $27.1\pm 1.18$  mg 100g olarak tespit etmişlerdir.

TVB-N değerlerindeki farklılıkların ele alınmasında kurutulmuş balığın türü, mikrobiyal aktivitesi, ortamın nemi, sıcaklığı ve tuzun konsantrasyonu gibi faktörlerin göz önüne alınması elzemdir. Yapılan çalışmada, TVB-N analizi sonuçlarının yüksek çıkması kurutmaya bağlı olarak alınan et örneğindeki suyun çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. TVB-N oransal açıdan yüksek çıkmıştır. Bu durum su aktivitesi bulguları ile de desteklenmiştir. Çalışmada kurutma sonrası hamsi ile literatürde bildirilen TVB-N değerlerindeki farklılıklar bu sebeplerle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Yapılan TBA analizi sonucuna göre depolama boyunca doğal kurutma ve mekanik kurutma gruplarının günlük değişimlerinde 15. güne kadar istatistiki farklılık gözlenmez iken 30.gün ve sonraki değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

Yapılan TBA analizi sonucuna göre taze hamsi balıklarında 0.31±0.01 mg MDA kg olan değer tuzlama sonrası 2.19±0.03 mg MDA kg değerine ulaşmıştır.

Çizelge 1. Kurutulmuş hamsilerin depolama süresi boyunca TVB-N miktarlarındaki değişim (mg 100g).  
Table 1. Changes in TVB-N amounts of dried anchovies during the storage period (mg 100g).

Günler/Days	TVB-N (mg 100g)			
	A grubu/ Group A	B grubu/ Group B	C grubu/ Group C	D grubu/ Group D
Taze balık/ Fresh fish	16.62±0.25 <sup>h</sup>	16.62±0.25 <sup>h</sup>	16.62±0.25 <sup>f</sup>	16.62±0.25 <sup>e</sup>
Tuzlama Sonrası/After dry salting	12.22±0.24 <sup>g</sup>	12.22±0.24 <sup>g</sup>	12.22±0.24 <sup>e</sup>	12.22±0.24 <sup>f</sup>
1.*	32.41±0.47 <sup>FB</sup>	31.69±0.31 <sup>FB</sup>	39.82±0.26 <sup>dA</sup>	40.30±0.21 <sup>cdA</sup>
15.*	36.82±0.16 <sup>eC</sup>	35.93±0.28 <sup>eC</sup>	39.42±0.34 <sup>dB</sup>	40.63±0.30 <sup>cdA</sup>
30.*	39.23±0.21 <sup>dC</sup>	37.54±0.26 <sup>dD</sup>	44.61±0.28 <sup>eA</sup>	40.97±0.38 <sup>cdB</sup>
45.*	41.67±0.17 <sup>cB</sup>	38.77±0.40 <sup>cdC</sup>	43.98±0.14 <sup>eA</sup>	40.80±0.28 <sup>cdB</sup>
60.*	42.55±0.21 <sup>bcB</sup>	40.26±0.28 <sup>abC</sup>	46.44±0.14 <sup>bA</sup>	39.90±0.46 <sup>dC</sup>
70.*	43.26±0.15 <sup>bB</sup>	38.82±0.20 <sup>eD</sup>	46.43±0.16 <sup>bA</sup>	41.40±0.19 <sup>bcC</sup>
75.*	42.98±0.40 <sup>bbB</sup>	40.66±0.22 <sup>aC</sup>	47.73±0.32 <sup>abA</sup>	42.97±0.38 <sup>aB</sup>
80.*	45.57±0.25 <sup>abB</sup>	39.26±0.17 <sup>bcD</sup>	48.28±0.43 <sup>aA</sup>	42.88±0.31 <sup>abC</sup>

A,B→: Aynı satırda gruplar arasında fark önemli (P<0.05)

abj: Aynı sütunda zamana göre günler arasındaki fark önemli (P<0.05)

\*: Kurutma sonrası analizlerin gerçekleştirildiği günler.

Depolamanın son günü (80.gün) TBA değerlerinde artış gözlemlenmiş ve 80.günde A, B, C ve D gruplarındaki değerler ise sırasıyla 17.78±0.35, 14.18±0.20, 20.57±0.25 ve 16.53±0.25 mg MDA kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2).

TBA sayısının tüketilebilirlik sınır değerinin ise 7-8 mg MDA kg arasında olduğu bildirilmiştir (Varlık ve ark., 1993).

Chavan ve ark. (2008), yaptıkları mekanik kurutulmuş uskumru balıklarının 4 aylık depolama süresi sonundaki TBA değerini 2.7 ± 0.06 mg MDA kg olarak tespit etmişlerdir.

Kaba ve ark. (2012), hamsi balıklarından kurutulmuş pate yaptıkları çalışmada deneme başında taze örneklerde TBA değerini 1.25 mg MDA kg hamsi

patelerinde ise 1.37 mg MDA kg olarak tespit etmişlerdir. Deneme sonunda ise 8. günde patelerin TBA değerini 6.78 mg MDA kg olarak tespit etmişlerdir.

Araştırmada deneme başında tespit edilen değerler literatür ile uyumlu olup depolamanın son günündeki değerlerin yüksekliği işleme süreçlerinin ve uygulandığı balık türünün farklılığından kaynaklı yağ miktarı fazlalığı ve serbest yağ asidi içeriğinden ileri geldiği düşünülebilir. Ayrıca işleme sürecinde TBA değerindeki artış, balıkteki kısmi dehidrasyona ve doğal kurutma ile doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun artması sonucuyla değerlendirilebilir.

Çizelge 2. Kurutulmuş hamsilerin depolama süresi boyunca TBA miktarlarındaki değişim (mg MDA kg).  
Table 2. Changes in TBA amounts of dried anchovies during the storage period (mg MDA kg).

Günler/Days	TBA (mg MDA kg)			
	A grubu/ Group A	B grubu/ Group B	C grubu/ Group C	D grubu/ Group D
Taze balık/ Fresh fish	0.31±0.01 <sup>g</sup>	0.31±0.01 <sup>e</sup>	0.31±0.01 <sup>e</sup>	0.31±0.01 <sup>f</sup>
Tuzlama Sonrası/After dry salting	2.19±0.03 <sup>f</sup>	2.19±0.03 <sup>d</sup>	2.19±0.03 <sup>d</sup>	2.19±0.03 <sup>e</sup>
1.*	5.70±0.16 <sup>eA</sup>	5.55±0.16 <sup>cA</sup>	6.16±0.22 <sup>cA</sup>	6.21±0.16 <sup>dA</sup>
15.*	14.83±0.39 <sup>dB</sup>	12.07±0.08 <sup>bD</sup>	16.52±0.20 <sup>bA</sup>	13.34±0.12 <sup>cC</sup>
30.*	16.50±0.31 <sup>bB</sup>	13.53±0.19 <sup>aC</sup>	19.43±0.16 <sup>aA</sup>	15.60±0.21 <sup>bB</sup>
45.*	18.42±0.22 <sup>abB</sup>	13.76±0.36 <sup>aD</sup>	20.36±0.27 <sup>aA</sup>	16.16±0.10 <sup>abC</sup>
60.*	19.07±0.22 <sup>aA</sup>	13.68±0.35 <sup>aC</sup>	20.13±0.28 <sup>aA</sup>	16.22±0.17 <sup>abB</sup>
70.*	18.15±0.18 <sup>abB</sup>	14.46±0.46 <sup>aD</sup>	20.17±0.49 <sup>aA</sup>	16.09±0.17 <sup>abC</sup>
75.*	18.25±0.19 <sup>abB</sup>	14.53±0.23 <sup>aD</sup>	19.96±0.13 <sup>aA</sup>	16.22±0.19 <sup>abC</sup>
80.*	17.78±0.35 <sup>bB</sup>	14.18±0.20 <sup>aD</sup>	20.57±0.25 <sup>aA</sup>	16.53±0.25 <sup>aC</sup>

A, B: Aynı satırda gruplar arasında fark önemli (P<0.05)

a, b: Aynı sütunda zamana göre günler arasındaki fark önemli (P<0.05)

\*: Kurutma sonrası analizlerin gerçekleştirildiği günler.

Çalışmada pH değeri zaman içerisinde dalgalanmalar göstermiştir. Doğal kurutma işlemine tabi tutulan

grupta depolamanın 1. gün ve 70. gün arasında pH değerinde artış görülüp istatistik açıdan önemli

bulunurken ( $P<0.05$ ); C grubunun 30. ve 80. günleri ve D grubun 15.gün ve 60.günleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Depolama süresince pH değeri gruplarda artış göstermiştir ve 60.günden itibaren gruplar arası değer artışı istatistiki açıdan farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ham materyalde elde edilen pH değeri  $6.52\pm 0.02$  tuzlama sonrası ise  $6.30\pm 0.01$  değerine düşmüştür. Depolamanın son günü bu değerler A, B, C ve D gruplarında sırasıyla  $6.89\pm 0.01$ ,  $6.86\pm 0.02$ ,  $6.95\pm 0.01$  ve  $7.10\pm 0.02$  olarak bulunmuştur (Çizelge 3.). Taze balıklarda pH değeri nötre yakındır. Ancak balık dokusunda bozulma ve kokuşma başlarsa pH 7.0-8.0 düzeyine yükselebilmektedir. pH değeri için tüketilebilirlik sınır değeri 6.8-7.0 olarak bildirilmektedir (Varlık ve ark., 1993).

Yapar (1999), yaptığı çalışmada taze hamsi balığında pH değerini 6.22 olarak tespit etmiştir. Depolamanın 10. haftasında pH değerlerini %7.5'lük tuz konsantrasyonunda 6.27. %10'lük tuz konsantrasyonunda 6.25. %15'lük tuz konsantrasyonunda 6.30 olarak tespit etmiştir. Azam ve ark. (2003) tarafından yerel balık

pazarından kurutulmuş halde alınan balıklardan elde edilen pH değerleri sırasıyla; *Mugil cephalus*  $7.93\pm 0.09$ , *Scoliodon sorrakowah*  $8.27\pm 0.04$ , *Setipinna phasa*  $8.03\pm 0.05$ , *Harpodon nehereus*  $8.07\pm 0.05$ , *Arius caelatus*  $8.27\pm 0.06$ , *Hilsa ilisha*  $8.03\pm 0.07$ , *Polynemus paradiseus*  $8.23\pm 0.15$ , *Trichuirus haumella*  $7.67\pm 0.05$ , *Pampus chinensis*  $8.13\pm 0.12$ , *Himantura walga*  $7.63\pm 0.06$ , *Muraenesox hagio*  $8.17\pm 0.02$ , *Epinephelus lanceolatus*  $8.03\pm 0.03$ , *Cynoglossus bengalensis*  $8.33\pm 0.05$ . *Tetraodon patoka*  $8.17\pm 0.23$  şeklinde belirlemişlerdir. Diler ve ark. (2008) çalışmalarında, taze sudak balığının pH'sını  $6.67\pm 0.14$ , tuzlanmış grupta  $6.51\pm 0.15$  olarak tespit etmişlerdir. Doğal kurutmanın 60. günü  $6.39\pm 0.02$ , mekanik kurutmada  $55^{\circ}\text{C}$ 'de düşük hava akımındaki grupta  $6.44\pm 4.61$ , aynı sıcaklık yüksek hava akımındaki grupta  $6.47\pm 0.03$  olarak belirlemişlerdir. Mekanik kurutma grubunun  $65^{\circ}\text{C}$ 'de düşük hava akımındaki grubunda  $6.55\pm 0.07$  ve yüksek hava akımındaki grubun pH'sı  $0.63\pm 0.03$  olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen değerlerin literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Kurutulmuş hamsilerin depolama süresi boyunca pH değerlerindeki değişim.  
Table 3. Changes in pH values of dried anchovies during the storage period.

Günler/Days	pH			
	A grubu/ Group A	B grubu/ Group B	C grubu/ Group C	D grubu/ Group D
Taze balık/ Fresh fish	$6.52\pm 0.02^f$	$6.52\pm 0.002^e$	$6.52\pm 0.02^d$	$6.52\pm 0.02^e$
Tuzlama Sonrası/After dry salting	$6.30\pm 0.01^g$	$6.30\pm 0.01^f$	$6.30\pm 0.01^e$	$6.30\pm 0.01^f$
1.*	$6.60\pm 0.01^{gB}$	$6.64\pm 0.02^{dAB}$	$6.68\pm 0.01^{cA}$	$6.67\pm 0.01^{dA}$
15.*	$6.82\pm 0.01^{bcdB}$	$6.69\pm 0.01^{cdC}$	$6.81\pm 0.01^{bB}$	$6.88\pm 0.01^{bcA}$
30.*	$6.76\pm 0.02^{dB}$	$6.72\pm 0.02^{cB}$	$6.88\pm 0.01^{aA}$	$6.92\pm 0.02^{bcA}$
45.*	$6.81\pm 0.02^{cdB}$	$6.76\pm 0.03^{bcB}$	$6.93\pm 0.02^{aA}$	$6.90\pm 0.01^{bcA}$
60.*	$6.85\pm 0.01^{abcBC}$	$6.81\pm 0.01^{abC}$	$6.89\pm 0.01^{aAB}$	$6.93\pm 0.02^{bcA}$
70.*	$6.90\pm 0.02^{aBC}$	$6.85\pm 0.02^{aC}$	$6.91\pm 0.01^{aAB}$	$6.98\pm 0.01^{bA}$
75.*	$6.88\pm 0.01^{abB}$	$6.87\pm 0.01^{aB}$	$6.92\pm 0.01^{aB}$	$7.08\pm 0.03^{aA}$
80.*	$6.89\pm 0.01^{abBC}$	$6.86\pm 0.02^{aC}$	$6.95\pm 0.01^{aB}$	$7.10\pm 0.02^{aA}$

A, B→: Aynı satırda gruplar arasında fark önemli ( $P<0.05$ )

a, b↓: Aynı sütunda zamana göre günler arasındaki fark önemli ( $P<0.05$ )

\*: Kurutma sonrası analizlerin gerçekleştirildiği günler.

Suyun besin maddesindeki durumu; besinin su içeriği ve bulunduğu ortamın bağıl nemliliği arasındaki ilişki yardımıyla tanımlanır ki buna "su aktivitesi ( $a_w$ )" denir (Pigott ve Tucker, 1990). Su aktivitesi gıdalardaki kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri sınırlayan kavramların başında gelir (Sikorski, 1990; Çaklı, 2007). Gıdadaki su aktivitesi değeri 1'den 0'a doğru düşmeye başladıkça gıdanın dayanıklılığı artmaktadır (Bilişli, 2009).

Çalışmada su aktivitesi değerinin depolama süresince azalma gösterdiği, doğal kurutmada streç ile paket grubunun 70. gün ve 80. günleri arasında, mekanik kurutma streç paket grubunun 45 ve 60. günleri ile vakum paketlenme grubunun 60. gün ve 80. günleri arasındaki depolama günleri dışındaki depolama günlerinde grup içinde azalmanın istatistiki açıdan

anlamli olduğu belirlenmiştir ( $P<0.05$ ). Depolama süresince su aktivitesi değerinin 15. depolama gününden itibaren gruplar arası değer azalışı istatistiki açıdan farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu çalışmada su aktivitesi değeri taze balıkta  $0.965\pm 0.001$  olup tuzlama sonrası  $0.847\pm 0.001$  değerini almıştır. Çalışmanın birinci gününde A, B, C ve D gruplarında sırasıyla  $0.686\pm 0.002$ ,  $0.689\pm 0.001$ ,  $0.712\pm 0.002$  ve  $0.714\pm 0.001$  değerlerini almıştır. Depolamanın son günü ise bu değerler azalarak  $0.495\pm 0.001$ ,  $0.669\pm 0.001$ ,  $0.680\pm 0.001$  ve  $0.705\pm 0.001$  değerini almıştır (Çizelge 4). Çalışma sonuna doğru bu değerlerin azalma göstermesinin nedeni ürünün buzdolabının kurutucu etkisi altında olması ve streç film ile paketlenen ürünlerde hava geçirgenliğinin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Diler ve ark. (2008), sudak balığı kurutulması üzerine yaptıkları çalışmada, çiğ balıkta su aktivitesi değerini ( $a_w$ )  $0.970 \pm 0.006$ , salamura yöntemi ile tuzlanmış balıkta  $0.980 \pm 0.006$  olarak tespit edilmiş aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirtilmiştir. Doğal kurutmaya bırakılan grupta su aktivitesi değeri 1.gün  $0.87 \pm 0.03$  olarak bulunmuştur. Mekanik ortamda depolamanın 1. günü su aktivitesi değeri  $55^\circ\text{C}$ 'de düşük hava akımındaki grupta  $0.88 \pm 0.05$ , aynı sıcaklık yüksek hava akımındaki grupta  $0.89 \pm 0.03$  olmuştur. Mekanik kurutma grubunun  $65^\circ\text{C}$ 'de düşük hava akımındaki grubunda ve yüksek hava akımı grubunda su aktivitesi değerini

$0.88 \pm 0.04$  olarak bildirmişlerdir.

Kung ve ark. (2015), Tayvan'da kurutulmuş uçan balıkları üzerine yaptıkları bir çalışmada kimyasal, mikrobiyolojik ve histamin değerlerini ele almışlardır. Çalışmada farklı 5 bölgeden alınmış örneklerin su aktivitesi değerlerini; Lanyu adası örneklerinde  $0.75 \pm 0.02$ , Ludau adası örneklerinde  $0.80 \pm 0.02$ , Liuqiü adasında  $0.74 \pm 0.02$ , Kaohsiung adasında  $0.70 \pm 0.01$ , Hengchun adasında ise  $0.63 \pm 0.01$  olarak bulmuşlardır. Yapılan çalışmadan elde edilen bulgular literatür ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4. Kurutulmuş hamsilerin depolama süresi boyunca  $a_w$  değerlerindeki değişim.

Table 4. Changes in  $a_w$  values of dried anchovies during the storage period.

Günler/Days	Su aktivitesi / Water activity ( $a_w$ )			
	A grubu/ Group A	B grubu/ Group B	C grubu/ Group C	D grubu/ Group D
Taze balık/ Fresh fish	$0.965 \pm 0.001^a$	$0.965 \pm 0.001^a$	$0.965 \pm 0.001^a$	$0.965 \pm 0.001^a$
Tuzlama Sonrası/After dry salting	$0.847 \pm 0.001^b$	$0.847 \pm 0.001^b$	$0.847 \pm 0.001^b$	$0.847 \pm 0.001^b$
1.*	$0.686 \pm 0.002^{cB}$	$0.689 \pm 0.001^{cB}$	$0.712 \pm 0.002^{cA}$	$0.714 \pm 0.001^{cA}$
15.*	$0.619 \pm 0.001^{dC}$	$0.690 \pm 0.001^{cB}$	$0.697 \pm 0.001^{dA}$	$0.694 \pm 0.001^{fgAB}$
30.*	$0.588 \pm 0.001^{eC}$	$0.685 \pm 0.002^{cB}$	$0.680 \pm 0.001^{efB}$	$0.692 \pm 0.001^{gA}$
45.*	$0.550 \pm 0.001^{fD}$	$0.661 \pm 0.002^{eC}$	$0.685 \pm 0.001^{eB}$	$0.695 \pm 0.002^{efgA}$
60.*	$0.508 \pm 0.001^{gD}$	$0.669 \pm 0.001^{dC}$	$0.686 \pm 0.002^{eB}$	$0.700 \pm 0.001^{deA}$
70.*	$0.493 \pm 0.002^{hD}$	$0.665 \pm 0.002^{dcC}$	$0.683 \pm 0.002^{eB}$	$0.701 \pm 0.002^{deA}$
75.*	$0.495 \pm 0.001^{hD}$	$0.667 \pm 0.001^{dcC}$	$0.675 \pm 0.002^{fB}$	$0.699 \pm 0.001^{defA}$
80.*	$0.495 \pm 0.001^{hD}$	$0.669 \pm 0.001^{dC}$	$0.680 \pm 0.001^{efB}$	$0.705 \pm 0.001^{dA}$

A.B→: Aynı satırda gruplar arasında fark önemli ( $P < 0.05$ )

abl: Aynı sütunda zamana göre günler arasındaki fark önemli ( $P < 0.05$ )

\*: Kurutma sonrası analizlerin gerçekleştirildiği günler.

Çalışma boyunca koliform grubu bakteri tespit edilmemiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri analizine bakıldığında ham materyalde  $1.97 \pm 0.05 \log_{10}$  kob g olan değer tuzlama sonrası  $2.18 \pm 0.05 \log_{10}$  kob g değerini almış ve depolama süresi boyunca tüm analizlerde toplam aerobik mezofilik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) ve toplam maya-küf (TMK) değerlerine rastlanmamıştır. İyi kalitedeki balık için toplam bakteri sayısı  $5 \log_{10}$  kob g'in altında olmalıdır (Varlık ve ark., 1993).

Shiriskar ve ark. (2013), Hint hamsisi *Stolephorus indicus* (Van Hasselt. 1823) ve *Stolephorus commersonii* (Lacepède. 1803) üzerinde yaptıkları çalışmada 5. hafta sonunda yapmış oldukları mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre TMAB değeri başlangıçta  $2.0 \times 10^2 \log$  kob g iken 5. haftada  $6.4 \times 10^3 \log$  kob g olarak arttığını tespit etmişlerdir. Halofilik bakteri türü başlangıçta bulunmazken 4. haftada  $1.05 \times 10^2 \log$  kob g ve 5. haftada  $4.15 \times 10^2 \log$  kob g olarak bulmuşlardır.

Kumar ve ark. (2013) doğal ve mekanik yöntem ile kurutulmuş *Labeo gonius* balık filetolarına uygulanan mikrobiyoloji analizi sonucunda depolamanın 6. ayındaki polietilen ambalajla depolanan balıkların doğal kurutulmaya tabii tutulan grupta  $1.50 \times 10^3 \log$  kob g iken mekanik kurutulan grupta  $1.32 \times 10^3 \log$  kob

g olarak bulunmuştur. Mikrobiyoloji analizleri sonucu mikrobiyal yük bulunmamasını nedeni üründe bulunan nem içeriğinin kurutma sonrasında çok düşük seviyelerde olmasıdır.

Balıkların duyu analize ait bulgular incelendiğinde; gruplarda ve gruplar arasında depolamanın ilk gününden itibaren depolama süresine bağlı olarak renk, koku, tat, tekstür ve genel beğeni duyu değerlendirmeye puanlarında azalmanın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Doğal yöntemle kurutulmuş streç film ile paketlenmiş balıklar duyu yönden en beğenilen ve uzun depolama süresine sahip olan grup olarak belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre değerlendirmede kullanılan puan kriterleri bakımından 3 puanın altında puanlanan ürünler "Tüketilemez" olarak değerlendirilmiş olup 80. günde doğal kurutulan streç paketlenen A grubu. 70. günde doğal kurutulan vakum paketlenen B grubu. 60. günde mekanik kurutulan streç paketlenen C grubu. 45. günde mekanik kurutulan vakum paketlenen D grubu tespit edilen günlerde duyu yönden bozulmuştur (Çizelge 5).

Chavan ve ark. (2008), çalışmalarında mekanik kurutmanın tekstür, koku ve genel beğeni üzerinde yapılan puanlamalarda yüksek puanlara sahip



olduğunu bildirmişlerdir. Ojutiku ve ark. (2009), *Hyperopisus bebe occidentalis* balık türünü güneş çadır kurutucusu ve geleneksel doğal kurutma yöntemleri arasında duyuşal açıdan yapılan

değerlendirmelerde balıkların tekstür ve renk değişimleri her iki grupta da benzer olduğu tespit etmişlerdir.

Çizelge 5. Tüm kurutulmuş ürün gruplarına ait duyuşal analiz bulguları.

Table 5. Sensory analysis result of all dried product groups.

Grup/Group	Günler / Days								
	1.	15.	30.	45.	60.	70.	75.	80.	
A	*	7.50±0.32 <sup>Aa</sup>	7.60±0.24 <sup>Aab</sup>	6.60±0.10 <sup>Ba</sup>	5.80±0.12 <sup>Ba</sup>	5.80±0.12 <sup>Ba</sup>	3.60±0.19 <sup>Cb</sup>	3.50±0.12 <sup>C</sup>	3.50±0.12 <sup>C</sup>
	**	7.60±0.19 <sup>Aab</sup>	7.10±0.10 <sup>ABab</sup>	7.1±0.10 <sup>ABa</sup>	6.40±0.19 <sup>BCa</sup>	5.90±0.10 <sup>Ca</sup>	4.30±0.12 <sup>Da</sup>	3.00±0.32 <sup>E</sup>	1.20±0.12 <sup>F</sup>
	***	8.10±0.10 <sup>Aa</sup>	8.00±0.16 <sup>Aa</sup>	7.5±0.16 <sup>ABa</sup>	6.80±0.12 <sup>BCa</sup>	6.10±0.19 <sup>Ca</sup>	4.80±0.12 <sup>Da</sup>	3.00±0.16 <sup>E</sup>	1.60±0.29 <sup>F</sup>
	****	7.40±0.24 <sup>ABa</sup>	7.70±0.20 <sup>Aa</sup>	7.60±0.19 <sup>Aa</sup>	6.70±0.12 <sup>BCa</sup>	6.20±0.12 <sup>Ca</sup>	5.10±0.19 <sup>Da</sup>	3.10±0.10 <sup>E</sup>	3.00±0.16 <sup>E</sup>
	*****	<b>8.20±0.20<sup>Aa</sup></b>	<b>7.90±0.10<sup>ABa</sup></b>	<b>7.20±0.12<sup>BCa</sup></b>	<b>6.80±0.12<sup>Ca</sup></b>	<b>6.30±0.12<sup>Ca</sup></b>	<b>4.90±0.19<sup>Da</sup></b>	<b>3.50±0.32<sup>E</sup></b>	<b>2.10±0.37<sup>F</sup></b>
B	*	7.40±0.24 <sup>ABa</sup>	7.90±0.10 <sup>Aa</sup>	6.80±0.25 <sup>BCa</sup>	6.20±0.12 <sup>Ca</sup>	6.20±0.12 <sup>Ca</sup>	4.30±0.20 <sup>Da</sup>	-	-
	**	7.20±0.20 <sup>Ab</sup>	7.40±0.19 <sup>Aa</sup>	6.90±0.10 <sup>ABa</sup>	6.20±0.12 <sup>BCab</sup>	5.50±0.16 <sup>Ca</sup>	2.40±0.37 <sup>Db</sup>	-	-
	***	7.70±0.20 <sup>Aa</sup>	7.70±0.12 <sup>Aa</sup>	6.80±0.12 <sup>Bb</sup>	6.10±0.10 <sup>Cb</sup>	5.30±0.20 <sup>Da</sup>	2.50±0.16 <sup>Eb</sup>	-	-
	****	7.30±0.20 <sup>Aa</sup>	7.10±0.10 <sup>ABab</sup>	6.90±0.24 <sup>ABab</sup>	5.90±0.10 <sup>Bb</sup>	6.00±0.16 <sup>Ba</sup>	4.30±0.12 <sup>Cb</sup>	-	-
	*****	<b>8.40±0.24<sup>Aa</sup></b>	<b>7.20±0.12<sup>Bb</sup></b>	<b>6.50±0.16<sup>BCa</sup></b>	<b>6.10±0.10<sup>Cb</sup></b>	<b>5.40±0.19<sup>Da</sup></b>	<b>2.30±0.12<sup>Eb</sup></b>	-	-
C	*	7.80±0.20 <sup>Aa</sup>	6.20±0.12 <sup>BCc</sup>	6.50±0.22 <sup>Ba</sup>	5.50±0.22 <sup>Ca</sup>	3.80±0.12 <sup>Db</sup>	-	-	-
	**	7.40±0.24 <sup>Ab</sup>	6.70±0.12 <sup>ABb</sup>	6.10±0.10 <sup>BCb</sup>	5.40±0.24 <sup>Cb</sup>	4.10±0.10 <sup>Db</sup>	-	-	-
	***	7.50±0.16 <sup>Aa</sup>	7.00±0.16 <sup>Ab</sup>	6.80±0.12 <sup>Ab</sup>	5.20±0.12 <sup>Bc</sup>	2.30±0.34 <sup>Cb</sup>	-	-	-
	****	7.40±0.24 <sup>Aa</sup>	6.60±0.19 <sup>ABb</sup>	6.5±0.22 <sup>Bb</sup>	5.60±0.24 <sup>Cb</sup>	5.10±0.10 <sup>Cb</sup>	-	-	-
	*****	<b>8.30±0.20<sup>Aa</sup></b>	<b>7.10±0.10<sup>Bb</sup></b>	<b>6.40±0.24<sup>Ba</sup></b>	<b>5.20±0.12<sup>Cc</sup></b>	<b>2.00±0.35<sup>Db</sup></b>	-	-	-
D	*	7.60±0.24 <sup>Aa</sup>	7.10±0.10 <sup>ABb</sup>	6.40±0.10 <sup>Ba</sup>	4.50±0.22 <sup>Cb</sup>	-	-	-	-
	**	8.40±0.24 <sup>Aa</sup>	6.70±0.12 <sup>Bb</sup>	5.90±0.10 <sup>Cb</sup>	3.50±0.22 <sup>Dc</sup>	-	-	-	-
	***	8.00±0.27 <sup>Aa</sup>	6.70±0.12 <sup>Bb</sup>	5.60±0.24 <sup>Cc</sup>	2.40±0.24 <sup>Dd</sup>	-	-	-	-
	****	7.50±0.22 <sup>Aa</sup>	7.10±0.10 <sup>ABab</sup>	6.5±0.22 <sup>Bb</sup>	4.40±0.19 <sup>Cc</sup>	-	-	-	-
	*****	<b>7.80±0.25<sup>Aa</sup></b>	<b>6.80±0.12<sup>Bb</sup></b>	<b>5.20±0.25<sup>Cb</sup></b>	<b>2.20±0.25<sup>Dd</sup></b>	-	-	-	-

A, B→: Aynı satırda gruplar arasında fark önemli (P<0.05)

a, b↓: Aynı sütunda zamana göre günler arasındaki fark önemli (P<0.05)

\*: Renk. \*\*: Koku. \*\*\*: Tat. \*\*\*\*: Tekstür. \*\*\*\*\*: Genel Beğeni.

## SONUÇ

Duyuşal değerlendirme, bir gıdanın değerlendirilmesinde ilk ve en önemli göstergesi ortaya koymaktadır. Ürün kalitesi değerlendirilirken kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan kalite sınırları içinde kalsa dahi duyuşal açıdan kabul edilemez olduğunda bozulmuş olarak değerlendirilir ve bu ürünün raf ömrü duyuşal değerlendirmeye göre belirlenir.

Kurutulmuş hamsi balığının buzdolabı koşullarındaki raf ömrü, mikrobiyoloji analizleri sonucu ürün gruplarında bir bozulma gözlenmediğinden kimyasal değerlendirmelerde TVB-N ve TBA değerleri raf ömrü açısından dikkate alınmamıştır. Bu sebeple raf ömrü duyuşal analiz sonucuna göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre doğal kurutmanın mekanik kurutmaya göre daha fazla raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Her ne kadar vakum paketlenme işlemi ürünleri kimyasal açıdan korusa da duyuşal açıdan vakumlanmamış ürünler daha çok ilgi görmüştür. Panelistler tarafında düşük puan alarak kalitesini kaybeden ve tüketilemez olarak değerlendirilen ilk grup 45. günde 2,20±0,25 puan ile D grubu olmuştur. Diğer gruplar sırasıyla C (60. gün), B (70. gün), A (80. gün) grubu olmuştur

Kurutulmuş ürünlerin sade tüketiminin yanı sıra soslanarak ya da salata gibi ürünlerin içerisine

konularak tüketilmesi su ürünleri tüketim şekillerine alternatif oluşturabilecektir. Literatürde balıkların farklı şekillerde kurutulması ile ilgili az çalışma mevcuttur. Farklı türdeki balıklar, farklı kurutma sıcaklıkları, farklı hava akım değerleri veya farklı paketlenme yöntemleri geliştirilerek işlenip literatüre güncel bilgiler kazandırılabilir. Tüketicinin beğenisine göre alternatif kurutma yöntemleri de denenip piyasaya sunulabilir ve bu şekilde ekonomiye katkı sağlanabilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Fatih YAVUZ' un yüksek lisans tezinin bir parçasıdır ve Sinop Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından SÜF-1901-15-03 nolu proje numarası ile desteklenmiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar makalelerinde, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer aslı çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Altuğ T. 1993. Duyusal Test Teknikleri. E.Ü. Müh. Fak. Ders Kitapları, Yayın No: 28, İzmir.
- Anonim 2020. <https://hsqm.saglik.gov.tr/tr/beslenme/temel-besin-gruplari.html> (Alınma tarihi: 25.05.2020).
- Azam K, Basher MZ, Asaduzzaman MH, Hossain MM, Ali MY 2003. Biochemical Quality Assessment of Fourteen Selected Dried Fish. Univ. J. Zool. Rajshahi Univ. 22: 23-26.
- Baysal T, Rayman A, Bozkır H 2013. Kurutulmuş ürünlerin ambalajlanması ve saklanması. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, 37-41 sy. İzmir
- Bilişli A 2009. Gıda Kimyası. Sidas Medya Ltd. Şti., Seher Matbaacılık, İzmir, 237 sy.
- Bingöl G 2010. Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel ilkeleri. İstanbul Sanayi Odası, No: 2010/4, İstanbul, 114 sy.
- Chavan BR, Yakupitiyage A, Kumar S, Rakshit SK 2008. Experimental Investigation on Biochemical, Microbial and Sensory Properties of Mackerel (*Rastrilliger kangurta*) Dried by Solar-Biomass Hybrid Cabinet Dryer. Journal of Food, Agriculture and Environment 6(3-4): 167-171.
- Cohen JS, Yang TCS 1995. Progress in food dehydration. Trends in Food Science and Technology 6: 20-25.
- Curran CA, Nicoladies L, Poulter RG, Pors J 1980. Spoilage of Fish from Hong Kong at Different Storage Temperatures. Trop Sci. 22: 367-382.
- Çaklı Ş 2007. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi-1. Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları, No:76, İzmir, 696 sy.
- Diler A, Güner A, Altun S, Ekici S 2008. Farklı Sıcaklık ve Hava Akım Hızında Kurutmanın Sudak Balığı (*Stizostedion lucioperca*) Filetolarının Kalite Niteliklerine Etkisi. Vet. Bil. Dergisi 24(1): 77-86.
- Düzgüneş O, Kesici T, Gürbüz F 1993. İstatistik Metotları. II. Baskı, A.Ü. Ziraat Fak. Yayınları, No:1291, Ankara, 861 sy.
- Erdem M, Varol Y, Öztop HF, Türkbay İ 2016. Balığın Kuruma Davranışı Üzerinde Parça Etkisi ve Sistemin Enerji Gereksiniminin İncelenmesi. Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi 28(2): 89-98.
- Geankoplis CJ 1993. Transport Processes and Unit Operations. 3rd Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1009 pp.
- Gökten D 1990. Gıdaların Mikrobiyal Ekolojisi. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fak. Yayın No:21, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 292 sy.
- Gürgün V, Halkman KA 1990. Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Dergisi, No:7, Ankara, 146 sy.
- İnal T 1992. Besin Hijyeni Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. 2. Baskı. Final Ofset A.Ş., İstanbul, 783 sy.
- Kaba N, Yücel Y, Çorapçı B, Özer Ö, Eryaşar K 2012. Shelf Life of Anchovy (*Engraulis engrasicolus*. L.1758) Patties Stored at 4°C. Akademik Gıda 10(4): 19-23.
- Keleş F. 1998. 'Gıda ambalajlama ilkeleri'. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum 2002.
- Köstekli B, Keskin İ, Erdem ME 2019. Determination of Quality Changes of Hot Smoked Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) Fillets Kept in The Deep Freeze For Different Storage Time Periods. Fresenius Environmental Bulletin, 28(8): 5962-5972.
- Kumar A, Singh P, Danish M 2013. Changes in Proximate, Biochemical and Microbiological Characteristics of Dried Labeo Gonius Fillets During Storage at Room Temperature. African Journal of Biotechnology 12(20): 2997-3005.
- Kung HF, Huang CY, Lin CM, Liaw LH, Lee YC, Tsai YH 2015. The Histamine Content of Dried Flying Fish Products in Taiwan and The Isolation of Halotolerant Histamineforming Bacteria. Journal of Food and Drug Analysis 23: 335-342.
- MEGEP 2008. Su Ürünleri İşleme Teknikleri. MEB. Ankara. 60 sy.
- Ojutiku RO, Kolo RJ, Mohammed ML 2009. Comparative Study of Sun Drying and Solar Tent Drying of Hyperopisus Bebe Occidentalis. Pakistan Journal of Nutrition 8(7): 955-957.
- Özdamar K 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. (10. baskı). Nisan Kitapevi. Eskişehir. 474 sy.
- Pigott GM, Tucker BW 1990. Seafood Effects of Technology on Nutrition. Marcel Dekker. Inc. New York, 384 pp.
- Roger S, John I, Mark W, Page P 1987. General microbiology. Fifth edition. published by Macmillan Education Ltd. Houndmills. Basingstoke. Hampshire. RG21 2xs and London, 689 pp.
- Shiriskar DA, Khedkar GD, Lior D 2013. Production Of Salted And Pressed Anchovies (*Stolephorus sp.*) and It's Quality Evaluation During Storage. Journal of Food Science and Technology 50(6): 1172-1178.
- Sikorski ZE 1990. Seafood: Resources. Nutritional Composition and Preservation. CRC Press. Inc., ISBN: 0-8493-5985-6. Florida, 248 pp.
- Smith G, Hole M, Hanson SW 1992. Assessment of Lipid Oxidation in Indonesian Salted-Dried Marine Catfish (*Arius thalassinus*). Journal of the Science of Food and Agriculture 51: 193-205.
- Srinivasa TK, Viswanathan Nair PG, Kanderan MK, Prabhu PW, Gopakumar K 1998. Shelf Life of Dried Anchoviella in Flexible Packaging Materials. Food Control 9(4): 205-209.
- Turan H 1996. Farklı tuzlama yöntemlerinin değişik balıklarda kalite ve saklama süresine etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 74 sy.

- Varlık C, Uğur M, Gökoğlu N, Gün H 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 17. Ankara, 174 sy.
- Yakupitiyage A 1994. Analytical Techniques in Fish Nutrition. Laboratory Manual for AE 52; Fish Nutrition and Feed Technology. Asian Institute of Technology. Bangkok.
- Yapar A 1999. Üç Farklı Tuz Konsantrasyonu Kullanılarak Hazırlanan Tuzlanmış Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)'lerde Kalite Değişimi. Tr. J. Veterinary and Anim. Sci. 23(3): 441-445.

## Insecticidal Efficacy of Native Diatomaceous Earth against Potato Tuber Moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)], Pupae

Turgut ATAY<sup>1\*</sup>, Mustafa ALKAN<sup>2</sup>, Sait ERTÜRK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey

<sup>2,3</sup> Plant Protection Central Research Institute, Ankara, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9074-0816>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7125-2270>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-9961-3955>

\*✉: [turgut.atay@gop.edu.tr](mailto:turgut.atay@gop.edu.tr)

### ABSTRACT

In this study, the insecticidal activity of native diatomaceous earth (DE) Turco004 was tested against pupae of the Potato tuber moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)] in laboratory conditions. In the bioassays were used dust formulation and applied four concentrations (2.5, 5, 10 and 20  $g^{-m^2}$ ) of DE. Pupa weights and the number of adults emerging from the pupae were recorded after 24, 48, 72, 96, 120, 144 and 168 hours of diatomaceous earth exposure. It was concluded that the weights of the pupae are significantly affected depending on exposure time. In addition, pupal eclosion was prevented, and no adult emergency was observed at all concentration applied. The data obtained revealed that the native diatom soil Turco004 may have a potential in the control of *P. operculella* at all applied doses.

### Research Article

#### Article History

Received : 10.04.2020  
Accepted : 30.06.2020

#### Keywords

Native diatomaceous earth  
Effect  
*Phthorimaea operculella*  
Pupae

## Yerli Diyatom Toprağının Patates Güvesi [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)] Pupasına Karşı Böcek Öldürücü Etkisi

### ÖZET

Yapılan bu çalışmada, yerli diyatom toprağı Turco004'ün Patates Güvesi [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)] pupasına karşı insektisidal etkisi laboratuvar şartlarında araştırılmıştır. Denemelerde diyatom toprağının toz halindeki formülasyonu uygulanmış ve dört farklı konsantrasyonu kullanılmıştır (2.5, 5, 10 ve 20  $g^{-m^2}$ ). Uygulamadan 24, 48, 72, 96, 120, 144 ve 168 saat sonra pupa ağırlıkları ve ergin çıkışları kaydedilmiştir. Çalışma sonunda pupa ağırlıklarının zamana bağlı olarak önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Ayrıca tüm dozlarda pupa açılımı engellenmiş ve herhangi bir ergin çıkışı gözlemlenmemiştir. Elde edilen veriler yerli diyatom toprağı Turco004'ün *P. operculella*'nın kontrolünde bir potansiyele sahip olabileceğini ortaya koymuştur.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 10.04.2020  
Kabul Tarihi : 30.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

Yerli diyatom toprağı  
Etki  
*Phthorimaea operculella*  
Pupa

**To Cite:** Atay T, Alkan M, Ertürk S 2021. Insecticidal Efficacy of Native Diatomaceous Earth against Potato Tuber Moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)], Pupae. KSU J. Agric Nat 24 (1): 165-170. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.718094>.

### INTRODUCTION

The Potato tuber moth (PTM) (*Phthorimaea operculella* Zeller, (Lepidoptera: Gelechiidae) is an important pest that is harmful on the plants belonging to family Solanaceae including potato (*Solanum tuberosum* L.), tobacco (*Nicotiana tabacum*, L.), tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.), pepper (*Capsicum annuum* L.), and eggplant (*Solanum melongena* L.) (Das and Raman, 1994; Rondon, 2010; Kroschel and Schaub 2012, Navrozidis and Andreadis 2012). This pest is one of the most important problem to potato production in the world. Cold winters restrict

the development of the pest and reduce its harm. However, global warming may change PTM population dynamics and geographic distribution in the future. This pest has become invasive and is today reported more than 90 countries (Kroschel and Sporleder, 2006; Sporleder et al. 2007). This insect is spread to all potato growing areas or regions of Turkey.

PTM causes damage in both field and storage. Female lay eggs on the underneath of the plant leaves, flower, bud, leaves, and shoots. The eggs are left near the tuber eyes, near the surface or cracks of the soil, or on the potatoes stacked in the soil. In the field, larvae feed



by mining in the leaves and shoots, and tunnelling in potato tubers. The damage due to potato moth larvae is seen principally during the storage period. *P. operculella* continues to give generation and previously infested tubers infect uninfested potatoes in the silo. Besides, damaged tubers are become more sensitive to be infected by bacteria and fungi (Golizadeh et al. 2014, Anonim 2020).

Stored crop losses in potatoes ranging from 50% in Yemen and Peru, 86% in Tunisia, Algeria, and Turkey, 90% in Kenya, and 100% in India and the Philippines have been reported (Alvarez et al. 2005). Çalışkaner et al. (1989) found that the damage of potato moth in storage period between 0.2-22% and density varies between one to 10, Bolu province in Turkey.

Synthetic chemicals are widely used for the control of potato tuber moths. However, environmental and human health problems caused by improper pesticides use, their side effects to beneficial organisms that are not targeted, the cost of insecticides used against PTM and residue problems. Researchers are trying to develop alternative methods for control of this insect due to the factors such as increasing demand for organic products, These alternative control methods include biological control, bio-pesticides, biotechnical and physical control. As an example of these studies, Shelke et al. (1985) have demonstrated that neem oil (*Azadirachta indica*, *A. juss*) has an anti-ovulation effect on PTM. Similarly, ethanol extract from *Origanum majorana* L. has a toxic effect on its larvae (Yeşilayer and Deniz 2019). Steven et al. (2008) stated that granulovirus (PoGV) and *Bacillus thuringiensis* Berliner ssp. *kurstaki* (Btk) can be used against larvae of potato tuber moth in field and storage conditions.

Diatomaceous earth (DE), which can be used within the scope of physical control methods, are fossilized silica residues of single cell microscopic algae known as diatoms. There are many studies on the toxicity of DE against insects of different pest groups (Ertürk et al. 2017). Athanassiou et al. (2004, 2005); reported that Silicosec®, PyriSec®, and Insecto® DE were given complete mortality for *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) at doses of 1000 ppm and above at 26 °C and 60% r.h. condition. Doğanay (2013) reported that the effectiveness of commercial diatom soil formulations Insecto® and native DE formulation Turco1 and Turco2 against *S. granarius* and *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) wheat, rice and corn were given 100.0% mortality at high concentrations (750 and 1000 ppm). Atay et al. (2018) stated that PTM larvae are very susceptible to Turco004 showing an effect of approximately 100% after 24 hours of the DE exposure. However, there is no study on the toxicity effect of DE on PTM pupae. This study was conducted to determine the activity of diatomaceous earth against the PTM pupae in laboratory conditions.

## MATERIAL and METHODS

### *Phthorimaea operculella* culture

The preliminary culture of *P. operculella* was supplied from available infected potatoes in the Entomology Laboratory, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Tokat Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey. Immature stages of *P. operculella* were reared on potato tubers in a cage at 25±1°C, 65±5% r.h., and a photoperiod of 14:10 L:D. The cages were cylindrical (20 cm in diameter, and 50 cm in height) and covered by blotter paper and fine mesh gauze. The adults in the stock culture were fed with honey rubbed into the edge of the cage (Golizadeh et al. 2014).

### Diatomaceous earth

Native diatomaceous earth Turco004 were acquired from a local commercial company from Ankara-Kazan and Beypazarı (Beg-tuğ Mineral). The particle sizes of the diatomaceous earth were 10-30 µm and mainly composes of SiO<sub>2</sub> (83.26%) and other minerals CaO (3.49%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6.25%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4.91%). Scanning electron microscope (SEM) image of Turco004 is presented in Figure 1.

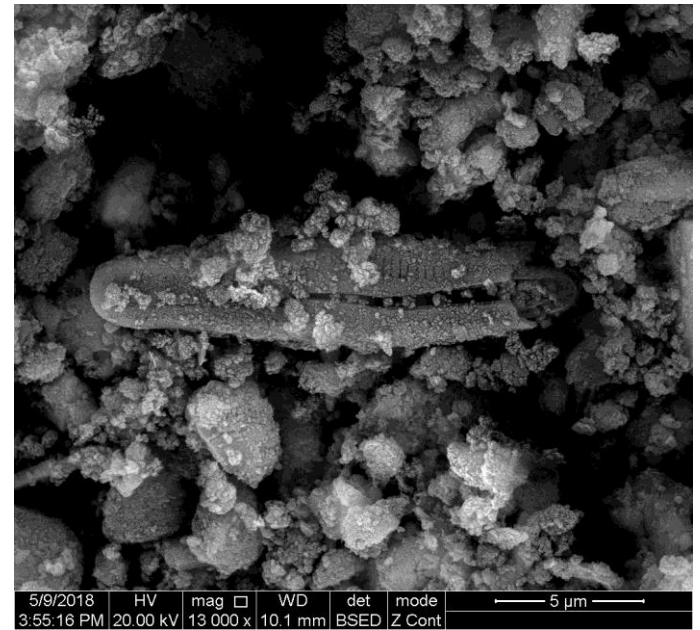


Figure 1. Scanning Electron Microscope image of Turco 004 showing general size and shape

Şekil 1. Turco 004'ün hacim ve şeklini gösteren Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü

### Bioassay tests

The insecticidal activity of native DE Turco004 was tested against pupae of the PTM (two days old pupae). The bioassays were conducted at 25±1°C and 60±5% humidity with four concentrations of Turco004 (2.5, 5, 10 and 20 g<sup>-m<sup>2</sup></sup>) in plastic cups with 3.5 cm diameter. For this purpose, DE was laid on the bottom of plastic cups with a camel hairbrush (No. 2) and pupae were

placed on it (5 pupae per cup). The experiment was set in randomized block design with 4 replications and the experiment was repeated 2 times. Pupae weights and the number of adults emerging from the pupae were recorded after 24, 48, 72, 96, 120, 144 and 168 hours of DE exposure. In the experiment, the control group were not treated with the DE.

### Statistical analysis

Emergence Inhibition rate of PTM pupae was calculated using the below formula (Gökçe et al. 2012) that was modified from Abdelgaleil and Al-Aswad (2005). The calculated growth rates were subjected Kruskal-Wallis test.

$$EI = \frac{CWC - TWC}{CWC}$$

Where EI: Emergence Index

CWC: Change in weight in the control (Initial weight-post treatment weight)

TWC: Change in weight in the treatment (Initial weight-post treatment weight)

The data for percent pupal emergency were subjected to arcsine transformation. Data were subjected to analysis of variance and differences among the treatments were compared by Tukey Multiple Comparison Test ( $\alpha=0.05$ ). Statistical analysis for data on growth rate and adult emergency rate were done using MINITAB® version 18 software package (McKenzei and Goldman 2005).

### RESULTS and DISCUSSION

In the study, the effects of different concentrations of DE on the development of potato tuber moth pupae were evaluated. It was found that the weights of the pupae are significantly affected by the exposure time, while their weights were not significantly affected increasing by the DE concentrations (Figure 2). While DE treatment at the 2.5  $g^{-m^2}$  dose of the diatomaceous earth had an index value of 0.90 after at the end of 24 hours of DE exposure ( $H=1.02$ ;  $df=3$ ), it had an index value of -0.50 after 168 hours of DE exposure ( $H=0.43$ ;  $df=3$ ). In all other application concentrations (5  $g^{-m^2}$ , 10  $g^{-m^2}$ , 20  $g^{-m^2}$ ), these index values varied between 0.90 and -0.40 (Figure 2).

For adult emergence rates, the diatomaceous earth significantly prevented the pupal eclosion (Figure 3). No adult emergence from the pupae was observed at all DE concentrations applied. In the control group, adult emergence from the pupae was not seen after 24 hours, however, adult emergence was found after 48 hours. ( $F=1.75$ ;  $df=2,33$ ;  $P>0.05$ ). Adult emergence started to increase after 72 hours and in this time zone, a 26.1% adult emergence rate was determined in the control group ( $F= 12.6$ ;  $df= 2.33$ ;  $P<0.05$ ). Adult emergence rate in control group was 42.5% after 96

hours ( $F= 88.5$ ;  $df= 2, 33$ ;  $P<0.05$ ), 52.4% after 120 hours ( $F= 198.1$ ;  $df= 2.33$ ;  $P<0.05$ ), 55.9% after 144 hours ( $F= 344.1$ ;  $df= 2, 33$ ;  $P<0.05$ ) and 65.1% after 168 hours ( $F= 145.7$ ;  $df= 2.33$ ;  $P<0.05$ ) (Figure 3).

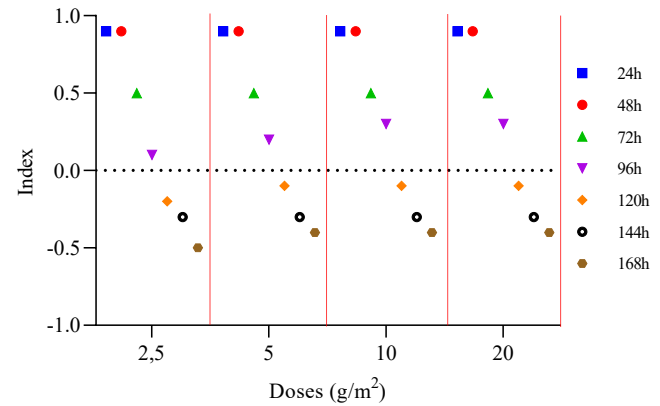


Figure 2. Weight losses caused by different doses of diatomaceous earth on potato tuber moth pupae  
 Şekil 2 Diyatom toprağının farklı dozlarının patates güvesi pupalarında meydana getirdiği ağırlık kayıpları

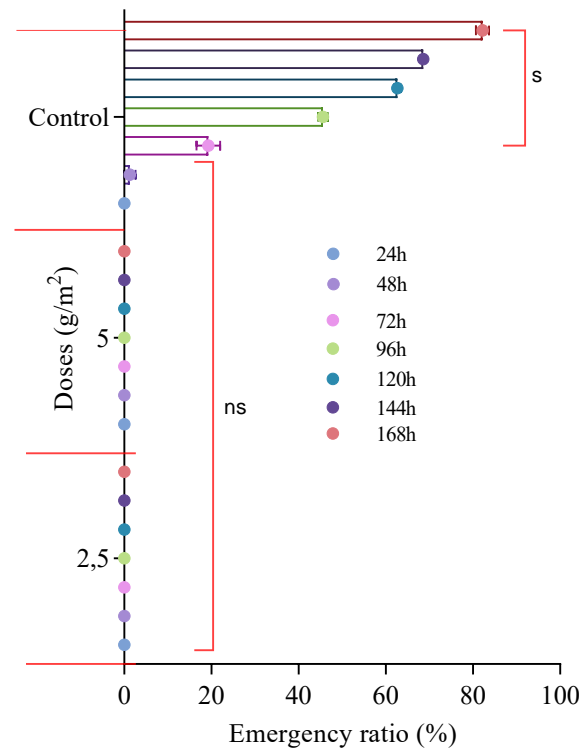


Figure 3. Effect of different doses of diatomaceous earth on emergence rates of adults of potato tuber moth  
 Şekil 3. Diyatom toprağının farklı dozlarının patates güvesi erginlerinin çıkış oranları üzerine etkisi

Previous studies showed that commercially available DE formulations are successfully used for controlling of stored product pests (Subramanyam et al. 1994, Ziaee 2007, Alkan et al. 2019, Bayram et al. 2019). In

addition, these studies were mostly conducted on adult of Coleopteran insect species (Athanasios et al. 2003, 2004, 2005). Diatomaceous earth is one of the most promising methods for controlling of stored-grain insects, which can be an alternative to conventional insecticides and fumigants (Korunic et al. 1996). Collantes et al. (1986), demonstrated that synthetic pyrethroid (deltamethrin, permethrin, cyfluthrin, flucythrinate, fenvalerate) insecticides were ineffective against PTM in field conditions. El-Kady (2011) found that *P. operculella* developed resistance against fenitrothion (500g<sup>-1</sup>-EC), pirimiphos-methyl (250<sup>-1</sup>-EC), carbosulfan (10G 10% w/w), aldicarb (10G 10% w/w), lambda-cyhalothrin (50 g<sup>-1</sup>-EC), deltamethrin (25 g<sup>-1</sup>-EC) and, imidaclopride (200g<sup>-1</sup>-SL) at varying rates.

Most insects make their breathing through spiracles that are part of the trachea system and open out of the body. It is known that insect's inhalation stops when these openings are closed by dust particles (Adedire et al. 2011, Ileke and Olotuah 2012). Sharaby et al. (2014) applied some essential oil compounds to the stored potato tubers using talcum powder. They concluded that these components prevent the insect to lay eggs and to enter the tubers. It is known that the diatomaceous earth causes death by damaging the insect integument (Ebeling 1971, Quarles 1992). As the diatomaceous earth mode of action does not depend on metabolic reactions, as in synthetic insecticides, more of the responses of inactive/immobil stages of insects to diatomaceous earth need to be studied. Mewis and Reichmuth (1999) applied the DE formulation Fossil Shield® against the Mealworms, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) pupa, revealing loss of weight in the pupa. Similarly, the data obtained from this study revealed that the DE used had a significant effect on the pupal eclosion of the potato moth and the weight of the pupae.

## CONCLUSIONS

Diatomaceous earths form a physical barrier on insects, break down the epicuticular layers, cause fat absorption and therefore water loss, and also prevent the oxygen intake required for cell energy, causing death and weight loss in insects. This study reveals that diatomaceous earths significantly affected weights of the pupae and the number of adults emerging from the pupae. Despite this, exact mechanism of action of DE on the pupa yet is not known. For this reason, this study suggests that detailed and further physiological and biochemical studies are needed. The present study showed that, diatomaceous earth has a high potential as a natural preservative against pupae of *P. operculella* and could be suggested for integrated pest management programs (empty storage and tuber applications); however, further studies should be conducted under laboratory and storage conditions.

## Declaration of competing interest

All authors declare that there are none interest to declare.

## Author's Contributions

The contribution of the authors are equal.

## REFERENCES

- Abdelgaleil SAM, El-Aswad AF, 2005. Antifeedant and Growth Inhibitory Effects of Tetranortriterpenoids isolated from Three Meliaceae Species on the Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Journal of Applied Sciences Research, 1(2): 234-241.
- Adedire CO, Obembe OM, Akinkulore RO, Oduleye SO 2011. Response *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) to Extracts of Cashew Kernels. Journal of Plant Diseases Protection 118 (2): 75-79.
- Alkan M, Atay T, Ertürk S, Kepenekci, İ. 2019. Comparison of Bioactivities of Native Diatomaceous Earth against Turkestan Cockroach [*Blatta lateralis* Walker (Blattodea: Blattidae)] nymphs. Applied Ecology and Environmental Research, 17(3): 5987-5994.
- Alvarez JM, Dotseth E, Nolte P. 2005. Potato Tuberworm a Threat for Idaho Potatoes. University of Idaho Extension, Idaho Agricultural Experiment Station, Moscow, ID.
- Anonim, 2020. Patates Entegre Mücadele Teknik Talimatı. Ankara.
- Atay T, Ertürk S, Kumlu B, Alkan M, Duman A. 2018. Pre-Studies on Insecticidal Effect of Native Diatomaceous Earth against Potato Tuber Moth, [*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)], Larvae. I. International Agricultural Science Congress, 09-12 May, Van, Turkey.
- Athanasios CG, Kavallieratos NG, Tsaganou FC, Vayias BJ, Dimizas CB, Buchelos CThi 2003. Effect of Grain Type on the Insecticidal Efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Crop Protection, 22 (10): 1141-1147.
- Athanasios CG, Kavallieratos NG, Andris NS 2004. Insecticidal Effect of Three Diatomaceous Earth Formulations against Adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on Oat, Rye and Triticale. Journal of Economic Entomology, 97 (6): 2160-2167.
- Athanasios CG, Vayias BJ, Dimizas CB, Kavalieratos NG, Papagregoriou AS, Buchelos C Th 2005. Insecticidal Efficacy of Diatomaceous Earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on Stored Wheat: Influence of Dose Rate, Temperature and Exposure Interval. Journal



- of Stored Products Research, 41(1): 47-55.
- Bayram A, Işıkber AA, Sağlam Ö, Şen R. 2019. Evaluation of Repellency Effect of Diatomaceous Earth Formulation (Detech®) on Three Coleopteran Stored Grain Insects, 12<sup>th</sup> Conference of the Working Group Integrated Protection of Stored Product, 03-06 September, Pisa, Italy.
- Collantes LG, Raman KV, Cisneros FH 1986. Effect of Six Synthetic Pyrethroids on Two Populations of Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), in Peru. *Crop Protection*, 5(5): 355-357.
- Çalışkaner S, Dortbudak N, Has A. 1989. Survey Studies on the Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* (Zeller)) in Central Anatolia. *Plant Protection Bulletin*, 29 (1-2): 65-74.
- Das GP, Raman KV 1994. Alternate Hosts of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Crop Protection*. 13 (2): 83-86.
- Ebeling W 1971. Sorptive Dusts for Pest Control. *Annual Review of Entomology*, 16: 123-158.
- El-Kady H 2011. Insecticide Resistance in Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* Zeller in Egypt. *Journal of American Science*, 7(10): 263-266.
- Ertürk S, Ferizli AG, Emekci M 2017. Evaluation of Diatomaceous Earth Formulations for the Control of Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera: Curculionidae) in Stored Rice. *Turkish Journal of Entomology*, 41(3): 347-354.
- Gökçe A, Isaacs, R, Whalon ME 2012. Dose-response Relationships for the Antifeedant Effects of *Humulus lupulus* Extracts against Larvae and Adults of the Colorado Potato Beetle. *Pest Management Science*, 68 (3): 476-481.
- Golizadeh A, Esmaeili N, Razmjou J, Rafiee-Dastjerdi H 2014. Comparative Life Tables of the Potato Tuberworm, *Phthorimaea operculella*, on Leaves and Tubers of Different Potato Cultivars. *Journal of Insect Science* 14 (42): 1-11.
- Ileke KD, Olotuah OF 2012. Bioactivity of *Anacardium occidentals* and *Allium sativum* Powders and Oils Extracts against Cowpea Bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Biological Science* 4 (1): 96-103.
- Korunic Z, Fields PG, Kovacs MIP, Noll JS, Lukow OM, Demianyk CJ, Shibley KJ 1996. The Effect of Diatomaceous Earth on Grain Quality. *Postharvest Biology and Technology*, 9 (3): 373-387.
- Kroschel J, Sporleder M 2006. Ecological Approaches to Integrated Pest Management of Potato Tuber Moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera, Gelechiidae). *Proceedings of the 45th Annual Washington State Potato Conference*, Moses Lake, 7-9 February, Moses Lake, WA, USA.
- Kroschel J, Schaub B 2012. Biology and Ecology of Potato Tuber Moths as Major Pests of Potato. (*Insect Pests of Potato: Biology and Management*, Elsevier, Oxford: Ed. Giordanengo P, Vincent C, Alyokhin A) 165-192.
- McKenzei JD, Goldman R 2005. *The Student Guide to MINITAB Release 14 Manual*. Pearson Education, Boston, MA.
- Mewis I, Reichmuth C 1999. Diatomaceous Earths against the Coleoptera Granary Weevil *Sitophilus granarius* (Curculionidae) the Confused Flour Beetle *Tribolium confusum* (Tenebrionidae), the Mealworm *Tenebrio molitor* (Tenebrionidae). In: *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection 1998*, 1. Sichnan Publishing House, Beijing, China, pp. 765-780.
- Navrozidis EI, Andreadis SS 2012. *Applied Agricultural Entomology*. CopyCity Publish, Thessaloniki, 538 pp.
- Quarles W 1992. Diatomaceous Earth for Pest Control. *IPM Practitioner*, 14(1/6): 1-11.
- Rondon SI 2010. The Potato Tuberworm: A Literature Review of Its Biology, Ecology, and Control. *American Journal of Potato Research*, 87 (2): 149-166.
- Sharaby A, Abdel Rahman H, Abdel-Aziz SH, Moawad SS 2014. Natural Plant Oils and Terpenes as Protector for the Potato Tubers against *Phthorimaea operculella* Infestation by Different Application Methods. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24 (1): 265-274.
- Shelke SS, Jadhav LD, Salunkhe GN, 1985. Ovipositional and Adult Repellent Action of Some Vegetable Oils/Extracts against Potato Tuber Moth. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 10 (3): 284-6.
- Sporleder, M, Kroschel J, Simon R 2007. Potential Changes in the Distribution of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* Zeller, in Response to Climate Change by Using a Temperature-driven Phenology Model Linked with Geographic Information Systems (GIS). XVI International Plant Protection Congress, CGIAR/SP-IPM Symposium "Emerging Themes in Agroecosystems Health and Food Safety", 15-18 October, Glasgow, Scotland UK.
- Steven PA, Lawrence AL, Jonathan NP, Silvia IR 2008. Semi-field Evaluation of a Granulovirus and *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* for Season-long Control of the Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129 (3): 276-285.
- Subramanyam B, Swanson C L, Madamanchi N, Norwood S. 1994. Effectiveness of Insecto, a New Diatomaceous Earth Formulation in Suppressing Several Stored Grain Insect Species. In *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection*, 17-23 April, Canberra, Australia.



Yeşilayer A, Deniz M 2019. Toxic Effect of Four Different Plant Extracts on Potato Tuber Moth [(*Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)] Eggs and Larvae. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7 (12): 2239-2244.

Ziaee M, Safaralizadeh MH, Shayesteh N. 2007. Efficacy of Silicosec, a Diatomaceous Earth Formulation against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 3841-3846.

## Seasonal Population Fluctuations and Damage Rates of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on Pomegranate Orchards in Osmaniye Province

Nihat DEMİREL<sup>1\*</sup>, Murat ÇARDAK<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 31034 Hatay-Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-3631-2458>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-4740-4542>

✉: [ndemirel@mku.edu.tr](mailto:ndemirel@mku.edu.tr)

### ABSTRACT

The Mediterranean fruit fly (Medfly), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), is one of the important pests of pomegranate in Turkey. The studies were conducted in 2012-2013 to determine seasonal population fluctuations and damage rates of medfly at pomegranate orchards in Osmaniye province. The study was carried out using the Econex yellow traps and pheromones (%95 trimedlure) and DDVP at four different pomegranate orchards in 2012 (11 August to 21 December), and at four different pomegranate orchards in 2013 (11 August to 30 November) all of which were 'Hicaz' variety. The pheromone traps were weekly checked and captured medfly adults were counted and then cleaned. During the harvest time, except from pheromone trap hanging tree, 300 pomegranate fruits were randomly selected to evaluate the number of the damaged fruits in the each orchard. In 2012, the medfly adults caught by traps at two orchards and the highest number of them was recorded on 26 October, followed on 09-23 November and 15 September. The largest percentages of medfly was observed in November (45.8), followed September (23.8), October (20.8), August (8.3) and December (1.19). In 2013, the medfly adults caught by traps at all orchards and the highest number of them was recorded on 10 November, followed on 3 November and 13 October. The largest percentages of medfly was observed in November (35.4), followed September (32.85), October (28.83) and August (2.92). In 2012, the highest percentages of damage rates was observed at orchard II (7.33), followed orchard I (5.66). In 2013, the highest percentages of damage rates was observed at orchard I (10.33), followed at orchard IV (10), orchard III (6.66), and orchard II (5.66).

### Research Article

#### Article History

Received : 28.05.2020

Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

Mediterranean fruit fly

Trimedlure

Damages rates

Pomegranate

## Osmaniye ili Nar Bahçeleri'nde *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin Mevsimsel Popülasyon Dalgalanmaları ve Zarar oranları

### ÖZET

Akdeniz meyve sineği (AMS), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), ülkemizde narın önemli bir zararlısıdır. Çalışma 2012-2013 yıllarında Osmaniye ilinde bulunan nar bahçelerinde Akdeniz meyve sineğinin mevsimsel popülasyon dalgalanmaları ve zarar oranının belirlenmesi için yapılmıştır. Çalışma Econex sarı tuzak + feromon (% 95 trimedlure) ve DDVP kullanılarak birinci yılda (11 Ağustos-21 Aralık) Hicaz çeşidi bulunan dört nar bahçesinde, ikinci yılda (11 Ağustos-30 Kasım) Hicaz çeşitleri bulunan dört nar bahçesinde yapılmıştır. Feromon tuzakları haftalık olarak kontrol edilmiş ve yakalanan erginler sayılmış ve temizlenmiştir. Hasat zamanı feromon tuzaklarının kurulduğu nar ağacı hariç, her bahçeden rastgele seçilen 300 meyve kontrol edilerek vuruklu nar meyvesi sayısı kaydedilmiştir. 2012 yılında yalnızca iki bahçede AMS ergini belirlenmiş olup en fazla ergin 26 Ekim'de yakalanmış, bunu 9-23 Kasım, 15 Eylül tarihleri takip etmiştir. Yüzdese olarak en fazla ergin kasım (45.8) ayında yakalanmış olup, bunu eylül (23.8), ekim (20.8), ağustos (8.3) ve aralık (1.19) ayları

### Araştırma Makelesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 28.05.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

#### Anaktar Kelimeler

Akdeniz meyve sineği

Trimedlure

Zarar oranı

Nar

takip etmiştir. 2013 yılında bütün bahçelerde AMS ergini belirlenmiş olup en fazla ergin 10 Kasım'da yakalanmış, bunu 3 Kasım ve 13 Ekim tarihleri takip etmiştir. Yüzdesel olarak en fazla ergin kasım (35.40) ayında yakalanmış, bunu eylül (32.85), ekim (28.83) ve ağustos (2.92) ayları takip etmiştir. 2012 yılında yüzdesel olarak AMS'nin en fazla zararı Bahçe II (7.33)'de gözlenmiş, bunu Bahçe I (5.66) takip etmiştir. 2013 yılında yüzdesel olarak AMS'nin en fazla zararı Bahçe I (10.33)'de gözlenmiş, bunu Bahçe IV (10.0), Bahçe III (6.66) ve Bahçe II (5.66) takip etmiştir.

**To Cite :** Demirel N, Çardak M 2021. Seasonal Population Fluctuations and Damage Rates of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on Pomegranate Orchards in Osmaniye Province. KSU J. Agric Nat 24 (1): 171-176. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.744349>.

## INTRODUCTION

Pomegranate, *Punica granatum* L. (Punicaceae: Myrtiflorae), is an important tropical and subtropical fruit tree (Morton, 1987). The Mediterranean fruit fly (Medfly), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), is a significant fruit pests in the world (Fimiani, 1989; White and Elson-Haris, 1994). This pest is a polyphagous species attacking over 350 different hosts (Liquido et al., 1991). The pests can overwinter as pupa in the soil under the host plant (White and Elson-Haris, 1994). They appear on apricot and peach from June to July (Christenson and Foote, 1960), on pomegranate from late July to August if they are available (Demirel, 2016; Demirel et al., 2018; Demirel, 2019a). The pomegranate fruits are destroyed by larval feeding and caused significant damages if not controlled (White and Elson-Haris, 1994). Trimedlure is important tools for detection, monitoring and controlling of the medfly (Leonhardt et al., 1989; Warthen et al., 1997; IAEA, 2003; Çalıklı, 2015; Demirel, 2016; Demirel and Akyol, 2017; Kılıç and Demirel, 2018; Demirel et al., 2018; Demirel, 2019a;b). Traps baited with lures are also used to monitor population size (Niccoli et al., 1991; IAEA, 2003). The purpose of the current study was to determine seasonal population fluctuations and damage rates of medfly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in pomegranate orchards in Osmaniye province of Turkey. [Century12 regular].

## MATERIALS and METHODS

The study was conducted in 2012-2013 at eight pomegranate orchards in Osmaniye province of Turkey. The study was carried out using the Eostrap® invaginada traps (Sanidad Agricola Econex, Santomera, Murcia, Spain) baited with % 95 Trimedlure, (formulated in a polymeric plug-type dispenser) (Sanidad Agricola Econex, Santomera, Murcia, Spain) and dichlorvos or 2.2- dichlorovinyl dimethyl phosphate (DDVP) tablet (Sanidad Agricola Econex, Santomera, Murcia, Spain). The first study was conducted at four different pomegranate orchards of the villages Çona (orchard I), Akarca (orchard II),

Şekerdere (orchard III), and Aydınlar (orchard IV) of Osmaniye province. All pomegranate orchards contain 'Hicaz' variety and conducted from 11 August to 21 December 2012. The second study was carried out at four different pomegranate orchards of the villages Alhanlı (orchard I), Çardak (orchard II), Çona (orchard III), and Aydınlar (orchard IV) of Osmaniye province. All pomegranate orchards contain 'Hicaz' variety and conducted from 11 August to 30 November 2013. In both years, one trap for each orchard was used. The traps were placed 1.5 m above ground and checked weekly, trapped medfly were counted and removed from the traps. The trimedlure and DDVP tablet in traps were replaced with the new ones in every 90 days.

The fruit damage assessment was measured by the percentage of medfly punctures during the harvest. For this purpose, during the harvest time, except from the trap baited with trimedlure hanging tree, three-hundred fruits were chosen randomly from thirty trees in each of the orchards and checked for medfly punctures and infested fruits were counted. The percentage of fruit damage was calculated by dividing the number of infested fruits by the total number of sampled fruits in each orchards to evaluate the percentage of the damaged fruits in each of the orchard. [Century12 regular].

## RESULTS and DISCUSSION

A seasonal population fluctuations of the medfly varied in each of the sampled orchards. In 2012, a four 'Hicaz' pomegranate orchards were sampled and medfly were recorded in two of them, while they were not found in other two. A population fluctuations of this pest varied during the sampling period. A total of 168 medfly adults were caught by traps baited with trimedlure (Figure 1). The first adults were caught by traps on 17 August. The largest mean of catches were recorded on 26 October (11.0), 9 November (11.0), followed by 23 November (10.5) and 15 September (8.5), respectively. In 2013, the medfly were found in all pomegranate orchards and population fluctuations varied during the sampling period. A total of 274 medfly adults were caught by traps baited with trimedlure (Figure 2). The

first adults were caught by traps on 18 August. The largest mean of catches were recorded on 10 November (8.75), followed by 3 November (7.75), 13 October (7.0) and 22 September (6.25), respectively. In addition, the percentage of the total caught over this period varied for each of the sampling month. In 2012, the highest percentage of the medfly was observed in November

(45.29), followed in October (21.76), September (17.65), August (8.3) and December (1.17) (Figure 3). In 2013, the highest percentage of the medfly was observed in November (35.4), followed in September (32.85), October (28.83) and August (2.92) (Figure 3).

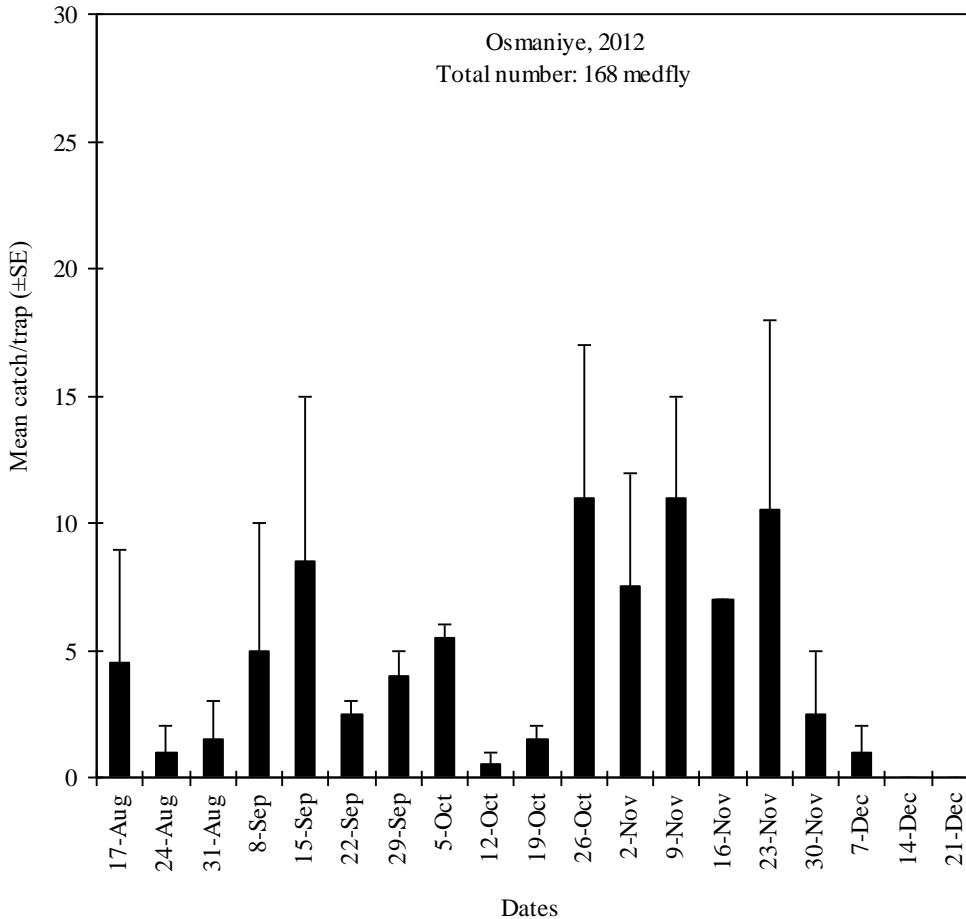


Figure1. Mean ( $\pm$ SE) catches of medfly adults in traps baited with trimedlure (17 August–21 December, 2012) at pomegranate orchards in Osmaniye province

Şekil 1. Osmaniye ili nar bahçelerinde 17 Ağustos-21 Aralık 2012 arasında Trimedlure ile beraber kullanılan tuzaklar tarafından yakalanan ortalama ( $\pm$  SE) AMS ergin sayıları

The population density of the medfly varied on different host plants. Demirel (2016) reported that the population density of medfly on pomegranate orchards in Hatay province in 2012 and 2014. In 2012, a six pomegranate orchards in Antakya district were sampled. The largest mean of catches/traps were recorded on 4 November (127.50), followed by 28 October (122.33), 18 November (59.67), 11 November (45.0), 14 October (39.67) and 21 October (29.83). Moreover, a four pomegranate orchards in Antakya district were sampled in 2014. The largest mean of catches/traps were recorded on 8 November (69.5), followed by 15 November (67.25), 1 November (53.0), 22 November (33.75), 26 October (32.25), 29 November (20.25) and 19 October (19.0). Demirel and Akyol (2017) reported that the population density of medfly

varied in each of sampling periods on satsuma mandarin. The largest percentages of the medfly were recorded in October (71.32), followed by November (10.13), September (6.54) and August (1.17) in 2011. In addition, the largest percentages of the medfly were recorded in September (32.13), followed by November (26.70), October (16.37) and August (3.67) in 2012. Kılıç and Demirel (2018) studied the population density of medfly on persimmon. The largest percentage of medfly were recorded in July (6.76), August (28.06), September (36.56), October (22.74) and November (5.88) in 2013. In addition, the largest percentage of them were recorded in August (66.12), September (12.86), October (16.30), and November (4.99) in 2014.



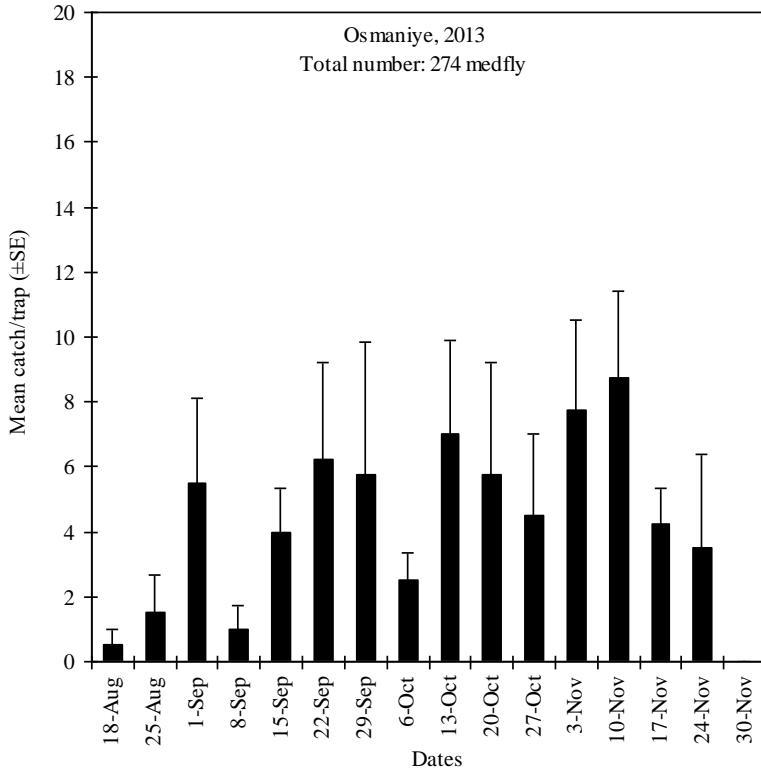


Figure2. Mean ( $\pm$ SE) catches of medfly adults in traps baited with trimedlure (18 August–30 November, 2013) at pomegranate orchards in Osmaniye province

Şekil 2. Osmaniye ili nar bahçelerinde 18 Ağustos-30 Kasım 2013 arasında Trimedlure ile beraber kullanılan tuzaklar tarafından yakalanan ortalama ( $\pm$  SE) AMS sayıları

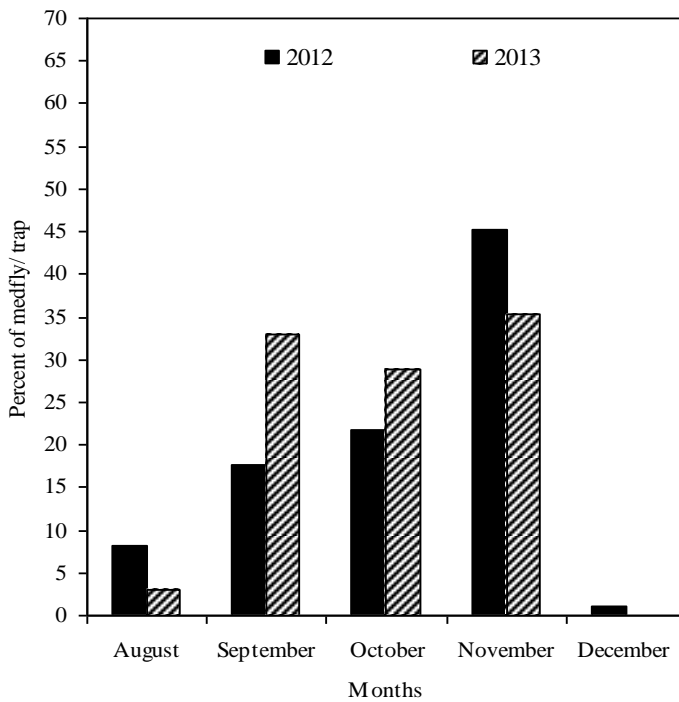


Figure 3. Percentage of the total medfly adults caught over the sampling period at the pomegranate orchards in Osmaniye province in 2012-2013

Şekil 3. 2012-2013 yılları arasında Osmaniye ilindeki nar bahçelerinde örnekleme süresince yakalanan toplam AMS ergin yüzdesi

The current study indicated that damage rates of medfly were observed different in each of the sampled orchards. In 2012, the highest percentages of damage rates were observed at orchard II (7.33), followed orchard I (5.66) (Figure 4). Moreover, in 2013, the highest percentages of damage rates were observed at orchard I (10.33) , followed at orchard IV (10.0), orchard III (6.66), and orchard II (5.66) (Figure 4).

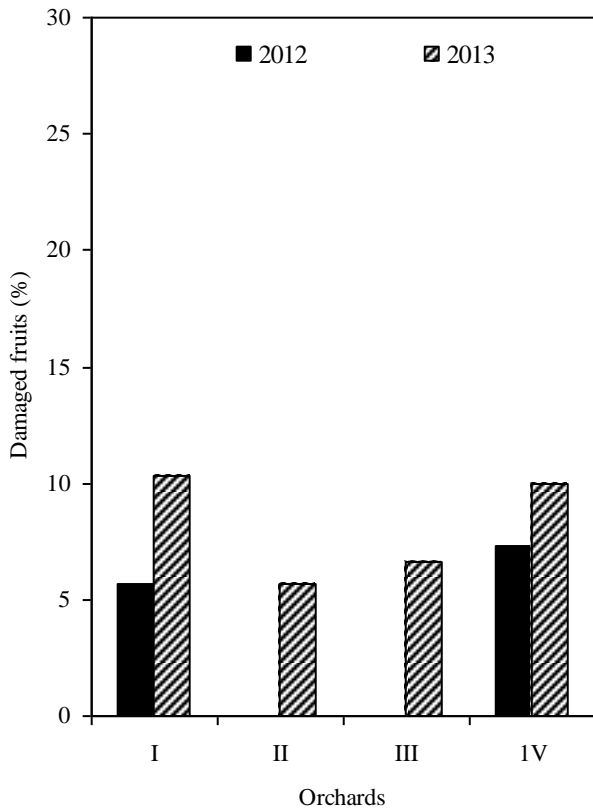


Figure 4. Percentage of the damaged fruits by medfly in pomegranate orchards in Osmaniye province in 2012-2013

Şekil 4. 2012-2013 yıllarında Osmaniye ilindeki nar bahçelerinde AMS tarafından yapılan zararlı meyvelerin yüzdesi

Many studies were conducted to evaluate damage rates of medfly on different fruits. Yıldırım and Başpınar (2011) the percentage of infestation rate at pomegranate orchards was 2.20 percent during harvest time. Demirel (2014) reported that the largest percentage of infestation rate were observed at orchard II (karamehmet+katırbaşı) (42), followed orchard I (karamehmet+katırbaşı) (37), orchard III (katırbaşı) (7) and orchard IV (katırbaşı) (3) in 2010. In addition, the largest percentage of infestation rates were observed at orchard I (katırbaşı) (44) , followed at orchard II (Hicaz) (8) in 2011. Kasap and Aslan (2016) reported that percentage of infestation rates was 5.2 on 'Acco' pomegranate. Demirel (2016) reported that

the percentage of damage rate on 'Hicaz' pomegranate were observed at orchard II (14), followed by orchard VI (12), orchard I (11), orchard IV (9), orchard III (7) and orchard V (7) in 2012. Moreover, the highest percentages of damage ratios were observed at orchard IV (Katırbaşı) (25), followed by orchard III (Katırbaşı) (22), orchard II (Hicaz) (15) and orchard I (Hicaz) (12) in 2014. [Century12 regular].

## CONCLUSION

The current study was carried out by traps baited with trimedlure to determine seasonal population fluctuations and damage rates of medfly in pomegranate orchards in Osmaniye province of Turkey. The medfly was found in six sites, while it did not find two sites. The seasonal population fluctuations varied in each of the sampled orchard and sampling period. The highest number of medfly was observed in November, followed by September and October in both years. In 2012, the highest percentage of damage rates were observed at orchard II (7.33), followed orchard I (5.66). In addition, the largest percentage of damage rates were observed at orchard I (10.33) , followed at orchard IV (10), orchard III (6.66), and orchard II (5.66) in 2013. [Century12 regular].

## ACKNOWLEDGEMENTS

This project was supported by Univerity of Mustafa Kemal of Scientific Research Projects (BAP) (project number: 9485).

## Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

## Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

## REFERENCES

- Christenson LD, Foote RH 1960. Biology of fruit flies. Annual Review of Entomol. 5: 171-192.
- Çalık Ş 2015. Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)'nin mücadelesinde farklı cezbedicilerin kullanılması. Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Hatay, 65 pp.
- Demirel N 2014. Akdeniz Meyve Sineği, *Ceratitıs capitata* (Wiedemann) Diptera: Tephritidae)'nin Populasyon Yoğunluğu ve Zarar Oranının Farklı Çeşitteki Nar Bahçelerinde Belirlenmesi. Türkiye V. Bitki Koruma Kong., 3-5 Şubat 2014, Antalya.
- Demirel, N 2016. Population density and damage ratios of Mediterranean fruit fly *Ceratitıs capitata* Wiedemann Diptera Tephritidae on pomegranate orchards in Turkey. Entomology and Applied Science Letters. 3: 1-7.

- Demirel N 2019a. Trapping genders of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and other Dipteran with various attractants on pomegranate fruits in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28: 2937-2941.
- Demirel N 2019b. Efficacy of various attractants to Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on persimmon fruits in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28: 5390-5397.
- Demirel, N, Akyol E 2017. Evaluation of mass trapping for control of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) in Satsuma mandarin in Hatay province of Turkey. *International Journal of Environmental Agriculture Research*. 3: 32-37.
- Demirel, N, Yıldırım AE, Kılıç, G 2018. Effectiveness of various attractants for Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on pomegranate fruits in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27: 3191-3198.
- Fimiani P 1989. Pest status; Mediterranean region. In: Robinson AS, Hooper G, eds. *Fruit Flies; Their Biology, Natural Enemies and Control*. World Crop Pests, 3(A):37-50. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- IAEA 2003. Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. Insect Pest Control Section, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Kasap A, Aslan MM 2016. The Monitoring the Population and Detection of the Loss Ratio of the Mediterranean Fruit fly (*Ceratitis capitata* Wied.) (Diptera: Tephritidae) By Pheromone Traps in Pomegranate and Persimmon Varieties. *KSU J. Nat. Sci.*, 19:43-50.
- Kılıç G, Demirel N 2018. A population fluctuation and damage rates of *Ceratitis capitata* Wied.) (Diptera: Tephritidae) on persimmon fruits in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27: 5072-5077.
- Leonhardt BA, Cunningham RT, Rice RE, Harte EM, Hendrichs J 1989. Design, effectiveness, and performance criteria of dispenser formulations of trimedlure, an attractant of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J.Econ. Entomol.* 82: 860-867.
- Liquido NJ, Shinoda LA, Cunningham RT 1991. Host Plants of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera Tephritidae): An annotated world review. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Am.* 77:1-52.
- Morton J 1987. Pomegranate. p. 352-355. In: *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton, FL. Miami.
- Niccoli A, Sacchetti P, Lupi E 1991. Observations on the capture of *Ceratitis capitata* in peach orchards in Tuscany. *Redia*. 74: 641-658.
- Warthen JD, Cunningham RT, Leonhardt BA, Cook JM, Avery JW, Harte EM 1997. Improved controlled-release formulations for a new trap design for male Mediterranean fruit flies the C&C trap. *J. Chem. Ecol.* 23:1471-1486.
- White IM, Elson-Harris, MM 1994. *Fruit Flies of Economic Significance. Their Identification and Bionomics*. Wallingford, UK, CAB International, 601 pp
- Yıldırım EM, Başpınar H 2011. Aydın ili nar bahçelerinde saptanan zararlı ve predatör türler, yayılışı, zararlı türlerden önemlilerinin popülasyon değişimi ve zararı. *Türk. entomol. Bült.* 1: 169-179.

## Türkiye'deki Anadolu Çöl Sıçanı *Meriones tristrami* (Mammalia: Rodentia) Altpopulasyonlarında Yayılışa Bağlı Biyometrik Farklılaşmalar Üzerine Bir Değerlendirme

Nuri YİĞİT<sup>1\*</sup>, Ercüment ÇOLAK<sup>2</sup>, Fulya SAYGILI YİĞİT<sup>3</sup>, Reyhan ÇOLAK<sup>4</sup>, Derya ÇETİNTÜRK<sup>5</sup>

<sup>1,2,4,5</sup>Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Tandoğan Ankara, <sup>3</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoteknoloji Bölümü Niğde

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8426-2144>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5826-1615>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-3805-3215>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-1031-4073>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-1323-4311>

✉: [nyigit@science.ankara.edu.tr](mailto:nyigit@science.ankara.edu.tr)

### ÖZET

Anadolu çöl sıçanı *Meriones tristrami*, Anadolu steplerinde geniş yayılışa sahip bir kemirgen türüdür. Bu çalışmada, bu türün altpopulasyonları arasındaki ilişkileri belirlemek ve yayılışlarına açıklık getirmek üzere, tüm Türkiye'yi temsil edecek 233 ergin örnek, kaydedildikleri coğrafik lokalitelerine göre 12 grup altında biyometrik olarak karşılaştırılmışlardır. Bu amaçla, bu grupların dört dış morfolojik ve 27 kafa iskeleti karakterine ait ölçüleri, istatistikî olarak analiz edilmiştir. Aynı türe ait olmaları sebebiyle biyometrik karakterlerinde görülen yüksek benzerliğe rağmen, altpopulasyonlar birbirlerinden küçük farklılıklarla ayrılmışlardır. Oluşturulan küme ağacında (UPGMA), Manisa ve Kastamonu altpopulasyonlarının dikkat çekici bir şekilde, Karaman ve Ankara altpopulasyonlarına daha benzer olduğu görülmüştür. Batı ve İç Anadolu gruplarına, Kilis ve Şanlıurfa altpopulasyonları bağlanmıştır, bu iki altpopulasyonun da Malatya ve Kayseri örneklerini içine alan gruplara yakın oldukları görülmektedir. Iğdır altpopulasyonu ise, İç ve Batı Anadolu ile Güneydoğu Anadolu grupları arasında yer almıştır. Gruplarda biyometrik ilişkilerin görülmesi, bu türün Anadolu'nun batısına olan yayılışının İç Anadolu'nun güneyinden ziyade kuzeyinden bir rota izleyerek olmuş olması gerektiği yönündeki hipotezi desteklemektedir. Ayrıca alttürler arasındaki biyometrik farklılaşmanın, Anadolu'nun coğrafik özelliklerinin şekillenerek oluştuğu öngörülmüştür.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 10.05.2020

Kabul Tarihi : 30.06.2020

### Anahtar Kelimeler

*Meriones tristrami*

Morfometrik analiz

Türkiye

## An assessment on biometric differentiation depend on distribution of the Anatolian Jird *Meriones tristrami* (Mammalia: Rodentia) Subpopulations in Turkey

### ABSTRACT

The Anatolian Jird *Meriones tristrami* is a widespread rodent species in Anatolian steps. In the study, to determine the relationships between the subpopulations of species and to clarify their distributions, 233 adults samples representing Turkey under the 12 groups, according to their recorded geographical localities, were compared biometrically. For this purpose, measurements of the four external morphological and twenty-seven cranial characters of the groups were analyzed statistically. Despite the high similarity of their biometric characters due to their belonging to the same species, subpopulations were separated from each other with small differences. In the cluster tree (UPGMA), Manisa and Kastamonu subpopulations were noticeably similar with Karaman and Ankara subpopulations. Kilis and Şanlıurfa subpopulations were linked to the Western and Central Anatolian groups, and these two subpopulations were observed to be close to the groups that include Malatya and Kayseri samples. Iğdır subpopulation was among the Central and Western Anatolia and Southeastern Anatolia groups. The existence of these biometric relationships in the groups supports the hypothesis that the spread of this species to the west of Anatolia should have been

### Research Article

### Article History

Received : 10.05.2020

Accepted : 30.06.2020

### Keywords

*Meriones tristrami*

Morphometric analysis

Turkey



by following a route from the north rather than the south of Central Anatolia. In addition, it is predicted that biometric differentiation between subspecies is formed by the effect of geographical features of Anatolia.

- Atıf İçin:** Yiğit N, Çolak E, Saygılı Yiğit F, Çolak R, Çetintürk D 2021. Türkiye'deki Anadolu Çöl Sıçanı *Meriones tristrami* (Mammalia: Rodentia) Altpopulasyonlarında Yayılışa Bağlı Biyometrik Farklılaşmalar Üzerine Bir Değerlendirme. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 177-185. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.735120>.
- To Cite:** Yiğit N, Çolak E, Saygılı Yiğit F, Çolak R, Çetintürk D 2021. An assessment on biometric differentiation depend on distribution of the Anatolian Jird *Meriones tristrami* (Mammalia: Rodentia) Subpopulations in Turkey. KSU J. Agric Nat 24 (1): 177-185. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.735120>.

## GİRİŞ

Türkiye'deki *Meriones* (Çöl Sıçanları) cinsine ait olan 5 türden, *Meriones tristrami* Anadolu Çöl Sıçanı (Thomas, 1892) Anadolu steplerinde en geniş yayılışa sahip olanıdır (Yiğit ve ark., 2006). Yayılışı Iğdır'dan Ege kıyılarına kadar uzanmaktadır, bu yayılış güzergâhı içinde Elazığ'ın doğusundan Erzurum'un doğusuna kadar bir bölgede yayılışı kesintiye uğramaktadır (Yiğit ve ark., 1997, Yiğit ve ark., 1998, Yiğit ve ark., 2006). Bu türle ilgili ilk çalışmalarda, Thomas, 1903'te İzmir'den, *Meriones blackleri* türünü, 1919 yılında da Karadağ (Karaman)'dan *Meriones blackleri lycaon* alttürünü tanımlamıştır. Daha sonraki çalışmalarda, Türkiye örnekleri ve birkaç Avrupa müzesindeki *Meriones* örnekleri değerlendirilerek Tosya (Kastamonu)'dan *Meriones tristrami intraponticus* tanımlanmıştır, ayrıca *Meriones tristrami bogdanovi*'nin de Türkiye'de bulunabileceği kaydedilmiştir (Neuhäuser, 1936). Güneydoğu Anadolu'dan da yayılış kaydı verilerek tanımlanan *Meriones tristrami bodenheimeri* alttürünün tip yeri Kafrun Çölü (Suriye) olarak verilmiştir (Harrison, 1992), çok belirgin ayırıcı karakterleri tanımlanmış olmasa da güneydoğu sınırına coğrafi olarak çok yakın olması sebebiyle Şanlıurfa örnekleri bu alttür içinde değerlendirilmiştir. Yiğit ve Çolak (1998), Güneydoğu Anadolu'dan elde ettikleri örneklerdeki kromozom kol sayısı farklılığına göre de *Meriones tristrami kilisensis* alttür olarak tanımlamıştır. Böylece *M. tristrami* türü Türkiye'de 6 alttürle temsil edilmektedir. Bu alttürlerle ilgili detaylı morfolojik tanımlamalar ve karyolojik özellikler Yiğit ve ark. (1998) ve Yiğit ve Çolak (1998) tarafından verilmiştir. Daha sonra *M. tristrami* türünün Türkiye'deki yayılış kayıtlarına katkı sağlayan, morfolojik ve karyolojik özelliklerini ortaya koyan başka çalışmalar da yapılmıştır (Kefelioğlu, 1997; Yiğit ve ark., 1997, 1998). Bu çalışmaların dışında Coşkun (1999), Diyarbakır yöresindeki lokasyonlardan elde ettiği örnekler üzerinden dış morfoloji, kafatası özellikleri, bakulum yapısı ve benzeri veriler kullanarak sistematik tanımlamalar yapmıştır. Türkiye'de yayılış yapan 5 *Meriones* türünün biyometrik olarak karşılaştırıldığı çalışmada, *M. tristrami*'ye en yakın türün *Meriones vinogradovi* olduğu ortaya konulmuştur (Yiğit ve ark., 2018). Bu iki tür, cins

içerisinde sibling türler olarak dikkate alınmaktadır (Yiğit ve ark., 1997; Yiğit ve ark., 1998). Benzer şekilde Darvish (2009), İran örnekleri üzerine yaptığı biyometrik analizlerde *M. tristrami* ve *M. vinogradovi*'nin aynı altkümeye yer aldığını göstermiştir. İki tür arasındaki bu morfolojik benzerliğe karşın *Meriones* cinsinin Türkiye türleri üzerinde allozim verileri temel alınarak yapılan moleküler sistematik çalışmasında *M. tristrami* ile *M. vinogradovi* oldukça farklı altkümelerde yer almıştır. Bu durum, morfolojik benzerliğin allozim verilerinde karşılık bulmadığını göstermektedir (Yiğit ve ark., 2013).

*M. tristrami* alttürleri, dış morfoloji ve kafatası morfolojisi bakımından birbirine oldukça benzer özellikler gösterir. Ege kıyı bölgesinden özellikle Manisa civarından elde edilen örneklerde beyaz kuyruk ucu püskülü tipik bir özelliğidir. Bu özellik, İç Anadolu örneklerinde ve Tosya (Kastamonu) alttüründe daha düşük sıklıkta olmakla birlikte ortaya çıkmaktadır. Bunun dışında bu tür, post rengi, dış morfoloji ve kafatası morfolojisinde çok fazla ayırt edici tipik özellik sergilememektedir. Bu anlamda alttür tanımlamaları oldukça zayıf morfolojik karakterlere dayanmaktadır. Karyolojik çalışmalarda ise bu türün diploid kromozom sayısı  $2n=72$  olmasına rağmen, alt populasyonlarında kromozom kol sayılarının farklılık gösterdiği belirlenmiştir. *M. t. kilisensis* alttürü de morfolojik özellikleriyle birlikte kromozom kol sayısındaki farklılıklar esas alınarak tanımlanmıştır (Yiğit ve Çolak, 1998, Yiğit ve ark., 1997, Yiğit ve ark., 1998, Yiğit ve ark., 1999, Yiğit ve ark., 2006).

*M. tristrami*'nin yayılış alanı geniştir, şu anda bu türün populasyonu üzerine bilinen bir tehdit söz konusu değildir, bu nedenle IUCN'e göre LC (=Least Concern) yani düşük tehdit kategorisinde listelenmektedir (Sözen ve ark., 2016).

Bu çalışmayla, bu türün altpopulasyonlar arasında coğrafik yayılışa bağlı olarak farklılık gösteren morfolojik karakterleri ve bunların ayırım gücü, istatistiksel metotlarla analiz edilerek türün sistematığına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

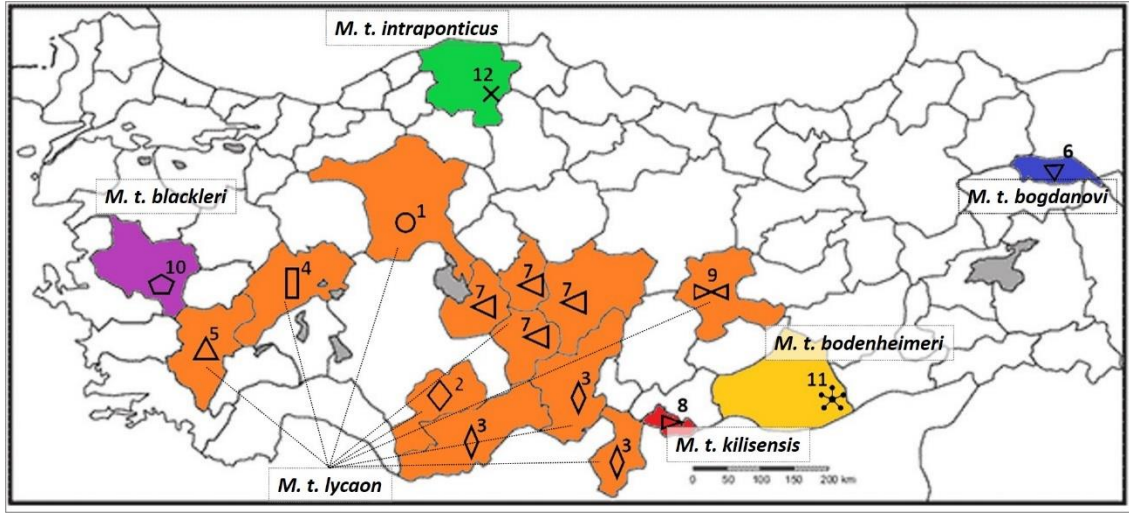
## MATERYAL ve METOD

### Materyal ve Örneklem Alanları

Bu çalışmada, daha önceki çalışmalardan ve 107T324

no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında yapılan arazi çalışmalarından elde edilen örnekler kullanılmıştır. Tüm bu örnekler, Ankara Üniversitesi Memeli Hayvanlar Araştırma Koleksiyonu'nda (AUMAK/AUMAC, www.mammalia.ankara.edu.tr)

muhafaza edilmektedir. Çalışılan örnekler 12 lokalite altında gruplandırılmıştır (altpopulasyon), bu gruplar altı alttürü temsil etmektedir ve dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Gruplara göre örneklerin dahil oldukları alttürler, örneklerin lokaliteleri ve örnek sayıları (N); 1: Ankara (25), 2: Karadağ/Karaman (23), 3: Adana-Mersin-Hatay (Güney Anadolu) (18), 4: Afyon (14), 5: Denizli (18), 6: Aralık/Iğdır (8), 7: Kayseri-Nevşehir-Niğde-Aksaray (Orta Anadolu) (26), 8: Kilis (18), 9: Malatya (15), 10: Turgutlu/Manisa (25), 11: Ceylanpınar/Şanlıurfa (18), 12: Tosya/Kastamonu (25) (Semboller, Şekil 3 ile uyumluluk sağlaması amacıyla kullanılmıştır)

Figure 1. Subspecies in which the samples are included according to the groups, the localities of the samples and the number of samples (N); Ankara (25), 2: Karadağ/Karaman (23), 3: Adana-Mersin-Hatay (Güney Anadolu) (18), 4: Afyon (14), 5: Denizli (18), 6: Aralık/Iğdır (8), 7: Kayseri-Nevşehir-Niğde-Aksaray (Orta Anadolu) (26), 8: Kilis (18), 9: Malatya (15), 10: Turgutlu/Manisa (25), 11: Ceylanpınar/Şanlıurfa (18), 12: Tosya/Kastamonu (25) (Symbols are used to provide compatibility with Figure 3)

### Morfolojik Değerlendirme ve Ölçümler

Değerlendirmeye alınan örneklerin morfolojik ayrımında Harrison ve Bates (1991), Yiğit ve ark. (1997), Yiğit ve ark. (2006) ve Yiğit ve ark. (2018) tarafından verilen ölçümler esas alınmıştır. Örneklerin yaş tayininde molar diş yüzeylerinin aşınma durumu, temel ölçüt olarak dikkate alınmıştır (Yiğit ve ark., 1999). İstatistiksel analizlerde 12 lokalite altında gruplandırılan (Şekil 1), 233 ergin örneğin Tüm boy uzunluğu (TBU), Kuyruk uzunluğu (KYU), Ardayak uzunluğu (AAU) ve Kulak uzunluğu (KU) olmak üzere 4 dış morfolojik ve ayrıca 27 kafatası karakterinin ölçüsü alınarak değerlendirilmiştir. Kafatası karakterlerine ait ölçülerin alınış yerleri ve kısaltmaları Şekil 2'de ayrıntılı gösterilmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Biyometrik analizler için SPSS 13 (SPSS Inc, Chicago, IL) ve NTSYS-pc 2.1 (Rohlf, 1997) paket programları kullanılmıştır. İncelenen morfometrik karakterlere Tukey HSD, Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Ayrışım Fonksiyon Analizleri (DFA) uygulanmıştır. Üretilen benzerlik ve farklılık matrislerinin kullanılmasıyla altpopulasyonların ölçü karakterlerinin ortalama değerleri Manhattan

mesafesine göre kümelenecek UPGMA (Unweighted Pair Group Cluster Analysis = Aritmetik ortalamaların kullanıldığı ağırlıksız çift-grup yöntemi) dendrogramı çizilmiştir. Veri setine son olarak Ayrışım Fonksiyon Analizleri (DFA) uygulanarak, altpopulasyonlar arasında çok değişkenli farklar test edilmiş, önceden belirlenmiş olan populasyonları birbirinden çeşitli düzeylerde ayırabilen bağımsız değişkenler belirlenmiş, homojen veya farklı altpopulasyonlar saptanmış ve altpopulasyonlardaki farklılıklar ortaya çıkartılarak yorumlanmıştır.

### BULGULAR

#### *M. tristrami* Alttürleri ve Türkiye'deki Yayılış Yerleri

*M. t. blackleri*: Tip yeri İzmir olan bu alttür, çalışmalar sırasında Kemalpaşa ve Bayındır (İzmir) ilçeleri ile Ahmetli, Turgutlu ve Kula (Manisa) ilçe sınırları içinden, az taşlı, tarım arazilerine yakın, çalı ve orman bulunmayan yamaçlardan kaydedilmiştir. Bu çalışmada Turgutlu (Manisa) örnekleri kullanılmıştır.

*M. t. lycaon*: Türkiye'deki en yaygın bu alttürün tip yeri Karadağ (Karaman)'dır. İç Anadolu steplerinin yaygın alttürüdür. Yayılışı Batıda Denizli ve Uşak, kuzeyde Çankırı ve Amasya, güneyde Torosların

yamaçlarından Karaman, Mersin ve Hatay sınırları içine, doğuda Malatya'ya kadar uzanır.

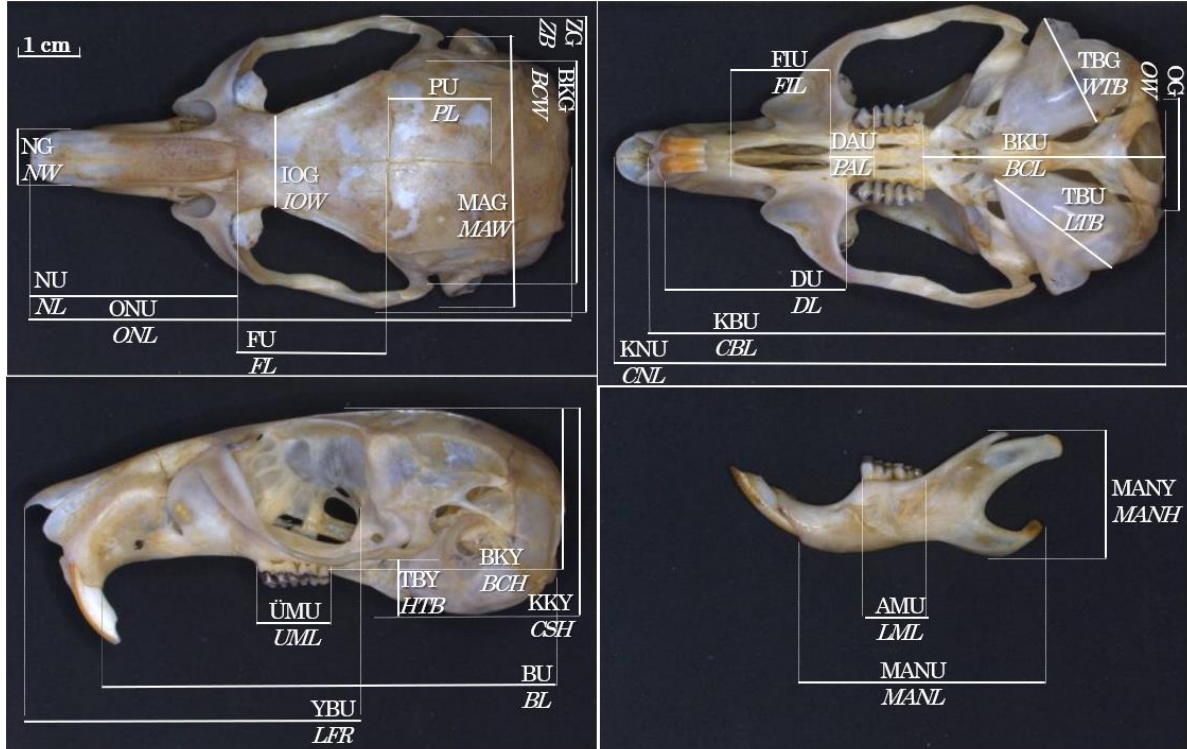
***M. t. intraponticus***: Tip yeri Tosya (Kastamonu) olan bu alttürün, yalnızca buradaki tarla kenarlarında yayılış gösterdiği kaydedilmiştir, kullanılan örnekler bu lokaliteden alınmıştır.

***M. t. bogdanovi***: Tip yeri Salgany bölgesi doğu Trans Kafkasya'dır. Iğdır örnekleri coğrafik yakınlık ve morfolojik benzerlikleri nedeniyle bu alttüre dahil edilmiştir (Yiğit ve ark., 1998). Bu çalışmada da Iğdır

ili Aralık ilçesi sınırlarından alınan örnekler kullanılmıştır.

***M. t. bodenheimeri***: Tip yeri Kafrun Suriye'dir. Fırat nehrinin doğusundan elde edilen örnekler (Şanlıurfa ili Ceylanpınar ve Harran ilçe sınırlarından) bu alttüre dahil edilmiştir (Yiğit ve ark., 1998). Bu çalışmada Ceylanpınar (Şanlıurfa) örnekleri kullanılmıştır.

***M. t. kilisensis***: Tip yeri Kilis olan bu alttüre ait kaydedilen örnekler bu çalışmada kullanılmıştır.



Şekil 2. Ölçülen kafatası karakterleri ve kısaltmaları; Zigomatik genişlik (ZG), İnterorbital genişlik (IOG), Oksipitonazal uzunluk (ONU), Kondilobazal uzunluk (KBU), Kondilonazal uzunluk (KNU), Bazillar uzunluk (BU), Nazal uzunluk (NU), Nazal genişlik (NG), Frontal suturun uzunluğu (FU), Parietal suturun uzunluğu (PU), Yüz bölgesi uzunluğu (YBU), Beyin kapsülü uzunluğu (BKU), Mastoid genişlik (MAG), Kaudal kafatası yüksekliği (KKY), Beyin kapsülü yüksekliği (BKY), Oksipital genişlik (OG), Beyin kapsülü genişliği (BKG), Diastema uzunluğu (DU), Damak uzunluğu (DAU), Foramen insisiva uzunluğu (FIU), Timpanik bulla yüksekliği (TBY), Timpanik bulla uzunluğu (TBU), Timpanik bulla genişliği (TBG), Mandibul uzunluğu (MANU), Mandibul yüksekliği (MANY), Üst molar alveol uzunluğu (ÜMU) ve Alt molar alveol uzunluğu (AMU). (Ölçüm karakterlerinin üzerinde gösterildiği örnek: *M. tristrami*; Örnek No:5622/Tosya-Kastamonu (AUMAC))

Figure 2. Measured cranial characters and abbreviations; Zygomatic breadth (ZB), Interorbital width (IOW), Occipitonasal length (ONL), Condylbasal length (CBL), Condylonasal length (CNL), Basillar length (BL), Nasal length (NL), Nasal width (NW), Frontal column length (FL), Parietal suture length (PL), Face region length (LFR), Brain capsule length (BCL), Mastoid width (MAW), Caudal skull height (CSH), Brain case height (BCH), Occipital width (OW), Brain capsule width (BCW), Diastema length (DL), Palate length (PAL), Foramen incisiva length (FIL), Tympanic bulla height (HTB), Tympanic bulla length (LTB), Tympanic bulla width (WTB), Mandibul length (MANL), Mandibul height (MANH), Upper molar alveolar length (UML) and Lower molar alveolar length (LML). (Example shown on the measurement characters: *M. tristrami*; Example No: 5622 / Tosya-Kastamonu (AUMAC))

### ***M. tristrami* Alttürlerinin Biyometrik Analizleri**

Tukey HSD testi ile ikili karşılaştırma: Bu test, ölçüm karakterlerinden bazılarının *M. tristrami* alttürleri

arasında farklı olabileceğini ve farklılığın gruplara göre ağırlıklı olarak hangi karakterlerden kaynaklandığını göstermiştir. Dış morfolojik



karakterlerden TL'nin özellikle 10. ve 12. gruplar için, EL'nin ise yalnızca 11. grubu oluşturan *M. t. bodenheimeri* için oldukça ayırt edici olduğu görülmüştür. Kafatası karakterlerinden ZG, BU, KBU, KNU, ONU, NU, FU, PU, YBU, DAU, FIU, TBG ve MANY diğer karakterlere nazaran gruplar arasında istatistiki açıdan çok önemli olmamasına karşın, IOG, NG, BKU, TBY ve MANU ise grupları birbirinden önemli derecede ayırmaktadır. Ayırıcı karakterlerin tamamı için gruplara göre değerlendirme yapıldığında; IOG'ye göre 3., 8., 10. ve 11. gruplar diğerlerinden rahatlıkla ayrılırken, NG, TBY ve MANU'ya göre 1., 2., 10., ve 12. gruplar, BKU ve AMU'ya göre 10. ve 12. gruplar, MAG'ye göre 7., 9. ve 10. gruplar, BKY'ye göre 3., 8. ve 11. gruplar, diğer gruplardan istatistiksel anlamda farklılık göstermektedir. *M. t. blackleri* alttürü örnekleri için TBU, *M. t. blackleri* ve *M. t. intraponticus* alttürü örnekleri için BKU ve AMU; *M. t. kilisensis* alttürü örnekleri için OG; *M. t. lycaon* alttürü örnekleri için ise KKY (3. grupta) ve BKG (4. grupta) kısmen

farklılaşmış, ayırım gücü yüksek karakterler olarak ortaya çıkmıştır.

**Temel bileşenler analizi (PCA):** Bu analizde toplam varyansı açıklayan Eigen değerinin (Özdeğer) 1'in üzerinde olduğu 4 bileşen ortaya çıkmıştır ve toplam varyans bu 4 bileşenle ifade edilebilir hale gelmiştir. Bu 4 bileşenin toplam varyansı %71 oranında açıklanabilmektedir. Çok sayıda karakterin 1. bileşen üzerine ağırlığı fazla olduğundan 1. bileşen tek başına toplam varyansın %51,5'ini kapsamaktadır. Diğer bileşenler sırasıyla %10,17, %5,075, %4,34 değerlerine sahiptir. ZG, KBU, ONU, KNU, BU, NU, YBU, DU, DAU, FIU, MANY olmak üzere kafatası karakterleri, indeks değeri 0,7'nin üzerinde olup 1. bileşenin oluşumunda öncelikli ağırlığa sahip karakterler olarak belirlenmiştir. Diğer 3 bileşen üzerine etki eden karakterlerin ağırlıkları sadece 2 bileşende BKY'de 0,723'lük değere ulaşmaktadır ve karakter ağırlıkları 3. ve 4.'ye doğru daha da azalmak üzere oldukça düşüktür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bileşen matrisi; bileşenler üzerine karakterlerin ağırlıkları

Table 1. Component matrix; weights of characters on components

	Bileşen(Component)			
	1	2	3	4
TBU (TBL)	0.522	0.204	0.154	0.700
KYU (TL)	0.281	0.196	-0.011	0.812
AAU (HFL)	0.257	0.649	0.052	0.121
KU (EL)	0.513	0.306	-0.087	0.404
<b>ZG (ZB)</b>	<b>0.792</b>	0.397	0.201	0.076
IOG (IOW)	0.527	0.637	0.167	-0.069
<b>KBU (CBL)</b>	<b>0.759</b>	0.197	0.099	0.165
<b>ONU (ONL)</b>	<b>0.863</b>	0.366	0.227	0.177
<b>KNU (CNL)</b>	<b>0.763</b>	0.397	0.253	0.150
<b>BU (BL)</b>	<b>0.868</b>	0.302	0.222	0.200
<b>NU (NL)</b>	<b>0.810</b>	0.266	0.169	0.119
NG (NW)	0.152	0.050	0.890	0.152
FU (FL)	0.586	0.224	0.263	0.164
PU (PL)	0.191	0.526	0.210	0.268
<b>YBU (LFR)</b>	<b>0.857</b>	0.384	0.168	0.120
BKU (BCL)	0.578	0.058	0.670	0.101
MAG (MAW)	0.497	0.583	0.321	0.111
KKY (CSH)	0.468	0.694	-0.113	-0.005
BKY (BCH)	0.190	<b>0.723</b>	-0.202	0.110
OG (OW)	-0.050	0.493	0.242	0.355
BKG (BCW)	0.447	0.544	0.019	-0.021
<b>DU (DL)</b>	<b>0.843</b>	0.348	0.142	0.044
<b>DAU (PAL)</b>	<b>0.837</b>	0.350	0.231	0.136
<b>FIU (FIL)</b>	<b>0.728</b>	-0.066	0.324	0.047
TBY (HTB)	0.089	-0.090	0.914	0.061
TBU (LTB)	0.647	0.217	0.373	0.001
TBG (WTB)	0.594	0.345	0.321	0.057
MANU (MANL)	0.537	0.067	0.786	0.023
<b>MANY (MANH)</b>	<b>0.712</b>	0.246	0.240	0.265
ÜMU (UML)	0.398	0.276	0.489	-0.309
AMU (LML)	0.408	0.183	0.572	-0.377

**Ayrışım fonksiyon analizi (DFA):** Veri setindeki 31 ölçüm karakterinden 8'inin altpopulasyonlar

arasındaki taksonomik ayırım ağırlığının diğer karakterlere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bu



karakterlerden TBY ve NG sırasıyla 0,193 ve 0,294'lük değeriyle ayırım gücü kuvvetli olan karakterlerdir. Wilks'in Lambda değeri 0,7'nin altında olduğundan ayırımı sağlayan diğer karakterler ise IOG, BKU, MAG, BKY, MANU ve AMU'dur (Çizelge 2). Ayırımın zor olması ve karakterlerin çoğunun Wilks'in Lambda değerinin 1'e yakın olması, çalışılan taksonların aynı türe ait populasyonlar olması nedeniyle beklenen bir durumdur. Karakterlerin ayrışımının zayıf olmasına rağmen DFA'dan elde edilen konikal ayrışım fonksiyon

grafığı, 1. ve 2. fonksiyona göre altpopulasyonların belirli oranda ayrıldığını göstermektedir. Ayırım gücü kısmen daha yüksek olan 1. fonksiyona göre Karadağ (Karaman), Ankara, Tosya (Kastamonu) ve Turgutlu (Manisa) örnekleri diğer altpopulasyonlardan ayrılırken, 2. fonksiyona göre de Turgutlu (Manisa) örnekleri diğer altpopulasyonlardan kısmen ayrılmaktadır, bu gruptaki (*M. t. blackleri*) farklılaşmanın yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3).

Çizelge 2. Wilks'in Lambda istatistiği (Grup ortalamalarının eşitliği testi)

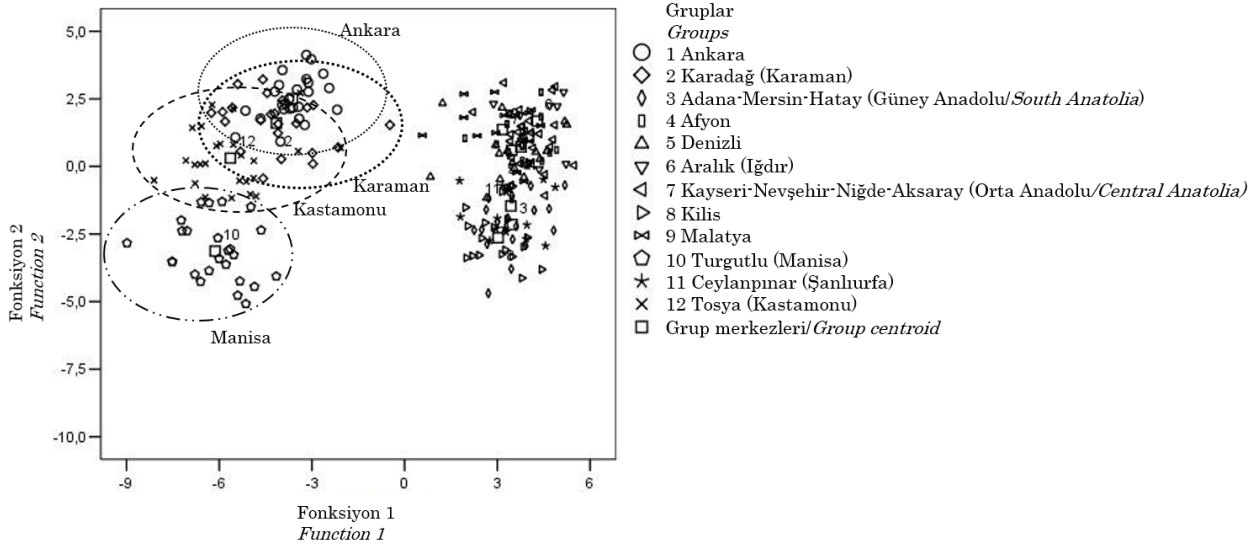
Table 2. Wilk's Lambda statistics (Test of equality of group averages)

	Wilks' Lambda	F	df1	df2	Sig.
TBU (TBL)	0.894	2.375	11	221	0.009
KYU (TL)	0.723	7.702	11	221	0.000
AAU (HFL)	0.749	6.735	11	221	0.000
KU (EL)	0.766	6.140	11	221	0.000
ZG (ZB)	0.882	2.696	11	221	0.003
<b>IOG (IOW)</b>	<b>0.535</b>	17.437	11	221	0.000
KBU (CBL)	0.891	2.461	11	221	0.006
ONU (ONL)	0.867	3.072	11	221	0.001
KNU (CNL)	0.864	3.150	11	221	0.001
BU (BL)	0.895	2.356	11	221	0.009
NU (NL)	0.854	3.445	11	221	0.000
<b>NG (NW)</b>	<b>0.294</b>	48.280	11	221	0.000
FU (FL)	0.897	2.301	11	221	0.011
PU (PL)	0.815	4.548	11	221	0.000
YBU (LFR)	0.836	3.935	11	221	0.000
<b>BKU (BCL)</b>	<b>0.591</b>	13.928	11	221	0.000
<b>MAG (MAW)</b>	<b>0.611</b>	12.769	11	221	0.000
KKY (CSH)	0.737	7.165	11	221	0.000
<b>BKY (BCH)</b>	<b>0.623</b>	12.134	11	221	0.000
OG (OW)	0.727	7.538	11	221	0.000
BKG (BCW)	0.760	6.358	11	221	0.000
DU (DL)	0.795	5.178	11	221	0.000
DAU (PAL)	0.835	3.967	11	221	0.000
FIU (FIL)	0.808	4.770	11	221	0.000
<b>TBY (HTB)</b>	<b>0.193</b>	83.912	11	221	0.000
TBU (LTB)	0.799	5.053	11	221	0.000
TBG (WTB)	0.887	2.563	11	221	0.004
<b>MANU (MANL)</b>	<b>0.422</b>	27.487	11	221	0.000
MANY (MANH)	0.920	1.741	11	221	0.066
ÜMU (UML)	0.727	7.534	11	221	0.000
<b>AMU (LML)</b>	<b>0.526</b>	18.128	11	221	0.000

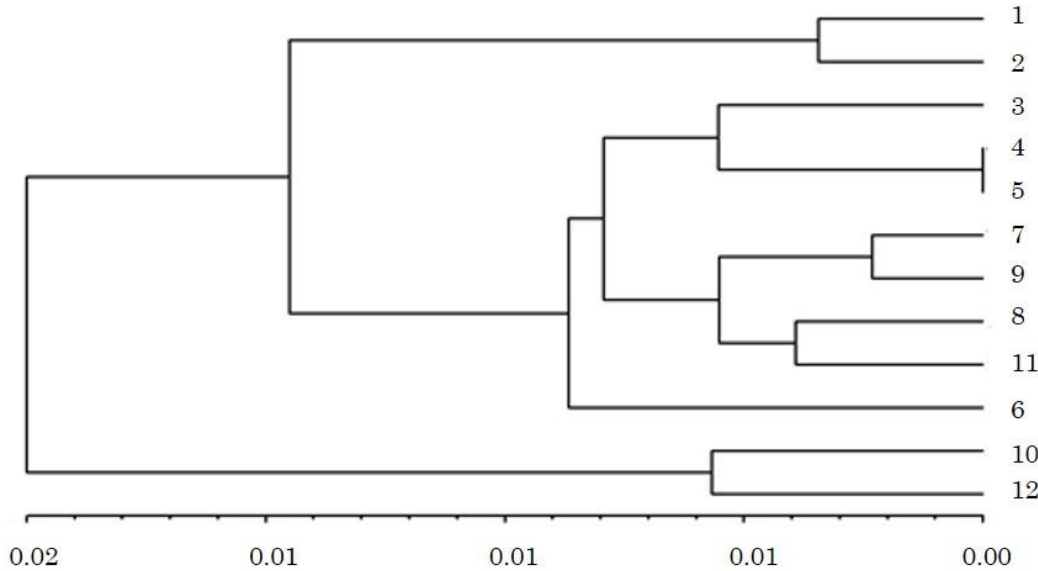
Bu analizlerle altpopulasyon örneklerinin gruplara uygun dağılıp dağılmadığı test edilmiş ve gruplamanın uygun olduğu ve çoğunlukla örneklerin kendi grupları içinde yer aldığı görülmüştür. Tukey HSD, PCA ve DFA sonuçları birlikte dikkate alındığında Turgutlu (Manisa) örneklerinin diğer örneklere nazaran daha fazla farklılaştığı ortaya çıkmaktadır. Özellikle Tukey HSD testiyle yapılan ikili karşılaştırmada Turgutlu (Manisa) ve Tosya (Kastamonu) örnekleri birçok karakterle diğer altpopulasyonlardan ayrılmaktadır.

**Küme analizi (UPGMA):** Küme analizinde Turgutlu (Manisa) ve Tosya (Kastamonu) örneklerinin (grup 10, 12) en farklılaşmış gruplar olduğu ve diğer tüm örneklerden ayrıldığı, bu kümeye Ankara ve Karadağ

(Karaman) (*M. t. Iycaon*) örneklerinin (grup 1, 2) bağlandığı görülmektedir. İç Anadolu'nun doğusuna doğru Kayseri-Malatya hattı ortak bir kümede toplanmış (grup 7, 9), bu hat, Kilis ve Ceylanpınar (Şanlıurfa) örnekleri (grup 8, 11) ile aynı altküme içinde yer almıştır. Bu altküme Adana, Afyon, Denizli örnekleri (grup 3, 4, 5) bağlanırken Güney Doğu ve İç Anadolu gruplarına en doğudaki Iğdır örnekleri (grup 6) bağlanmıştır. Bu ağaçta 10. grubu oluşturan *M. tristrami blackleri* ve 12. grubu oluşturan *M. tristrami intraponticus* örneklerinin diğer altpopulasyon ve alttürlerden daha farklılaşmış olduğu ortaya çıkmıştır. UPGMA analizinde Şekil 4'te görüldüğü gibi geçişimli bir topoloji oluşmuştur.



Şekil 3. *M. tristrami* alttürlerine ait grupların konikal ayrışım fonksiyon grafiği  
Figure 3. The conical separation function graph of groups belonging to *M. tristrami* subspecies



Şekil 4. *M. tristrami* alttürleri için 12 grup dikkate alınarak üretilmiş UPGMA kümesi; 1: Ankara, 2: Karadağ/Karaman, 3: Güney Anadolu (Adana-Mersin-Hatay), 4: Afyon, 5: Denizli, 6: Aralık/Iğdır, 7: Orta Anadolu (Kayseri-Nevşehir-Niğde-Aksaray), 8: Kilis, 9: Malatya, 10: Turgutlu/Manisa, 11: Ceylanpınar/Şanlıurfa, 12: Tosya/Kastamonu  
Figure 4. UPGMA cluster produced by considering 12 groups for *M. tristrami* subspecies; 1: Ankara, 2: Karadağ / Karaman, 3: South Anatolia (Adana-Mersin-Hatay), 4: Afyon, 5: Denizli, 6: Aralık / Iğdır, 7: Central Anatolia (Kayseri-Nevşehir-Niğde-Aksaray), 8: Kilis, 9: Malatya, 10: Turgutlu / Manisa, 11: Ceylanpınar / Şanlıurfa, 12: Tosya / Kastamonu

İki alttür altında toplanan Güneydoğu Anadolu örneklerinde kromozom kol sayısında farklılık bulunmasına ve iki altpopulasyonun Fırat nehriyle ayrılmış olmasına rağmen bu coğrafik ayrılığın ve karyotipik farklılığın bu iki alttürün biyometrik karakterlerine tam olarak yansımadağı UPGMA ağacında görülmektedir. Bu iki alttüre Kayseri-Niğde-Malatya hattı örneklerinin bağlanması Güneydoğu Anadolu örnekleri ile yakın coğrafik ilişkinin ve buna bağlı olarak gen akışının bir kanıtı sayılabilir. Bu iki altkümeye Adana, Afyon, Denizli örnekleri

bağlanmıştır. Bu durum, Güneydoğu Anadolu'dan Adana hattı üzerinden de İç Anadolu'ya bir temasın/göçün olduğunu göstermektedir. Son olarak Karadağ (Karaman) ve Ankara örnekleri kuzeyde Tosya (Kastamonu) ve batıda Manisa örnekleriyle yakın ilişkili çıkmıştır.

#### TARTIŞMA

*M. tristrami* üzerine biyometrik ve genetik karşılaştırma içeren çalışmaların sayısı oldukça azdır. *M. tristrami*'nin Türkiye'de yayılış gösteren

altpopulasyonları dikkate alındığında gerek dış morfolojik gerekse kafatası ölçülerinin birbirine oldukça yakın olduğu, özellikle morfolojik olarak kafa iskeletinde ve molar diş morfolojisinde önemli bir fark bulunmadığı görülmektedir. Bu benzerlik, Coşkun (1999) tarafından Diyarbakır örneklerini kullanarak elde edilen morfolojik ve biyometrik bulguları desteklemektedir; Diyarbakır örneklerinin biyometrik karakterleri bu çalışmadaki ölçüm değerlerinin sınırları içinde kalmaktadır ve morfolojik özellikleri hemen hemen aynıdır. Benzer şekilde Darvish (2009), İran örnekleri için verdiği çok sayıda dış ve kafatası ölçülerinin ortalama değerleri Yiğit ve ark. (1998) tarafından verilen ölçülerin varyasyon sınırı içinde kalmaktadır. Bu durum, bu coğrafik hatta biyometrik ölçülerdeki farklılaşmanın az olduğunu göstermektedir.

*M. tristrami*'nin altpopulasyonları esas alınarak yapılan allozim çalışmasında da (Yiğit ve ark., 2016) bu çalışmadaki biyometrik bulguları destekler şekilde Karadağ (Karaman), Tosya (Kastamonu) ve Manisa örnekleri yakın ilişkili olarak çıkmıştır. İç Anadolu jeolojisi gelişirken mevcut iç denizin (Tethis) çekilmesiyle bugünkü yayılış örüntülerinin ortaya çıkmış olabileceği, Ege kıyılarına uzanan kolun, İç Anadolu'nun kuzeyinden bir yol izlemiş olması gerektiği şeklindeki hipotez, Karadağ (Karaman), Ankara, Tosya (Kastamonu) ve Manisa altpopulasyonlarında ortaya çıkan bu benzerlik tarafından desteklenmektedir. Manisa'da yayılış gösteren *M. t. blackleri*, çalışılan altpopulasyonlar / alttürler içinde morfolojik farklılığı en fazla olan alttürdür. Bu alttür sahip olduğu beyaz kuyruk ucu püskülüyle belirgin bir morfolojik farklılığa sahiptir. Tukey HSD, PCA ve DFA sonuçları birlikte dikkate alındığında da Manisa örneklerinin diğer altpopulasyonlara göre kısmen daha fazla farklılaşmış olduğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle Tukey HSD testiyle yapılan ikili karşılaştırmada Manisa ve Tosya (Kastamonu) örnekleri bazı biyometrik karakterlerle diğer altpopulasyonlardan ayrılmaktadır. Buna karşın birçok altpopulasyon, aynı tür içinde beklenen bir durum olarak, karakter ölçüleri anlamında iç içe girmiş durumdadır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Anadolu steplerinde yayılış gösteren çöl sıçanı *M. tristrami* türünün morfolojik karakterleri istatistiksel analiz yöntemleri ile test edilmiş, altpopulasyonlar arasında farklılık gösteren karakterler ve bunların ayırım gücü belirlenmeye çalışılmıştır. Söz konusu türün birçok altpopulasyonu, karakter ölçüleri anlamında iç içe girmesine karşın, Karaman, Kastamonu ve Manisa örneklerinin yakın ilişkili çıkması, *M. tristrami* üzerine yıllardır yapılan çalışmalar ile düşünülen, populasyonların Ege kıyılarına yayılışının İç Anadolu'nun kuzeyinden

olması gerektiği hipotezi desteklemektedir. Ayrıca bu çalışma, Anadolu step ekosisteminin karakteristik kemirgenlerinden birisi olan Anadolu Çöl Sıçanının yayılışı ile Anadolu steplerinin örtüştürülmesiyle, iklimsel değişmelere bağlı olarak yayılış örüntüleri ile morfolojik karakterlerdeki farklılaşmaların ve Anadolu zoocoğrafyasındaki değişimlerin izlenebilmesi için ileriye dönük çalışmaları destekleyecektir. *M. tristrami*'nin Anadolu'daki yayılış kalıpları ve yayılış zamanlarının belirlenmesi Anadolu'daki step ekosisteminin gelişimine ışık tutabilecek niteliktedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma kapsamında 107T324 no'lu proje numarasıyla desteklenen TÜBİTAK projesi ile elde edilen bazı örnekler ve bu proje bulguları kullanılmıştır.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Coşkun Y 1999. Diyarbakır *Meriones tristrami* Thomas, 1892 (Rodentia: Gerbillidae) Örneklerinin Morfolojik Özellikleri. *Turk J Zool* 23: 345-355.
- Darvish J 2009. Morphometric Comparison of Fourteen Species of the Genus *Meriones* Illiger, 1811 (Gerbillinae, Rodentia) from Asia and North Africa. *Iran J Anim Biosys* 5: 59-77.
- Harrison DL 1972. The Mammals of Arabia, Volume III, Lagomorpha, Rodentia, Ernest Benn. Ltd. London, xvii+382-670 sy.
- Harrison DL, Bates PJJ 1991. The Mammals of Arabia Sevenoaks, Kent, England: Harrison Zoological Museum, 354 sy.
- Kefelioğlu H 1997. Taxonomic Status and Karyological Characters of *Meriones tristrami* Thomas, 1892 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Turk J Zool* 21: 57-62.
- Neuhäuser G 1936. Die Muriden von Kleinasien. *Z Säugetierkd* 11: 161-236.
- Sozen M, Bukhnikashvili A, Shenbrot G, Scott D, Amori G, Kryštufek B, Yigit N, Mitsain G 2016. *Meriones tristrami* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T13170A115110701. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T13170A22432669.en>.
- Thomas O 1919. Notes on Gerbils Referred to the Genus *Meriones* with Descriptions of New Species

- and Subspecies. *Ann Mag Nat Hist* 9: 263-273.
- Thomas O 1903. On Two New Muridae from Smyrna. *Ann Mag Nat Hist* 9: 188-190.
- Yiğit N, Çolak E 1998. A New Subspecies of *Meriones tristrami* Thomas, 1892 (Rodentia: Gerbillinae) from Kilis (Southeastern Turkey); *Meriones tristrami kilisensis* subsp. n. *Turk J Zool* 22: 99-103.
- Yiğit N, Çolak E, Çolak R, Saygılı Yiğit F, Çetintürk D 2018. Türkiye’de Yayılış Gösteren *Meriones Illiger* 1811 (Mammalia: Rodentia) Türlerinin Biyometrik Analizi. *Acta Biol Turc* 31(3):122-132.
- Yiğit N, Çolak E, Özkurt Ş, Sözen M 1999. *Meriones tristrami* Thomas, 1892 (Mammalia: Rodentia)’nin Dış Gelişimi, Dış Aşınımı ve Yaş Tayini. *Turk J Zool* 23 (Turkish Supplement 3): 965-971.
- Yiğit N, Çolak E, Saygılı F, Yüce D 2013. Allozyme Variations in the Genus *Meriones* (Gerbillinae: Rodentia) from Turkey. *Acta Zool Bulg* 65: 299-306.
- Yiğit N, Çolak E, Sözen M, Karataş A 2006. Rodents of Türkiye. Meteksan Co. Ankara, ISBN: 9944-5560-0-9.
- Yiğit N, Kıvanç E, Çolak E 1997. Türkiye’deki *Meriones Illiger*, 1811 (Rodentia: Gerbillinae) Türlerinin Teşhis Karakterleri ve Yayılışı. *Turk J Zool* 21: 361-374.
- Yiğit N, Kıvanç E, Çolak E 1998. Taxonomic Status of *Meriones tristrami* Thomas, 1892 (Rodentia: Gerbillinae) in Turkey. *Zool Middle East* 16: 19-30.
- Yiğit N, Saygılı Yiğit F, Çolak E, Çolak R, Çetintürk D 2016. Genetic differentiation of the *Meriones tristrami* (Mammalia: Rodentia) Subpopulations in Turkey – Inferring Allozyme Variations. *Turk J Zool* 40: 894-899.



## Acoustical Investigation of Bats in Selçuklu District of Konya Province

Mesut BAŞ<sup>1</sup>, Atilla ARSLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Applied Sciences, Selçuk University, Konya, Turkey, <sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Selçuk University, Konya, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5380-3366>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-4766-4969>

✉: [aarslan@selcuk.edu.tr](mailto:aarslan@selcuk.edu.tr)

### ABSTRACT

Based on the shape and model of echolocation calls, the acoustic definition of insectivorous bat species has become a successful tool for revealing the use of different habitats, activity and behaviour patterns. Many researchers have used ultrasonic detectors to identify bat species and assess habitat use. This method has become particularly valuable for species that are difficult to capture. In this study, a total of 3167 bat passages were recorded in the Selçuklu district of Konya province, by using an ultrasonic detector. As a result of the survey, 6 species (*Myotis myotis / blythii*, *Barbastella barbastellus*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Hypsugo savii*, *Eptesicus serotinus* and *Miniopterus schreibersii*) were analysed. *B. barbastellus* and *E. serotinus* were recorded acoustically for the first time in the study area. ANOVA analysis showed that there were no significant differences in the call parameters between the locations where *M. myotis / blythii*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus* and *M. schreibersii* species were recorded. Discriminant Function Analysis (DFA) was performed to classify 5 species (*M. myotis / blythii*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus*, *H. savii* and *M. schreibersii*). As a result of the DFA, the species were classified as 100%.

### Research Article

#### Article History

Received : 17.04.2020

Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

Analysis  
Chiroptera  
Echolocation  
Identification

## Konya İli Selçuklu İlçesindeki Yarasaların Akustik Olarak Araştırılması

### ÖZET

Ekolojasyon çağrılarının şekil ve modeline dayalı olarak böcekçil yarasa türlerini akustik yönden tanımlamak, farklı yaşam alanlarının kullanımını, etkinlik ve davranış kalıplarını ortaya çıkarmak için başarılı bir araç haline gelmiştir. Birçok araştırmacı yarasa türlerini tespit etmek ve habitat kullanımını değerlendirmek için ultrasonik dedektörleri kullanmış ve bu yöntem özellikle yakalanması zor türler için değerli hale gelmiştir. Konya ili Selçuklu ilçesinde ultrasonik dedektör kullanılarak yapılan çalışmada, toplam 3167 yarasa geçişi kaydedilmiştir. Çalışma sonucunda 6 tür (*Myotis myotis / blythii*, *Barbastella barbastellus*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Hypsugo savii*, *Eptesicus serotinus* ve *Miniopterus schreibersii*) analiz edildi. *B. barbastellus* ve *E. serotinus* çalışma bölgesinde akustik olarak ilk defa kaydedildi. ANOVA analizi ile *M. myotis / blythii*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus* ve *M. schreibersii* türlerinin çağrılarının kaydedildiği lokasyonlar arasında çağrı parametreleri yönünden anlamlı bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. 5 türü (*M. myotis / blythii*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus*, *H. savii* ve *M. schreibersii*) sınıflandırmak için Diskriminant Fonksiyon Analizi (DFA) yapılmıştır. DFA sonucunda, türler %100 oranında sınıflandırmıştır.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 17.04.2020

Kabul Tarihi : 09.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Analiz  
Chiroptera  
Ekolojasyon  
Tanımlama

**To Cite** : Baş M, Arslan A 2021. Acoustical Investigation of Bats in Selçuklu District of Konya Province. KSU J. Agric Nat 24 (1): 186-195. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.722155>

### INTRODUCTION

Towards the end of the 18th century, Lazzaro Spallanzani showed that insectivorous bats use their ears rather than their eyes to locate obstacles or prey

(Pye, 1960). Hartridge (1920) observed bats in flight and said that they can produce high frequency calls that people cannot hear. The discovery of the echolocation started with Pierce and Griffin (1938).

Griffin (1944) added the term "echolocation" to the literature. In addition, Griffin (1958) was the first to use a "sonic amplifier" to study ultrasonic sounds. Aerial insectivorous bats are often hunted in a forest canopy, and even when mist-nets and harp traps are within the sampling range, they can easily detect and avoid such devices (MacSwiney et al., 2008). Because many species fly over mist-nets or are better than others in detecting mist-nets, they can cause sampling mistakes (Larsen et al., 2007). In habitats such as open areas, large water bodies or long canopies, sampling cannot be done easily or effectively using capture methods (Wordley et al., 2014). Therefore ultrasonic detectors can be used in areas that are difficult to sample by capture methods (Fenton, 1990; MacSwiney et al., 2008). Bats use two types of calls including social and echolocation calls. They use social calls in their communication with each other (Russ, 2012). Echolocation calls are used by microchiropteran bats (Schnitzler et al., 2003). They use echolocation calls to collect information about their prey and habitat. Echolocation calls of bat species vary according to amplitude, duration, and frequency. This variation is related to foraging strategies and mostly habitat. Bat species mainly use FM (frequency modulated), CF (constant frequency) and QCF (quasi-constant frequency) frequencies and their combinations. Bats, which are mostly foraging in a clutter habitat, generally use FM components, while those that forage in open areas care about to use QCF components in their calls. For example, *Myotis myotis* uses FM calls, while *Pipistrellus pipistrellus* uses FM / QCF combination (Russ, 2012). CF calls are used to detect targets and distinguish between moving and fixed objects (Feldhamer et al., 2007).

Bats using echolocation have species-specific calls and acoustic monitoring of bats is relatively easy (Fenton and Bell, 1981). However, structure of echolocation calls can be extremely flexible. Echolocation calls of bats are generally classified into three types: "Search phase" pulses used when searching for prey, "Approach-phase" pulses used when a prey is detected and "terminal (feed-buzz) phase" used until the detected prey is captured. "Search phase" pulses usually are emitted at a rate of 10– 20 per second. During the "approach phase", the duration of each pulse and the time between pulses decreases. In the terminal phase, the pulses continue to decrease in frequency and time intervals until the prey is captured (Harvey et al., 2011).

Identifying echolocation call of bats allows us to access unknown information about the lives of bats. For example, echolocation calls are used to help identify the species, to locate roost sites, find commuting routes and foraging areas, to study foraging behaviour, identify species distribution and monitoring annual variations in bat populations. These calls are not only

used to identify the species of bats but also used to measure male reproductive success, as well as to assess the male's conservation behaviour and the female's choice of mate. It can also give an idea of female and young interactions, food competition at foraging sites and levels of distress levels (Russ, 2012).

A total of 39 bat species were recorded by different researchers in Turkey (Çoraman et al., 2013; Yorulmaz and Arslan, 2016; IUCN 2020). Overall, 13 of these species were identified in Konya. These species were *Rhinolophus ferrumequinum*, *R. hipposideros*, *Myotis myotis*, *M. mystacinus*, *M. emerginatus*, *M. capaccinii*, *M. aurascens*, *M. blythii*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Hypsugo savii*, *Plecotus auritus*, *Miniopterus schreibersii* and *Tadarida teniotis* (von Helversen, 1989; Albayrak, 1993; Benda and Karataş, 2005; Aşan Baydemir and Albayrak, 2006).

Although there are many studies about the acoustic identification of bats in the world today, studies in Turkey are limited. The purpose of this study was to determine and classify the bat species that is spread in Selçuklu District of Konya province acoustically.

## MATERIALS and METHODS

### Field recordings

This study was conducted in Selçuklu district of Konya province (between 36° 52' N and 32° 29' E). 28 different locations were determined to study the bat activity. This study was conducted in open areas. There is no forest and residential area in the habitat. All calls were recorded between April and October. To avoid recording the same bats, only calls recorded one night were analysed. The study was conducted with the permission of Republic of Turkey, Ministry of Forest, and Water Works (Permit no. 21264211-288.04-E.346220). This permission also replaces the permission of the local ethics committee. Bat activity was monitored with the Batcorder 3.1 (EcoObs GmbH, Nuremberg, Germany). This detector can record sound in the 16-150 kHz range.

The detector was mounted on a rod to prevent bat calls from recording echoes reflected from a surface (Figure1). Records were made at distances higher than three meters from reflecting surfaces such as ground surfaces, trees, or water. The device is located at open areas where there is no clutter at all records points (Brabant et al., 2018). The detector was set to automatically record calls from sunset to sunrise.

### Sound analysis

BcAdmin 3.0 (EcoObs GmbH) and bcAnalyze2 (EcoObs GmbH) software were used for the extraction, analysis and automated identification of recorded audio files including bat calls. In the analysis, echolocation calls in the search phase of bats were used. From all records, files that did not contain bat pass were extracted first.

During the identification process, consisting of less than 2 call signals made by individuals of a species, all indeterminate and fragmented call sequences were removed due to intraspecific and interspecific call diversity. A sequence of call signals emitted by one or more bats during a single recording event was defined as a 'call'. To describe the multiple species recorded in a single file, each call file was independently examined to identify all species. Where the call files are indefinite, fragmented, or where less than 2 call signs occur, they are defined as "unknown bats". Sequences containing two or more consecutive call signals of 90% or higher quality were identified as species and the best quality call signal was selected in the sequences.



Figure 1. Detector mounted on a dead tree  
Şekil 1. Ölü bir ağaca monte edilmiş dedektör

Six parameters were measured for each call: Start Frequency ( $F_{start}$ ), End Frequency ( $F_{end}$ ), Peak Frequency ( $F_{peak}$ ), Duration (D), Inter-Pulse Interval (IPI), Mean Frequency ( $F_{mean}$ ) (Vaughan et al., 1997; Parsons and Jones, 2000; Russo and Jones, 2002; Obrist et al., 2004; Papadatou et al., 2008; Redgwell et al., 2009; Russ, 2012).

### Statistical analysis

Statistical analyses were performed using IBM SPSS 22.0. The values of 6 parameters (D, IPI,  $F_{start}$ ,  $F_{end}$ ,  $F_{mean}$ ,  $F_{peak}$ ) of each bat species obtained as a result of the analysis of bat calls were studied separately. ANOVA (One Way) analysis was used to test whether at least one of these locations was different from the

others. This analysis was performed for 4 species detected in more than 10 in each location (*Barbastella barbastellus*, *Myotis myotis / blythii*, *Miniopterus schreibersii* and *Pipistrellus pipistrellus*). *B. barbastellus* and *E. serotinus* could not be evaluated statistically because there is not enough data. Shapiro-Wilk test was used to research normality in small sample sizes. In addition to the Shapiro-Wilk test, Skewness and Kurtosis values were also researched. ANOVA was used for normally distributed variables and Kruskal-Wallis test, which is the non-parametric equivalent of ANOVA, for variables that was not normally distributed or did not have homogeneous variances. In ANOVA analysis, homogeneity was checked by Levene Statistics. Post Hoc test was used to detect the sources of difference between the groups. If the variance of the parameters to be tested was homogeneously distributed, Bonferroni test was used in Post Hoc test. Discriminant Function Analysis was used to classify the calls belonging to different groups. Variables of 5 species with sufficient sample size were included in the tests (*M. myotis / blythii*, *M. schreibersii*, *P. pipistrellus*, *H. savii* and *B. barbastellus*). *E. serotinus* could not be evaluated statistically because there is not enough data.

### RESULTS

As a result of passive acoustic listening performed for 28 nights in the study area, approximately 3167 bat passes were recorded. As a result of the extraction and analysis, 6 species were identified with the probability estimated by over 90% by Batident 3.0 (EcoObs GmbH) and bcAnalyze2 (EcoObs GmbH) software. These species are *M. myotis / blythii*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus*, *H. savii*, *E. serotinus* and *M. schreibersii*. "Unknown bat" passes were 65.61% (2079) of all analysed passes. The distribution of other genera and species identified are as follows: *Myotis sp.* 15.16% (480), *Pipistrellus*, *Hypsugo* and *Miniopterus* 4.42% (140), *Nyctalus*, *Eptesicus* and *Vespertilio sp.* 1.45% (46), *M. schreibersii* 6.66% (211), *M. myotis / blythii* 4.70% (149), *P. pipistrellus* 0.88% (28), *B. barbastellus* 0.79% (25), *H. savii* 0.22% (7) and *E. serotinus* 0.06% (2).

Time and frequency statistics were formed as a result of the analysis of the classified species (Table 1). According to these statistics, *M. schreibersii* ( $F_{start}$  75.50 kHz,  $F_{end}$  50.05 kHz,  $F_{mean}$  51.54 kHz and  $F_{peak}$  51.04 kHz) had the highest average. The lowest  $F_{start}$  was found in *B. barbastellus* (36.79 kHz). The lowest  $F_{end}$  was *M. myotis / blythii* (26.13 kHz). The lowest  $F_{mean}$  and  $F_{peak}$  were found in *E. serotinus* ( $F_{mean}$  32.10 kHz and  $F_{peak}$  29.21 kHz).

Frequency duration (D) belonged to the highest *H. savii* (9.40 ms) and the lowest *B. barbastellus* (2.02 ms). The most variable parameter was IPI values. Except *E. serotinus*, the difference between the lowest



and highest values of IPI values were very high in other species. The IPI value was found in the highest *P. pipistrellus* (212.14 ms) and the lowest *B. barbastellus* (106.28 ms) (Table 1). When all

parameters were compared between species, there were no similarities between  $F_{start}$ ,  $F_{end}$  and  $F_{peak}$ . *M. myotis / blythii*'s  $F_{mean}$ , *H. savii*'s D and *B. barbastellus*' IPI values were like *E. serotinus* (Table 1).

Table 1. Descriptive statistics of time and frequency parameters of the species identified by analysis (Mean,  $\pm$  standard deviation (SD) and minimum-maximum values are shown for each parameter.)

*Çizelge 1. Analiz sonucunda tespit edilen türlerin zaman ve frekans parametrelerinin tanımlayıcı istatistikleri (Her parametre için ortalama,  $\pm$  standart sapma (SD) ve minimum-maksimum değerler gösterilmiştir.)*

Species	Number of calls	Call Structures	$F_{start}$ (kHz)	$F_{end}$ (kHz)	$F_{mean}$ (kHz)	$F_{peak}$ (kHz)	D (ms)	IPI (ms)
<i>B. barbastellus</i>	25	FM	36.79 ( $\pm$ 2.13)	30.50 ( $\pm$ 2.40)	32.14 ( $\pm$ 1.86)	32.24 ( $\pm$ 1.47)	2.02 ( $\pm$ 0.42)	106.28( $\pm$ 68.86)
			34.52-43.74	27.74-39.78	29.30-39.06	29.97-34.86	1.50-2.90	20-345
<i>P. pipistrellus</i>	28	FM /	52.51 ( $\pm$ 5.70)	46.28 ( $\pm$ 1.27)	46.31 ( $\pm$ 1.15)	46.40 ( $\pm$ 0.80)	7.46 ( $\pm$ 1.94)	212.14( $\pm$ 86.70)
		QCF	45.48-65.33	43.35-48.51	43.27-48.10	44.93-48.06	3.90-12.10	87-370
<i>E. serotinus</i>	2	FM /	54.53 ( $\pm$ 8.85)	27.20 ( $\pm$ 0.63)	32.10 ( $\pm$ 2.93)	29.21 ( $\pm$ 0.26)	9.00 ( $\pm$ 1.30)	119.50( $\pm$ 21.50)
		QCF	45.68-63.38	26.57-27.83	29.17-35.03	28.94-29.47	7.70-10.3	98-141
<i>H. savii</i>	7	FM /	39.18 ( $\pm$ 5.28)	34.49 ( $\pm$ 0.93)	34.40 ( $\pm$ 0.67)	34.64 ( $\pm$ 0.25)	9.40 ( $\pm$ 0.90)	193.43( $\pm$ 76.66)
		QCF	34.10-51.38	33.16-35.65	33.80-35.89	34.20-35.02	7.80-10.80	99-334
<i>M. schreibersii</i>	211	FM /	75.50 ( $\pm$ 8.58)	50.05 ( $\pm$ 1.43)	51.54 ( $\pm$ 1.04)	51.04 ( $\pm$ 0.82)	7.01 ( $\pm$ 1.42)	202.33( $\pm$ 85.01)
		QCF	58.58-101.07	46.28-53.87	48.89-54.93	48.89-54.06	3.90-10.70	25-438
<i>M. myotis / blythii</i>	149	FM	63.04 ( $\pm$ 4.34)	26.13 ( $\pm$ 1.30)	33.26 ( $\pm$ 3.18)	33.98 ( $\pm$ 0.92)	7.97 ( $\pm$ 0.87)	142.78( $\pm$ 55.26)
			51.90-72.48	23.62-29.93	28.20-38.45	32.22-39.22	5.60-10.00	51-345

$F_{peak}$  values in the statistics were obtained manually from the peaks in the power spectra. The  $F_{peak}$  point of *M. myotis / blythii* is not apparent in the power spectrum (Figure 2.A).

The bats analysed according to the call structures were divided into two groups as FM calls (*M. myotis / blythii* and *B. barbastellus*) and FM / QCF calls (*M. schreibersii*, *P. pipistrellus*, *H. savii* and *E. serotinus*).

*M. myotis / blythii* and *B. barbastellus* emitted typical short and steep sigmoid FM calls (Figure 2.A). The calls of *M. schreibersii*, *P. pipistrellus*, *H. savii* and *E. serotinus* were characterized by two components consisting of a vertical frequency modulation (FM) followed by a shallow frequency modulation (QCF) (Figure 2.B, 1.C, 1.D, 1.E and 1.F). The FM part was more prominent in *P. pipistrellus* and *M. schreibersii* calls than other species (Figure 2.E and 1.F). *H. savii*'s echolocation calls are often characterized by a narrow bandwidth and a longer duration (Figure 2.D).

### Analysis Results

Before ANOVA test, normality test was performed for call parameters of *B. barbastellus*, *M. myotis / blythii*, *M. schreibersii* and *P. pipistrellus*. As a result of the normality test, IPI (Shapiro Wilk  $p = 0.000$ , Skewness: 1.468, Kurtosis: 2.909) and  $F_{mean}$  (Shapiro Wilk:  $p = 0.000$ , Skewness: - 0.016, Kurtosis: - 1.650) parameters of *M. myotis / blythii* did not show normal distribution.

Before the ANOVA test, Levene Statistics test was used to control whether the variances of the groups were distributed homogeneously. The groups were homogeneous in all parameters except *M. schreibersii*'s  $F_{start}$  value ( $p = 0.024$ ), *M. myotis /*

*blythii*'s IPI ( $p = 0.000$ ) and  $F_{mean}$  value ( $p = 0.016$ ).

As a result of the ANOVA analysis, there was no significant difference except for  $F_{start}$  ( $df = 7$ ,  $F = 3083$ ,  $p = 0.005$ ) and  $F_{end}$  ( $df = 7$ ,  $F = 3027$ ,  $p = 0.006$ ) parameters of *M. myotis / blythii*. Post-Hoc (Benferroni) test was used to find the source of the difference in  $F_{start}$  and  $F_{end}$  parameters of *M. myotis / blythii*. There was a significant difference between the 20 and 28 locations in both parameters.

According to Kruskal-Wallis analysis of non-normal distribution parameters, there was no significant difference between these groups for IPI (Chi-square = 11.314,  $df = 7$ , Asymp. sig. = 0.165) and  $F_{mean}$  (Chi-square = 13.295,  $df = 7$ , Asymp. sig. = 0.125) parameters of *M. myotis / blythii* and  $F_{start}$  (Chi-square = 16.382,  $df = 10$ , Asymp. sig. = 0.089) parameter of *M. schreibersii*.

Discriminant Function Analysis (DFA) was applied to classify 5 species (*M. myotis / blythii*, *M. schreibersii*, *P. pipistrellus*, *H. savii* and *B. barbastellus*) with sufficient sample size according to 6 parameters (D, IPI,  $F_{start}$ ,  $F_{end}$ ,  $F_{mean}$  and  $F_{peak}$ ). There was no correlation between the groups (Table 2). The relationship between the DFA results and the groups was decided by looking at the Eigenvalues Table (Table 3). DFA calculated 4 functions between groups. The Canonical Correlation value of function 1 was 0.998.

To interpret this value, the square of the Canonical Correlation value ( $0.998^2 = 0.996$ ) was calculated. Briefly, the first function can explain 99.6% of the variance in the dependent variable.



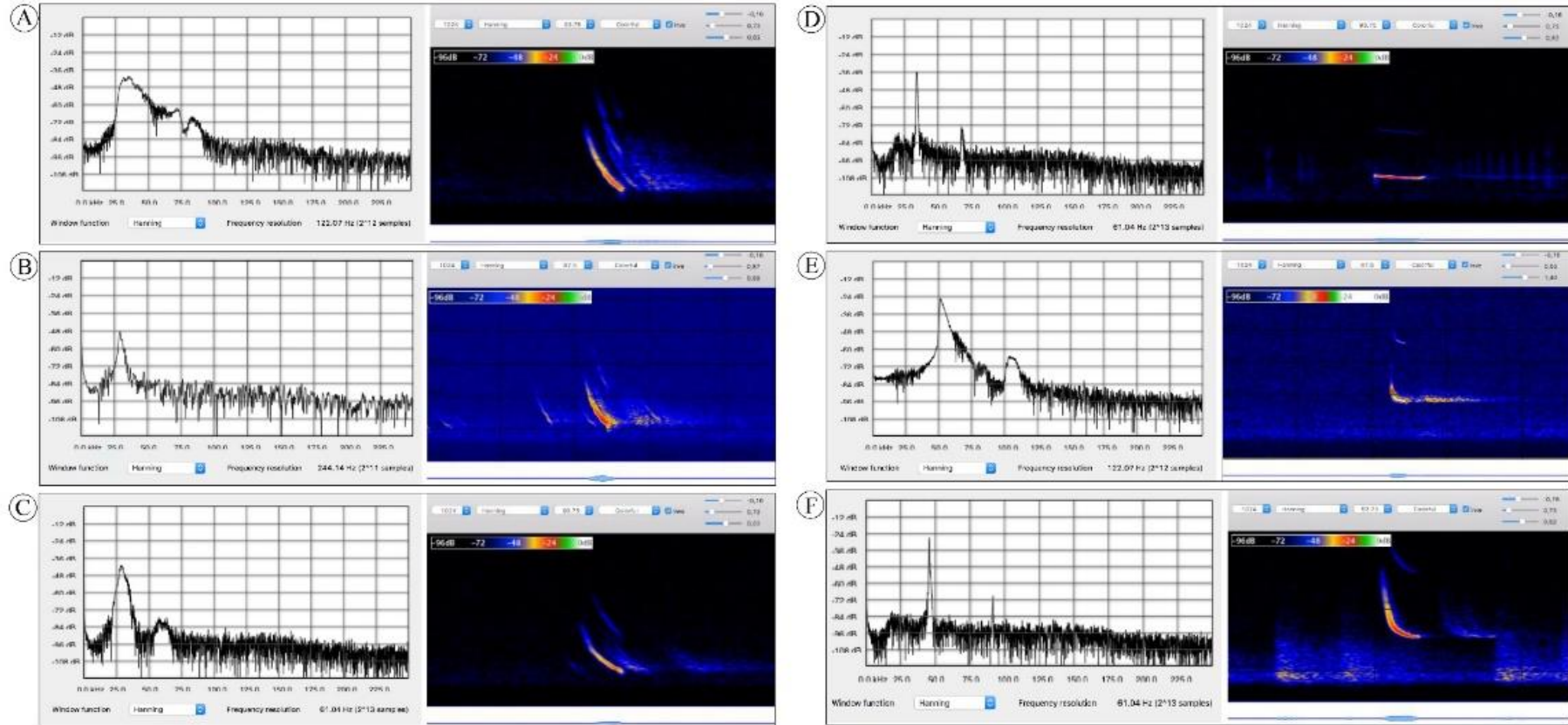


Figure 2. Power spectrum and sonogram of *M. myotis/blythii* (A), *B. barbastellus* (B), *E. serotinus* (C), *H. savii* (D), *M. schreibersii* (E), *P. pipistrellus* (F)  
Şekil 2. *M. myotis/blythii* (A), *B. barbastellus* (B), *E. serotinus* (C), *H. savii* (D), *M. schreibersii* (E) ve *P. pipistrellus* (F) 'a ait güç spektrumu ve sonogram

Table 2. Pooled within-groups matrices  
 Çizelge 2. Havuz içi grup matrisleri

		D (ms)	IPI (ms)	F <sub>start</sub> (kHz)	F <sub>end</sub> (kHz)	F <sub>mean</sub> (kHz)	F <sub>peak</sub> (kHz)
Correlation	D (ms)	1.000	.182	-.261	-.234	-.444	-.446
	IPI (ms)	.182	1.000	-.329	-.118	-.110	-.199
	F <sub>start</sub> (kHz)	-.261	-.329	1.000	.220	.131	.333
	F <sub>end</sub> (kHz)	-.234	-.118	.220	1.000	.292	.344
	F <sub>mean</sub> kHz)	-.444	-.110	.131	.292	1.000	.330
	F <sub>peak</sub> (kHz)	-.446	-.199	.333	.344	.330	1.000

Table 3. Eigenvalues  
 Çizelge 3. Özdeğerler

Function	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %	Canonical Correlation
1	206.973	97.7	97.7	.998
2	4.433	2.1	99.8	.903
3	.453	.2	100.0	.558
4	.012	.0	100.0	.110

The second function ( $0.903^2 = 0.815$ ) can explain 81.5% of the variance in the dependent variable. 97.7% of the explained variance was explained by the first function and 2.1% by the second function. Table 4 shows the importance of independent variables when estimating the dependent variable. In this table, the IPI variable is not included in the list because it is not important compared to other variables. In addition, this table shows how important variables are when forming functions. The most important variable in the

formation of the first function was F<sub>peak</sub> (0.965). Then the variables D (0.503), F<sub>end</sub> (0.337) and F<sub>mean</sub> (0.125) were effective. The least significant variable was F<sub>start</sub> (-0.207) parameter. Figure 3 shows how much the groups formed by functions 1 and 2 in Tables 3 and 4 can be separated from each other. DFA results are given in Table 5. These results indicate that the calls obtained in the study (371 calls) are 100% accurate by species.

Table 4. Standardized canonical discriminant function coefficients  
 Çizelge 4. Standardize edilmiş kanonik diskriminant fonksiyon analizi

	Function			
	1	2	3	4
D (ms)	.503	.858	.673	.000
F <sub>start</sub> (kHz)	-.207	.760	-.543	.479
F <sub>end</sub> (kHz)	.337	-.365	.326	.628
F <sub>mean</sub> kHz)	.125	.528	.025	-.805
F <sub>peak</sub> (kHz)	.965	-.007	-.167	-.171

Table 5. Discriminant function analysis results  
 Çizelge 5. Diskriminant fonksiyon analizi sonuçları

Species	Predicted Group Membership					Total
	<i>M. myotis / blythii</i>	<i>M. schreibersii</i>	<i>P. pipistrellus</i>	<i>B. barbastellus</i>	<i>H. savii</i>	
<i>M. myotis / blythii</i>	134	0	0	0	0	134
<i>M. schreibersii</i>	0	187	0	0	0	187
<i>P. pipistrellus</i>	0	0	21	0	0	21
<i>B. barbastellus</i>	0	0	0	23	0	23
<i>H. savii</i>	0	0	0	0	6	6
%						
<i>M. myotis / blythii</i>	100.0	.0	.0	.0	.0	100.0
<i>M. schreibersii</i>	.0	100.0	.0	.0	.0	100.0
<i>P. pipistrellus</i>	.0	.0	100.0	.0	.0	100.0
<i>B. barbastellus</i>	.0	.0	.0	100.0	.0	100.0
<i>H. savii</i>	.0	.0	.0	.0	100.0	100.0

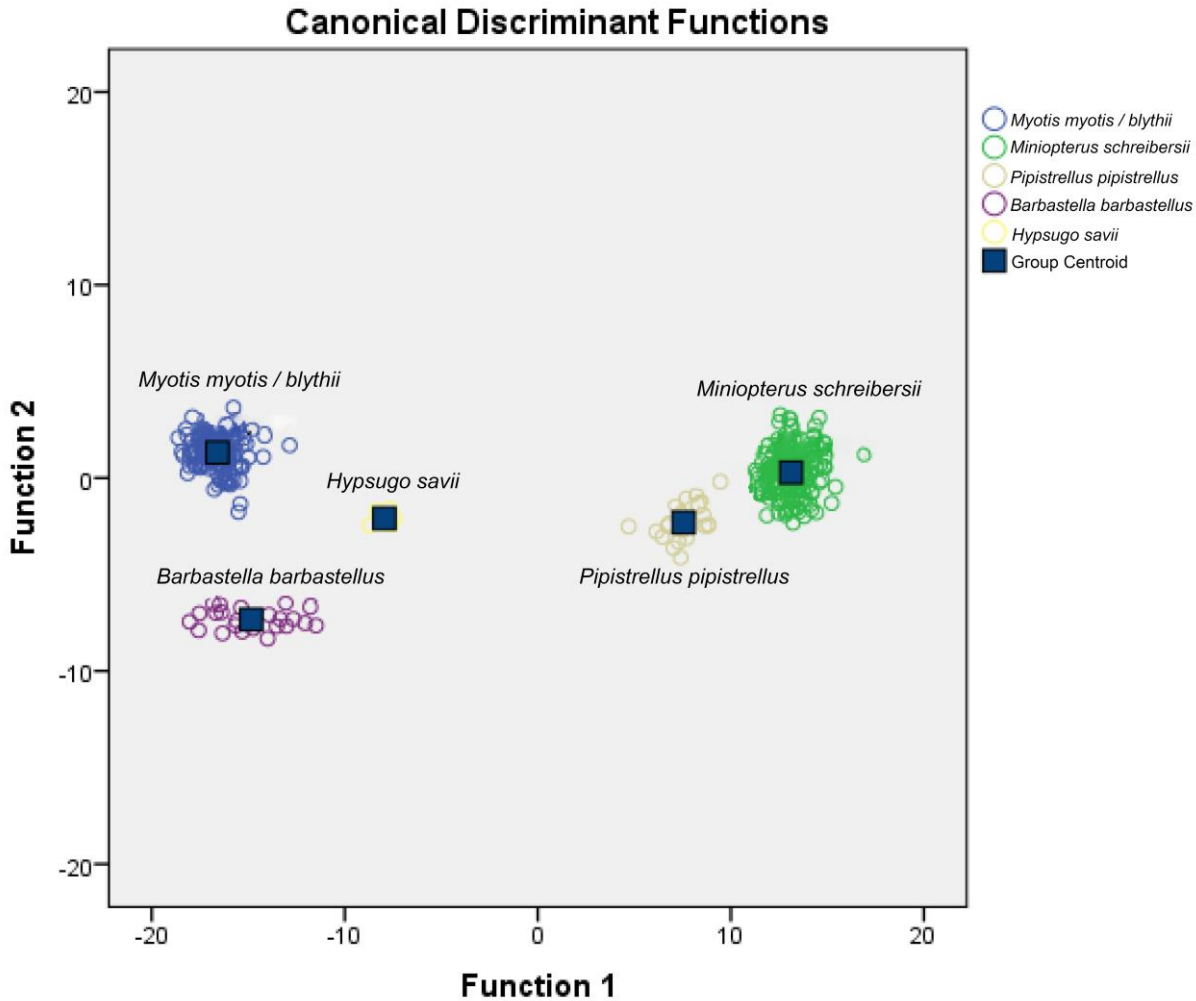


Figure 3. Canonical Discriminant Functions  
Şekil 3. Kanonik Diskriminant Fonksiyonları

### DISCUSSION and CONCLUSION

Since *M. myotis* and *M. blythii* are sibling species, it is difficult to distinguish acoustically (Russo and Jones, 2002; Russo et al., 2007; Bader et al., 2018). Therefore, the results of *M. myotis* and *M. blythii* in this study were given as *M. myotis / blythii*. As a result of the extraction and analysis, in this study, if *M. myotis* and *M. blythii* were accepted together, 6 species (*M. myotis / blythii*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus*, *H. savii* and *E. serotinus* from the family Vespertilionidae; *M. schreibersii* of the family Miniopteridae) were analysed.

ANOVA and Kruskal-Wallis tests of the analysed species showed that there was no significant difference between the locations of each species for other parameters except  $F_{start}$  and  $F_{end}$  parameters of *M. myotis / blythii*. By using Post Hoc (Benferroni) test, it was determined which locations were the difference in  $F_{start}$  and  $F_{end}$  parameters of *M. myotis / blythii*.

When the results of *M. myotis / blythii* obtained were compared with the studies in Italy (Russo and Jones,

2002), Switzerland (Obrist et al., 2004) and Greece (Papadatou et al., 2008); The frequency duration (D) results were similar to the study in Switzerland, but were approximately 3 ms higher than in Italy and Greece. While the  $F_{start}$  in this study was like Italy, it was about 10 kHz lower than the studies in Switzerland and Greece. The results of the  $F_{end}$  were like those in Italy and Greece, but about 2 kHz higher than in Switzerland. The  $F_{peak}$  was like the studies in Italy, Switzerland, and Greece. The IPI was only available in studies in Italy and Greece and was like both.

The results of *B. barbastellus* were similar to those reported in studies in Italy (Russo and Jones, 2002) and the UK (Parsons and Jones, 2000; Parsons, 2004; Redgwell et al., 2009). Only D was about 1 ms lower than (Russo and Jones, 2002). In their studies of Parsons and Jones (2000) and Russo and Jones (2002) reported both the FM and FM / QCF call types of *B. barbastellus*. In this study, only FM type calls were observed. There was no direct observation of *B.*

*barbastellus* in this region. The closest to this region was observed in Nevşehir (Benda and Horáček, 1998). The presence of *B. barbastellus* in this area should be directly observed.

*P. pipistrellus* was compared with the results of studies in Greece (Papadatou et al., 2008), Switzerland (Obrist et al., 2004), Italy (Russo and Jones, 2002) and England (Vaughan et al., 1997; Parsons and Jones, 2000; Redgwell et al., 2009). The D was like studies in Greece, Switzerland, Italy, and the UK. Only, it was approximately 3 ms higher than the study of Parsons and Jones (2000).  $F_{start}$  was approximately 20 kHz lower than other studies.  $F_{end}$  was about 2 kHz higher than in Switzerland.  $F_{peak}$  and  $F_{mean}$  were like those reported in other studies.

The results of *H. savii* were similar with the results of studies in Italy (Russo and Jones, 2002), Switzerland (Obrist et al., 2004) and Greece (Papadatou et al., 2008). D was about 1 ms higher than in Greece.  $F_{end}$  is about 3 kHz lower than the study in Switzerland.

Studies on *E. serotinus* in Greece (Papadatou et al., 2008), Switzerland (Obrist et al., 2004), Italy (Russo and Jones, 2002) and the UK (Parsons and Jones, 2000; Redgwell et al., 2009; Vaughan et al., 1997) had similar results. The D was about 1 ms lower than the results of Vaughan et al. (1997) and Parsons and Jones (2000) from the UK. The results of IPI,  $F_{start}$  and  $F_{mean}$  were similar with other studies. The  $F_{end}$  was about 4 kHz higher than in Switzerland. The  $F_{peak}$  was about 3 kHz lower than Parsons and Jones (2000). In this study, two echolocation calls of *E. serotinus* were analysed. *E. serotinus* was recorded in Ankara (Albayrak, 1985; von Helversen, 1989; Benda and Horáček, 1998; Aşan Baydemir and Albayrak, 2006), Eskişehir (Benda and Horáček, 1998) and Niğde (Karataş and Sözen, 2006), which are closest to the study area. It is also likely to be present in this area but needs to be confirmed by direct observation.

The results of *M. schreibersii* were compared with the results of studies in Italy (Russo and Jones, 2002), Switzerland (Obrist et al., 2004), Greece (Papadatou et al., 2008) and Turkey (Furman et al., 2010). The results were almost similar with results of other studies, except Turkey. Other parameters except  $F_{end}$  in study of Turkey was not similar with the results in this study. The difference may be due to the fact that Furman et al. (2010) made his recordings in flight rooms and hand-released bats.

In this study, most of the time and spectral measurements taken from the calls were similar with the results of previous studies (Vaughan et al., 1997; Parsons and Jones, 2000; von Helversen et al., 2001; Russo and Jones, 2002; Obrist et al., 2004; Parsons, 2004; Papadatou et al., 2008; Redgwell et al., 2009; Furman et al., 2010; Russ, 2012; Hafner et al., 2015; Nyssen et al., 2015). The differences were usually

small. This can easily be explained by the flexibility of the call structure. Since sufficient information about habitat structures of previous studies could not be obtained, it was not possible to compare habitats. In addition, different bat detectors used in researches can be effective in different results. As acoustic clutter increases, calls become shorter and broadband, and the frequency rate increases (Rydell, 1990; Kalko and Schnitzler, 1993). Morphology also affects call design and may lead to convergence between morphologically similar species in call design (Jones, 1996). Age has been shown to have an effect on the echolocation calls of bats regardless of morphology (Jones et al., 1992).

The success of the DFA statistical results in the classification of species in this study was close to or higher than previous studies in which the DFA was used (Parsons and Jones, 2000; Papadatou et al., 2008; Redgwell et al., 2009). Reasons why DFA has achieved higher accuracy than other studies may be relatively few species are used in the classification and 90% quality calls are selected for extraction. The results of DFA may be an appropriate method for the acoustic identification of the species in the Selçuklu district. This study shows that it is possible to examine species-specific habitat use models of bats using acoustic monitoring only in this study area.

As a result of the acoustic studies, it is possible to obtain information about species diversity and activity density in bats' natural environments without disturbing them. More intensive studies of this kind will allow us to learn more about the habitats of bats.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by grants from the Coordination Committee of Scientific Research Projects (BAP No: 18201118) of Selçuk University. This study is summarized from Mesut BAŞ's master thesis.

## Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

## Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

## REFERENCES

- Albayrak İ 1985. Researches on Bats of Ankara Province (Mammalia: Chiroptera). De la Faculte des Sciences de L'Universite D'Ankara, Serie C: Biologie 3: 1-20.
- Albayrak İ 1993. The Bats of Western Turkey and Their Distribution (Mammalia: Chiroptera). Turkish Journal of Zoology 17: 237-257.
- Aşan Baydemir N, Albayrak İ 2006. A Study on the Breeding Biology of Some Bat Species in Turkey (Mammalia: Chiroptera). Turkish Journal of



- Zoology 30: 103-110.
- Bader E, Bontadina F, Frey-Ehrenbold A, Schönbächler C, Zingg PE et al. 2018. Guidelines for the Recording, Analysis and Validation of Bat Calls in Switzerland. Report of the Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG.
- Benda P, Horáček I 1998. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part 1: Review of Distribution and Taxonomy of Bats in Turkey. *Acta Societas Zoologicae Bohemicae* 62: 255-313.
- Benda P, Karataş A 2005. On Some Mediterranean Populations of Bats of the *Myotis mystacinus* Morphogroup (Chiroptera: Vespertilionidae), *Lynx* (Praha), 36: 9-38.
- Brabant R, Laurent Y, Dolap U, Degraer S, Poerink BJ 2018. Comparing the Results of Four Widely Used Automated Bat Identification Software Programs to Identify Nine Bat Species in Coastal Western Europe. *Belgian Journal of Zoology* 148(2):121.
- Çoraman E, Furman A, Karataş A, Bilgin R 2013. Phylogeographic Analysis of Anatolian Bats Highlights the Importance of the Region for Preserving the Chiropteran Mitochondrial Genetic Diversity in the Western Palaearctic. *Conservation Genetics* 14: 1205-1216.
- Feldhamer GA, Drickamer LC, Vessey SH, Merritt JF And Krajewski C 2007. *Mammalogy: Adaptation, Diversity, Ecology*. 3rd Edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimor, Maryland.
- Fenton MB 1990. The Foraging Behaviour and Ecology of Animal-Eating Bats. *Canadian Journal of Zoology* 68: 411-422.
- Fenton MB, Bell GP 1981. Recognition of Species of Insectivorous Bats by Their Echolocation Calls. *Journal of Mammalogy* 62: 233-243.
- Furman A, Postawa T, Öztunç T, Çoraman E 2010. Cryptic Diversity of the Bent-Wing Bat, *Miniopterus schreibersii* (Chiroptera: Vespertilionidae), in Asia Minor. *BMC Evolutionary Biology* 10: 121.
- Griffin DR 1944. Echolocation by Blind Men, Bats and Radar. *Science*, 100(2609): 589-590.
- Griffin DR 1958. Listening in the Dark: the Acoustic Orientation of Bats and Men.
- Griffin DR, Webster FA, Michael CR 1960. The Echolocation of Flying Insects by Bats. *Animal Behaviour* 8: 141-154.
- Hafner J, Dietz C, Schnitzler HU, Denzinger A 2015. Das Echoortungsverhalten der Nymphenfledermaus *Myotis alcaethoe*. *Verbreitung und Ökologie der Nymphenfledermaus* 27.
- Hartridge H, 1920. The Avoidance of Objects by Bats in Their Flight. *The Journal of Physiology* 54(1-2): 54-57.
- Harvey MJ, Altenbach JS, Best TL 2011. *Bats of the United States and Canada*. Johns Hopkins University Press 15.
- IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020–1. <https://www.iucnredlist.org/search/list?taxonomies=100265searchType=species>
- Jones G 1996. Does Echolocation Constrain the Evolution of Body Size in Bats? (In: *Symposia of the Zoological Society of London*. London: The Society, 1960-1999) 111-128.
- Jones G, Gordon T, Nightingale J 1992. Sex and Age Differences in the Echolocation Calls of the Lesser Horseshoe Bat, *Rhinolophus hipposideros*. *Mammalia* 56: 189-194.
- Kalko EK, Schnitzler HU 1993. Plasticity in Echolocation Signals of European Pipistrelle Bats in Search Flight: Implications for Habitat Use and Prey Detection. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 33: 415-428.
- Karataş A, Sözen M 2006. Bats of the Middle and Upper Kızılırmak Regions, Central Anatolia, Turkey (Chiroptera). *Lynx* (Praha) 37: 151-159.
- Larsen RJ, Boegler KA, Genoways HH, Masefield WP, Kirsch RA et al. 2007. Mist Netting Bias, Species Accumulation Curves, and the Rediscovery of Two Bats on Montserrat (*Lesser antilles*). *Acta Chiropterologica* 9: 423-435.
- Macswiney G, Cristina M, Clarke FM, Racey PA 2008. What You See is Not What You Get: The Role of Ultrasonic Detectors in Increasing Inventory Completeness in Neotropical Bat Assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45: 1364-1371.
- Nyssen P, Smits Q, Van De Sijpe M, Vandendriessche B, Halfmaerten D et al. 2015. First Records of *Myotis alcaethoe* Von Helversen & Heller, 2001 in Belgium. *Belgian Journal of Zoology* 145: 130-136.
- Obrist MK, Boesch R, Flückiger PF 2004. Variability in Echolocation Call Design of 26 Swiss Bat Species: Consequences, Limits and Options for Automated Field Identification with a Synergetic Pattern Recognition Approach. *Mammalia Mamm* 68: 307-322.
- Papadatou E, Butlin RK, Altringham JD 2008. Identification of Bat Species in Greece from Their Echolocation Calls. *Acta Chiropterologica* 10: 127-143.
- Parsons S 2004. Signal Processing Techniques for Species Identification. *Bat Echolocation Research: Tools, Techniques and Analysis* 114.
- Parsons S, Jones G 2000. Acoustic Identification of Twelve Species of Echolocating Bat by Discriminant Function Analysis and Artificial Neural Networks. *Journal of Experimental Biology* 203: 2641-2656.
- Pierce GW, Griffin DR 1938. Experimental Determination of Supersonic Notes Emitted by Bats. *Journal of Mammalogy* 19(4): 454-455.
- Pye JD 1960. A Theory of Echolocation by Bats. *The Journal of Laryngology & Otology* 74(10): 718-729.
- Redgwell R, Szewczak J, Jones G, Parsons S 2009. Classification of Echolocation Calls from 14 Species of Bat by Support Vector Machines and Ensembles

- of Neural Networks. Algorithms 2: 907-924.
- Russ J 2012. British Bat Calls: A Guide to Species Identification. Pelagic Publishing.
- Russo D, Jones G 2002. Identification of Twenty-Two Bat Species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by Analysis of Time-Expanded Recordings of Echolocation Calls. Journal of Zoology 258: 91-103.
- Russo D, Jones G, Arlettaz R 2007. Echolocation and Passive Listening by Foraging Mouse-Eared Bats *Myotis myotis* and *M. blythii*. Journal of Experimental Biology 210: 166-176.
- Rydell J 1990. Behavioural Variation in Echolocation Pulses of the Northern Bat, *Eptesicus nilssonii*. Ethology 85: 103-113.
- Schnitzler H-U, Moss CF, Denzinger A 2003. From Spatial Orientation to Food Acquisition in Echolocating Bats. Trends in Ecology & Evolution 18(8): 386-394.
- Vaughan N, Jones G, Harris S 1997. Identification of British Bat Species by Multivariate Analysis of Echolocation Call Parameters. Bioacoustics 7: 189-207.
- Von Helversen O 1989. New Records of Bats (Chiroptera) from Turkey. Zoology in the Middle East 3: 5-18.
- Von Helversen O, Heller K-G, Mayer F, Nemeth A, Volleth M et al. 2001. Cryptic Mammalian Species: A New Species of Whiskered Bat (*Myotis alcathoe* n. sp.) in Europe. Naturwissenschaften 88: 217-223.
- Yorulmaz T, Arslan N, 2016. Türkiye Yarasalarının (Mammalia: Chiroptera) Son Durumu ve Ulusal Korunma Statüleri İçin Öneriler (Poster Sunum) 23. Ulusal Biyoloji Kongresi, 5-9 Eylül 2016, Gaziantep.
- Wordley CF, Foui EK, Mudappa D, Sankaran M, Altringham JD 2014. Acoustic Identification of Bats in the Southern Western Ghats, India. Acta Chiropterologica 16: 213-222.

## Antioxidant Potential and Element Contents of Wild Mushroom *Tricholoma imbricatum*

Celal BAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oğuzeli Vocational School, Gaziantep University, Gaziantep Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-6856-3254>

✉: [bal@gantep.edu.tr](mailto:bal@gantep.edu.tr)

### ABSTRACT

In this study, antioxidant and oxidant levels of wild mushroom *Tricholoma imbricatum* (F.) P. Kumm. were determined. In addition, the levels of Cu, Fe, Ni, Pb and Zn that they accumulated in their body were determined. In this context, antioxidant and oxidant status were determined using TAS and TOS kits. Element contents were measured using atomic absorption spectrometry. As a result of the studies, it was determined that TAS value of *T. imbricatum* was  $3.474 \pm 0.049$ , TOS value was  $15.257 \pm 0.117$  and OSI value was  $0.439 \pm 0.003$ . Also, it has been determined that the mushroom could be a natural antioxidant source. In addition, it has been observed that the levels of elements accumulated within the fruiting body were at normal levels for wild mushrooms. As a result, it was thought that *T. imbricatum* could be used as a natural agent in pharmacological research because of its antioxidant potential.

### Research Article

#### Article History

Received : 06.06.2020

Accepted : 17.07.2020

#### Keywords

Antioxidant,  
Oxidant  
Heavy metal,  
*Tricholoma imbricatum*,  
Wild mushroom

## Doğal Mantar *Tricholoma imbricatum*'ün Antioksidan Potansiyeli ve Element İçerikleri

### ÖZET

Bu çalışmada doğal mantar *Tricholoma imbricatum* (F.) P.Kumm.'ün antioksidan ve oksidan seviyeleri belirlenmiştir. Ayrıca bünyesinde biriktirdikleri Cu, Fe, Ni, Pb and Zn seviyeleri tespit edilmiştir. Bu kapsamda antioksidan ve oksidan seviyeleri TAS ve TOS kitleri kullanılarak belirlendi. Element içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda *T. imbricatum*'ün TAS değerinin  $3.474 \pm 0.049$ , TOS değerinin  $15.257 \pm 0.117$  ve OSI değerinin ise  $0.439 \pm 0.003$  olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda mantarın doğal antioksidan kaynak olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca bünyesinde biriktirdiği element seviyelerinin wild mantarlar için normal düzeylerde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak *T. imbricatum*'ün antioksidan potansiyelinden dolayı farmakolojik araştırmalarda doğal ajan olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 06.06.2020

Kabul Tarihi : 17.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Antioksidan,  
Oksidan  
Ağır metal,  
*Tricholoma imbricatum*,  
Doğal mantar

**To Cite** : Bal C 2021. Antioxidant Potential and Element Content of Wild Mushroom *Tricholoma imbricatum*. KSU J. Agric Nat 24 (1): 196-199. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.748865>.

### INTRODUCTION

Mushrooms have long been considered a delicious, nutritious food product consumed by different communities around the world. In ancient beliefs, according to the Egyptians, it was seen as the “Gift of God” and according to the Chinese, it is seen as the “Elixir of Life”. In addition, they have accepted the mushrooms as an insidious poison by the societies for centuries and they have been very frightened in mushroom consumption (Sevindik et al., 2018a; Fakoya et al., 2020). In countries where wild mushrooms are dense, consumption is high. In addition to their nutritional value, many edible mushrooms have long been used for medicinal purposes. It has also gained significant medical use in

many inedible species. Today, there are at least 270 species of fungi that are known to have various therapeutic properties (Ying et al., 1987; Singh et al., 2020). In studies on mushrooms, it has been reported to be antioxidant, antitumor, antimicrobial, anti-aromatase activity, anti-inflammatory activity, free-radical scavenging activity, antiproliferative activity (Cheung et al., 2003; Ngai et al., 2004; Chen et al., 2006; Zhang et al., 2007; Barros et al., 2007; Moro et al., 2012; Bal et al., 2017; Sevindik et al., 2018b). *Tricholoma imbricatum* (F.) P.Kumm., usually found under Pinus species, is known as scented mushroom in Anatolia (Tel et al., 2012). It is observed as mycorrhizal single or in groups with pine trees. In this study, total antioxidant status, total oxidant status and oxidative

stress index and element contents of *T. imbricatum* mushroom were determined.

## MATERIAL and METHOD

### Laboratory studies:

*Tricholoma imbricatum* samples were collected from Turkey (Gaziantep/Oğuzeli). 40 grams of mushroom samples were extracted with ethanol (EtOH) for about 6 hours at 50 ° C using a soxhlet apparatus (Gerhardt EV 14). The extracts were concentrated by rotary evaporator (Heidolph Laborota 4000 Rotary Evaporator).

### TAS, TOS and OSI Tests:

Rel Assay brand kits were used to determine total antioxidant status (TAS), total oxidant status (TOS) and oxidative stress index (OSI) values of *T. imbricatum* samples. Trolox was used for TAS tests and hydrogen peroxide was used as calibrator for TOS tests (Erel, 2004, 2005). TOS values are proportioned to TAS values and their percentages are taken to determine OSI (Erel, 2005).

### Determination of Element Content:

The mushroom samples were dried at 80 °C in order to determine the heavy metal contents (Cu, Fe, Ni, Pb and Zn) of *T. imbricatum* samples. An amount of 0.5 g of these samples were taken and mineralized in a mixture of 9 mL HNO<sub>3</sub> + 1 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in a microwave solubilizer (Milestone Ethos Easy). The heavy metal contents of the mushroom were determined using the atomic absorption spectrophotometer (Agilent 240FS AA) (Sevindik et al., 2016).

## RESULT and DISCUSSION

### Antioxidant Activity:

Oxidation is important for many organisms for the continuity in biological processes. Continuous production of free radicals leads to cell deaths. As a result of these deaths and cell damages, it causes many diseases such as aging, cancer, diabetes and cirrhosis. Natural antioxidants are needed to prevent chronic diseases (Sarker et al., 2020; Chandra et al., 2020). Therefore, the oxidant and antioxidant potentials of *T. imbricatum* mushroom have been investigated. As a result of the researches, it was determined that TAS value of *T. imbricatum* was 3.474±0.049, TOS value was 15.257±0.117 and OSI value was 0.439±0.003. TAS value of *Suillus granulatus* (L.) Roussel was reported as 3.143, TOS value was 18.933 and OSI value was 0.603 from previous studies (Mushtaq et al., 2020). The TAS value of *Lactifluus rugatus* (Kühner & Romagn.) Verbeke has been reported as 3.237, TOS value was 8.178 and OSI value was 0.254 (Sevindik, 2020). TAS value of *Infundibulicybe geotropa* (Bull.) Harmaja has been reported as 1.854, TOS value was

30.385 and OSI value was 1.639 (Sevindik et al., 2020). TAS value of *Tricholoma virgatum* (Fr.) P. Kumm. has been reported as 3.754, TOS value was 8.362 and OSI value was 0.223 (Selamoglu et al., 2020). TAS value of *Cerionopus varius* (Pers.) Zmitr. & Kovalenko was reported as 2.312, TOS value was 14.358 and OSI value was 0.627 (Sevindik, 2019). TAS value of *Lentinus tigrinus* (Bull.) Fr. has been reported as 1.748, TOS value was 19.294 and OSI value was 1.106 (Sevindik, 2018). Compared to these studies, TAS value of *T. imbricatum* is higher than *S. granulatus*, *I. geotropa*, *L. rugatus*, *C. varius* and *L. tigrinus* and lower than *T. virgatum*. TAS value is an indicator of all antioxidant compounds in the living organisms (Korkmaz et al., 2018). This difference between mushroom species is due to the potential of mushrooms to produce antioxidant compounds. In this context, it is thought that the mushroom can be used as a natural agent in terms of antioxidant compound. TOS value is an indicator of the oxidant compounds produced by the living organisms (Korkmaz et al., 2018). It was determined that TOS value of *T. imbricatum* was lower than *S. granulatus*, *I. geotropa* and *L. tigrinus*, and higher than *L. rugatus*, *T. virgatum* and *C. varius*. OSI value shows how much the oxidant compounds in living organisms are suppressed with antioxidant compounds (Korkmaz et al., 2018). It is seen that the oxidant compounds in the body of *T. imbricatum* are better suppressed with antioxidant compounds than *S. granulatus*, *I. geotropa*, *C. varius* and *L. tigrinus*. As a result, it is thought that *T. imbricatum* used in this study may be a natural antioxidant source.

### Element Contents:

Mushrooms play a role in breaking down organic cover in the ecosystem. Depending on the substrate content they use, they accumulate different levels of elements in their bodies. Some mushroom groups accumulate some elements more in their bodies. With these features, they can be used as element indicators (Borovička and Řanda, 2007; Jiang et al., 2016). In this study, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn contents within the body of *T. imbricatum* were determined. The findings obtained are shown in Table 1.

Table 1. Element contents of *T. imbricatum*  
*Çizelge 1. T. imbricatum'un element içerikleri*

Element	Element contents (mg.kg <sup>-1</sup> )
<i>Element</i>	<i>Element içerikleri</i>
Fe	516.15±5.63
Zn	63.54±1.48
Cu	34.12±1.52
Pb	7.91±0.55
Ni	1.05±0.14

In previous studies on different types of wild mushrooms, it was reported as 60.33-95 for Cu, 14.6-



835 for Fe, 0.67-5.14 for Ni, 2.86-16.54 for Pb and 29.8-158 for Zn mg.kg<sup>-1</sup> (Kalač and Svoboda 2000; Zhu et al. 2010; Gebrelibanos et al., 2016; Sevindik et al., 2017; Sevindik et al., 2018c). Compared to these values, it was determined that Fe, Zn, Pb and Ni content of *T. imbricatum* is in the literature ranges. In addition, it is seen that the Cu content is lower than the literature ranges. In this context, it was observed that the element contents of *T. imbricatum* are compatible with the amounts determined in the literature.

## CONCLUSION

In this study, antioxidant and oxidant potentials of wild mushroom *T. imbricatum* were determined. As a result of the tests, it has been determined that the mushroom can be used as a natural antioxidant source. In addition, the levels of some elements in the cork were investigated. In this context, it was determined that the element levels were compatible with the literature ranges.

## Conflict of Interest

Article author declare that there are no conflicts of interest among them.

## REFERENCES

- Bal C, Akgul H, Sevindik M, Akata I, Yumrutas O 2017. Determination of the anti-oxidative activities of six mushrooms. *Fresenius Envir Bull* 26(10): 6246-6252.
- Barros L, Calhelha RC, Vaz JA, Ferreira IC, Baptista P, Estevinho LM 2007. Antimicrobial activity and bioactive compounds of Portuguese wild edible mushrooms methanolic extracts. *European Food Research and Technology* 225(2): 151-156.
- Borovička J, Řanda Z 2007. Distribution of iron, cobalt, zinc and selenium in macrofungi. *Mycological Progress* 6(4): 249.
- Chandra P, Sharma RK, Arora DS 2020. Antioxidant compounds from microbial sources: A review. *Food Research International* 129: 108849.
- Chen S, Oh SR, Phung S, Hur G, Ye JJ, Kwok SL, Shrode GE, Belury M, Adams LS, Williams D 2006. Anti-aromatase activity of phytochemicals in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Cancer Research* 66(24): 12026-12034.
- Cheung LM, Cheung PC, Ooi VE 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food chemistry* 81(2): 249-255.
- Erel O 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical biochemistry* 37(4): 277-285.
- Erel O 2005. A new automated colorimetric method for measuring total oxidant status. *Clinical biochemistry* 38(12): 1103-1111.
- Fakoya S, Adegbehingbe KT, Ademakinwa IS 2020. Bio-Therapeutic, Phytochemical Screening and Antioxidant Efficacies of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Obtained from the Wild. *Open Journal of Medical Microbiology* 10(2): 58-70.
- Gebrelibanos M, Megersa N, Tadesse AM 2016. Levels of essential and non-essential metals in edible mushrooms cultivated in Haramaya, Ethiopia. *International Journal of Food Contamination* 3(1): 2-12.
- Gürgen A, Sevindik M, Yıldız S, Akgül H 2020. Determination of Antioxidant and Oxidant Potentials of *Pleurotus citrinopileatus* Mushroom Cultivated on Various Substrates. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 23(3): 586-591.
- Jiang Y, Hao R, Yang S 2016. Equilibrium and kinetic studies on biosorption of Pb (II) by common edible macrofungi: a comparative study. *Canadian journal of microbiology* 62(4): 329-337.
- Kalač P, Svoboda L 2000. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food chemistry* 69(3): 273-281.
- Korkmaz A I, Akgul H, Sevindik M, Selamoglu Z 2018. Study on determination of bioactive potentials of certain lichens. *Acta Alimentaria* 47(1): 80-87.
- Moro C, Palacios I, Lozano M, D'Arrigo M, Guillamón E, Villares A, Martínez JA, García-Lafuente A 2012. Anti-inflammatory activity of methanolic extracts from edible mushrooms in LPS activated RAW 264.7 macrophages. *Food Chemistry* 130(2): 350-355.
- Mushtaq W, Baba H, Akata I, Sevindik M 2020. Antioxidant Potential and Element Contents of Wild Edible Mushroom *Suillus granulatus*. *Ksu Tarım ve Doğa Dergisi* 23(3): 592-595.
- Ngai PH, Ng TB 2004. A mushroom (*Ganoderma capense*) lectin with spectacular thermostability, potent mitogenic activity on splenocytes, and antiproliferative activity toward tumor cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 314(4): 988-993.
- Sarker U, Hossain MM, Oba S 2020. Nutritional and antioxidant components and antioxidant capacity in green morph Amaranthus leafy vegetable. *Scientific Reports* 10(1): 1-10.
- Selamoglu Z, Sevindik M, Bal C, Ozaltun B, Sen İ, Pasdaran A 2020. Antioxidant, antimicrobial and DNA protection activities of phenolic content of *Tricholoma virgatum* (Fr.) P.Kumm. *Biointerface Research in Applied Chemistry* 10(3): 5500-5506.
- Sevindik M, Akgul H, Dogan M, Akata I, Selamoglu Z 2018c. Determination of antioxidant, antimicrobial, DNA protective activity and heavy metals content of *Laetiporus sulphureus*. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(3): 1946-1952.
- Sevindik M 2018. Investigation of antioxidant/oxidant status and antimicrobial activities of *Lentinus*

- tigrinus*. Advances in pharmacological sciences 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1718025>
- Sevindik M 2019. The novel biological tests on various extracts of *Ceriporus varius*. Fresenius Environmental Bulletin 28(5): 3713-3717.
- Sevindik M 2020. Antioxidant and antimicrobial capacity of *Lactifluus rugatus* and its antiproliferative activity on A549 cells. Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK) 19(2): 423-427.
- Sevindik M, Akgul H, Akata I, Alli H, Selamoglu Z 2017. *Fomitopsis pinicola* in healthful dietary approach and their therapeutic potentials. Acta alimentaria 46(4): 464-469.
- Sevindik M, Akgul H, Bal C, Selamoglu Z 2018b. Phenolic contents, oxidant/antioxidant potential and heavy metal levels in *Cyclocybe cylindracea*. Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research 52(3): 437-441.
- Sevindik M, Akgul H, Selamoglu Z, Braidy N 2020. Antioxidant and Antigenotoxic Potential of *Infundibulicybe geotropa* Mushroom Collected from Northwestern Turkey. Oxidative Medicine and Cellular Longevity 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5620484>
- Sevindik M, Akgül H, Günel S, Doğan M 2016. Determination of mineral content and antimicrobial activity of natural and cultural forms of *Pleurotus ostreatus*. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty 16(1): 153-156.
- Sevindik M, Pehlivan M, Dogan M, Selamoğlu Z 2018a. Phenolic content and antioxidant potential of *Terfezia boudieri*. Gazi University Journal of Science 31(3): 707-711.
- Singh RS, Walia AK, Kennedy JF 2020. Mushroom lectins in biomedical research and development. International journal of biological macromolecules 151: 1340-1350.
- Svoboda L, Chrástný V 2008. Levels of eight trace elements in edible mushrooms from a rural area. Food Additives and Contaminants 25(1): 51-58.
- Tel G, Apaydın M, Duru ME, Öztürk M 2012. Antioxidant and cholinesterase inhibition activities of three *Tricholoma* species with total phenolic and flavonoid contents: the edible mushrooms from Anatolia. Food Analytical Methods 5(3): 495-504.
- Ying J, Mao X, Ma Q, Wen H 1987. Icons of medicinal mushroom from China. Science, Beijing 151-155.
- Zhang M, Cui SW, Cheung PCK, Wang Q 2007. Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. Trends in Food Science & Technology 18(1): 4-19.
- Zhu F, Qu L, Fan W, Qiao M, Hao H, Wang X, 2011. Assessment of heavy metals in some wild edible mushrooms collected from Yunnan Province, China. Environmental monitoring and assessment 179(1): 191-199.

## The Nexus Between Pilfering Menace and Crop Farmers' Income Shock: Evidence From Nigeria

Theophilus Miebi GBIGBI

Department of Agricultural Economics and Extension, Delta State University Asaba Campus, PMB 95074, Asaba- NIGERIA

<https://orcid.org/0000-0002-1335-723>

✉: [gbigbitheophilusmiebi@yahoo.com](mailto:gbigbitheophilusmiebi@yahoo.com)

### ABSTRACT

Pilfering has a big impact on the crop farming industry and it is threatening the sustainability of the industry. To generate information that can be used to inform crop farmers on how to effectively mitigate pilferage on their farms, the study investigated the factors influencing pilferage and its effects on farmers' income in Delta State, Nigeria. A multistage sampling method was applied to choose respondents for the study. A sample size of 135 farmers were carefully chosen. The study data was analyzed with descriptive statistics, binary logistic regression, linear regression and one-way ANOVA. The findings showed that they had a mean age of 48 years and were mostly females who were also married. Majority of them were educated. The mean family size was 7 people and average farming experience of 11 years with mean farm size of 1.15 ha. The result disclosed pilferage index of 0.68, suggesting that 68% of farmers were victims of pilfering. The findings revealed that plantain has the highest proportion of the crops pilfered with 46.5% while cassava was the least with 11.5%. The ANOVA result indicates a statistically significant difference ( $F = 177.633$ ;  $p < 0.000$ ) in the mean of income losses to pilferage on the farms for the different selected crop types. Pilfering on farms was significantly influenced by age, farming experiences, educational status, farm size, household size, security, attractiveness of farm, employees with high number of dependents and distance or farm location. The findings showed that pilfering resulted to high cost of security, quitting farming activities, withdrawal from growing certain crops and reduction in output. Most of the respondents (78.5%) did not use any form of measure to curb the menace of pilferage on their farms. It was recommended that tackling of pilfering on the farms should involve the synergy among government, community and the farmers.

### Research Article

#### Article History

Received : 08.03.2020

Accepted : 09.07.2020

#### Keywords

Pilfering on the farm

Income losses

Crop production

**To Cite :** Gbigbi TM 2021. The nexus between pilfering menace and crop farmers' income shock: Evidence from Nigeria. KSU J. Agric Nat 24 (1): 200-211. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.700483>.

### INTRODUCTION

Farming activities are expected to be rewarding to farmers as long as they enable them increase their productivity, earn increased income, enjoy high standard of living and as well as improve performance of basic civic responsibilities. The small scale crop farmers who constituted over 80 percent of the rural population are the major producers of the food consumed in Nigeria (Sabo et al 2017). These people depend on farm produce for food and income, and the extent to which they are supported and sustained by the farm output is a reflection of agricultural development. Unfortunately, some or all of these farm produce may be lost by farmers not only through pests and diseases but also by pilferage (or human pests). However, pilfering is much more dangerous than diseases and pests because it disturbs farmers

emotionally and psychologically as well as causing serious economic losses to farmers (Bennett, 2016). This has tendency to discourage farming activities. It is interesting to note that pilferage on farms is an age old problem in Nigeria. In Africa, pilfering of farm produce has been identified as one of the challenges hampering the development of agriculture (Sabo et al 2017). Pilferage in farm causes serious damage to small-scale farmers who have neither the means to set up security measures nor the resources to weather losses and prompting some farmers to give up altogether. Worse still, the pilferage consequences not only apply to farmers that can bear the loss as far as lower profits are concerned, but also to consumers who may be forced to pay higher costs for goods (Mears et al 2007).

Similarly, Fafschamps and Minten (2003) argues that

pilferage of crops can send shock waves to other members of community who may respond out of fear by abandoning farming. Graham (2010) found out that farm pilferage is the most discouraging and disincentive factor to agricultural investment in Caribbean nations.

Pilfering agricultural products in Ghana is a significant disincentive for irrigation agriculture, according to Inkoom and Nanguo (2011), where over 21.5% of irrigation farmers are the victims of farm pilfering during the dry season. Across the world, pilferage in farms is estimated to be as high as \$ 5 billion annually (Swanson et al 2000). In Australia, the estimated financial cost of farm pilferage as at 2002 was \$ 72 million with 68 percent of these losses being the value of loss or damage to farm while the rest is loss of income as result of pilferage (McCall 2003). Furthermore, Manning and Soon (2016) conceptualized pilfering as loss of resources, materials and produce on farms occasioned by deliberate and fraudulent removal by another person without any right to do so. McCaghy et al (2016) views pilfering as a clever way whereby a proportion of someone else's property is made away with usually on a continuous basis by the pilferer with a view to making the owner unsuspecting of the loss. Miller (2017) defined pilfering as a predatory felony in which a person deliberately takes someone else's property. According to Bunei et al (2013) pilfering on farms as a source of farm losses has long been known but its pestilence has recently increased to a level that should make producers and consumers alike uncomfortable. Pilfering is a social problem. In the recent past, pilfering was recognized on farms as a minor social problem and farmers did not bother much about it, though painful (Sabo et al 2017). Nowadays, even at the global level, pilfering in agriculture is so rampant that it touches and threatens all facets of agriculture. In the opinion of Bignon et al (2017), the means of rural survival have been threatened by losses through pilfering activities. The causes of these losses had in the recent past been mainly attributed to disease outbreak, poor management practices and poor soil type while pilfering had been greatly neglected. Therefore, pilfering of food crops is of immense importance to the farmers since their profit is gradually eroded and their produce/harvest greatly reduced where it is rampant. Thus its control is vital in order to improve the lot of food crop farmers. Farms are vulnerable to pilferage because of unique socio-demographic factors such as remoteness and distance between farms.

A literature search from developed nations shows that pilferage on the farm is linked to the specific nature of physical, social, geographical, and cultural environments of the farming communities (Anderson and McCall 2005; Barclay, 2001; Barclay et al. 2001; Jones 2008; Mears et al. 2007). According to Barclay et

al. (2001), unemployment is the most common social problems linked to pilferage on the farm. A study conducted in Australia by Anderson and McCall (2005) showed that isolated farmlands, larger farms with higher incomes, and proximity to urban centers were the greatest predictors of being a victim of various types of farm pilferage. Similar studies conducted by Mears et al. (2007) in the U.S. found that farm properties which are highly attractive, portable, and of high value, such as fruits and nuts, were more likely to experience pilferage. Barclay et al. (2011) found that farm pilferage was related to the number employees on the farm, with some farm workers being responsible for pilfering directly, or by-passing information to thieves for a fee.

Many farmers are becoming too old to actively engage in farming and the younger people are not actively involved in agriculture; therefore, food crop production has become drastically reduced causing food prices to escalate beyond the reach of the rural non-producers. This has resulted in some rural people pilfering food crop items from farms to make ends meet. Olusanya et al. (1995) in their study found causes of livestock pilferage to include greed (66.66%), poverty (59.16%), laziness (29.17%), unemployment (18.06%), bad company (16.6%), inborn traits/kleptomania (11.11%), lust (6.94%); and wickedness (1.39%). Similarly, they also identified the effects of pilfering on the farmers to include financial losses (95.83%) and emotional disturbances (36.11%). Olubanjo (1995) observed that pilfering lowers the standard of living of the private livestock farmers, reduces enterprise outputs as well as reduces substantially the income and profits realizable from livestock husbandry. Pilferage is fast becoming a serious problem to be researched on. It has been found to account for as high as 5% of the total cost to marketers and 4% of total loss of quantities handled (Anonguku 2005). The operational efficiency of marketers has been found to decrease with increasing pilfering rate with a correlation coefficient as high as -0.66. Profit per unit of commodity is also found to decrease with increasing pilfering rate and a correlation coefficient of -0.62 recorded (Banwo 1995). He also opined further that a single incident of pilfering might lead to withdrawal from farming activities. Pilfering is one of the biggest challenges faced by livestock farmers (Lesotho-South Africa Fence 2013). The rural area is one of the 'hotspot' areas where farm pilfering is conspicuous. Some farmers struggle to make a living as a result of pilferage on farms. It also threatens the sustainability of the crop farms which is the most important enterprise in the area, as some of the more experienced farmers are leaving the industry because of this problem (Magubane 2011; Lesotho-South Africa Fence 2013). Although there is a growing body of rural criminology and specifically criminology of food and agriculture (Barclay 2001;





Factor (VIF) and Hosmer-Lemeshow test were used as a multicollinearity measure.

The regression model was employed to estimate the effects of pilfering on farm income.

The model is implicitly specified as follows:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_n + e)$$

The definitions and descriptive statistics of the data used in the regression analysis were shown in the Table2.

Table 1. Descriptions of variables in the model

Variables	Description	Measurement	Mean	SD
<b>Dependent Variable</b>				
Pilfering	Pilfering on the farm	Dummy; 1 yes, 0 no	0.7111	0.4549
<b>Independent Variables</b>				
Age	Farmers' age	In years	48 years	7.1037
Experience	Farming experience	In years	11 years	4.3672
Gender	Genders of the farmers	Dummy; 1 male, 0 female	0.6222	0.4866
Education	Farmers' education	Year of schooling	2.7556	0.8328
Farm size	Farm size	In hectares	2.8444	1.3151
Household size	People in the same roof	Number of people	7 persons	1.8038
Marital status	Farmers Married	Number of people	0.5481	0.4995
Pilfering season	Time of occurrence	before maturity= 1, maturity = 0	0.8222	0.3838
Security measures	Security of farm	available =1, otherwise=0	0.4741	0.5012
Attractiveness of farm	attractiveness	attractive=1, otherwise=0	0.5630	0.4979
Employees high dependency ratio	Dependency ratio	Percentage	67.1778	16.8770
location of farm		(km)	4.8km	1.9078

Table 2. Descriptions of variables in the model

Variables	Description	Mean	SD
X <sub>1</sub>	high cost of security	2.1778	0.8967
X <sub>2</sub>	quitting farming activities	3.4000	0.4917
X <sub>3</sub>	withdrawal from growing certain crops	2.1926	1.2063
X <sub>4</sub>	discourage adoption of modern technologies	3.2889	0.5713
X <sub>5</sub>	Reduction in output	2.7926	0.8295
Y	Income of respondent (₺)	54803.70	19728.90

For further analysis, analyses of variance (ANOVA) with post-hoc test for multiple comparison and independent sample t-test were used to observe the income loss and to know whether there is significant difference in the income loss of those arable crop farmers produce or not.

## RESULTS and DISCUSSIONS

### Socioeconomic Characteristics of the Respondents

Table 3 indicates that most (60.0%) of the farmers were between age group of 30 –49 years with an average age of 48 years. This suggests that most of the farmers surveyed were middle aged. This means that they are still economically active, with a positive impact on growth. Age ratings are relevant for the study because physical capacity, productivity, and agility depend on age, thus determining the susceptibility or predisposition of the farmers to pilfering. This suggests that the farming population is still active and will therefore have the physical strength required in farming. This relatively small age will open them to technologies that can regulate pilferage as opposed to the older ones who generally expect social control

measures to be respected. This result is consistent with the study by Zalkuwi et al. (2014), who indicated that in Guyuk Local government area of Adamawa State farmers were between 20 and 49, suggesting the active and productive age. Yahaha (2002) also reported that farmers aged 20 to 50 years are the most involved age group in farming practices

On farming experience, 54.8% of the respondents had between 6-10 years, while 26.7% had between 11-15 years of farming experience. The farmers that fell within the range of 1-5 years of farming experience represented 10.4% of the respondents and while only 8.1% of them had above 15 years of experience. They had a mean farming experience of 11 years. The agricultural experience is used as a management capability indicator. The more experienced the farmer, the more he will take decisions on the farm. This findings indicate that most farmers have experience, meaning that they can make decisions that prevent or restrict pilferage and thus increase their income. This confirms Gbigbi (2011) findings that sweet potatoes are heavily dependent on farmers' experience, leading to improved managerial skills.

Table 3. Socioeconomic characteristics of respondents (N=135)

Variables	Frequency	Percentage	Mean
<b>Age</b>			
30-39	16	11.9	48 years
40-49	65	48.1	
50-59	46	34.1	
Above 59	8	5.9	
<b>Farming experience</b>			
1-5	14	10.4	11 years
6-10	74	54.8	
11-15	36	26.7	
Above 15	11	8.1	
<b>Gender</b>			
Male	36	26.7	Female
Female	99	73.3	
<b>Educational level</b>			
No formal education	7	5.2	Secondary
Primary education	43	31.9	
Secondary education	71	52.6	
Tertiary education	14	10.4	
<b>Farm size</b>			
Less than 1	82	60.7	1.15 hectare
1-2	41	30.4	
Above 2	12	8.9	
<b>Household size</b>			
1 - 3	10	7.4	7 persons
4 - 6	36	26.7	
7 - 9	77	57.0	
Above 9	12	8.9	
<b>Marital Status</b>			
Never married	22	16.3	Married
Married	95	70.4	
Divorced	8	5.9	
Widowed	10	7.4	

The majority (73.3%) were women while 26.7% were men. This is indicative of the fact that women dominate food crop farming in the area. The study could be based on the fact that arable crops are generally grown by women who perform most farming activities, such as bush cutting, cultivation, planting and weeding. This is in line with the results of (Prakash 2003) report that women have been more interested in food production in India than their husbands. Ofuoku and Emuh (2009) were also of the view that the majority of arable crop production is carried out by women in their research.

With respect to level of formal education, most (52.6%) of them had secondary education, 31.9% had only primary education and 10.4% had tertiary education. However, 5.2% of them had no formal education. This means that most have been educated. Education plays a significant role in increasing farmers' consciousness and affects approaches and techniques to discourage or curb pilfering. In general, education has been shown to have a positive effect on innovation adoption.

Thus well-educated farmers will learn good

management skills and will be open to innovation in their farm sector, which is expected to increase their agricultural production activities and efficiency (Lemchi et al. 2003; Eze et al. 2006).

With regards to farm size of respondents, 60.7% had a farm size less than one hectare, 30.4% of them had farm size of between 1-2 hectares while only 8.9 % had a farm size above 2 hectares. The average farm size in the study was 1.15 hectare. This shows that they were small scale farmers.

This could be explained by the fact that the small farms cultivated in most of the communities in Nigeria could also be due to land ownership arrangements that limit farmers growing large sections of land. This result confirms that the majority of Nigerian farmers are small scale farmers who cultivate less than 5 hectares of land (Arene and Anyeaji 2010; Oni and Fashogbon 2013).

The result of the household size of respondents indicated that 57.0% had household size ranging from 7-9 persons, 26.7% had household size between 4-6 persons 16.3% had 7-9 persons and only 7.4% of them

had 1-3 persons members in their households. The average household size was 7 persons. This is prompted by the culture of housing and feeding a lot of relatives and polygamy that thrives in the study area. High family size in the region is an indicator of family labour available in the area. Which means that members of the family could assist in carrying out farming activities. This is because member of a family help in family enterprises in Africa, particularly in Nigeria. This finding confirm that of Ogunjimi (2001), which has large family size for the majority of farmers in Osun State.

Most (70.4%) of the respondents were married, 16.3% were never married, 5.9% were divorced and 7.4% were widowed. The percentage of the married among them was high because of the high esteem the society accords them as responsible to embark on reasonable farming to cater for his/her households. This finding is in line with Gbigbi (2018), who held that married couples control the rural household.

Table 4. Classification of level of pilfering on the farm

Crops	High	Medium	Low	Mean	Std. Deviation	Decision
Plantain	120(88.9)	10(7.4)	5(3.7)	2.85	0.45	High
Maize	55(40.7)	44(32.6)	36(26.7)	2.14	0.81	High
Yam	20(14.8)	51(37.8)	64(47.4)	1.67	0.72	Low
Cassava	17(12.6)	35(25.9)	83(61.5)	1.51	0.71	Low

Cut-off score = 2.00 ( $\geq 2.00$  = high pilfering;  $< 2.00$  = low pilfering)

Pilfering index = 0.68

#### Amount of income loss to Pilfering by arable crop farmers

Table 5 indicates the income loss from plantain, yam, maize and cassava due to pilfering. It was observed that the average income losses from plantain was ₦94310.00(46.5%) while average income loss of maize and yam farmers are ₦52098.75(25.7%) and ₦33126.67(16.3%) respectively.

Table 5. Amount of income loss to pilfering among crop farmers

Crops	Amount loss ₦	Percentage loss(%)	Ranking by pilfering rate
Plantain	94310.00	46.5	1 <sup>st</sup>
Maize	52098.75	25.7	2 <sup>nd</sup>
Yam	33126.67	16.3	3 <sup>rd</sup>
Cassava	23454.00	11.5	4 <sup>th</sup>
Total	202989.42	100.0	

Pilfering for cassava was the least ₦23454.00 (11.5%). Thus, plantain has the highest percentage of the crops pilfered with 46.5% while cassava was the least with 11.5%. This could discourage any farmer from continuing his farm business. Recently, pilfering has become a major contributing factor to poverty in rural Nigeria (Anonguku et al. 2008). A single attack can wipe out all of the wealth and livelihoods of a

#### Level of pilfering on arable farms

Table 4 indicates the level of pilfering on farms. It was observed that plantain and maize crops were adversely affected by high pilfering, as the means were above the cut-off score of 2.00. This is further confirmed by the pilfering index of 0.68 for all the crops, which implies that 68% of farmers were victims of pilfering on the farm. This scenario has the tendency to affect output of the farmers and eventually their income in the study area. Ibrahim et al (2017) identified maize to be one of the major crops easily pilfered in their study. According to a representative study conducted in rural Kenya in 2012, Bunei et al. (2013) found that virtually everybody (99%) has been the victim of agricultural theft over a five-year period. Ceccato (2016) also notes that, over the last two years, 3 out of 10 farmers were targeted at some type of theft and half were targeted 2 or more times in Sweden. The common items stolen from farms in the developing country are the fuel, machinery, equipment, and other farm properties.

household and experience has shown that recovery chances are quite minimal if not non-existent (Olubanjo 1995). This means that the loss of agricultural products by theft means that the household concerned loses both the value of its own use and the income it gained from the product sales. This work supported Claudia and Bainson (2016) research on the impact of pilfering on small business profitability.

#### One way Analysis of Variance (ANOVA) on Income loss to different crops

To check that whether income loss is same in the different crop types or not, one way ANOVA test was used. The results showed that at 5% significance level, there was statistically significant difference in income loss between the different crop types as determined by one-way ANOVA ( $F(3,13) = 177.63, p = .000$ ), hence the null hypothesis was rejected and the alternate hypothesis was accepted that percentage income loss is different in the different crop types in the study area. This percentage income loss is consistent with Olusanya et al. (1995), who have established revenue losses as a result of pilferage for victims (Table 6).

From the results so far, it is revealed that there is significant differences between the percentage income



losses of the different crop types as a whole in the study area. The Multiple Comparisons in Table 7 shows that the income loss level of each crop types differed from each other. The result of LSD post-hoc test also revealed that there is a significant difference between

income loss and the cultivated crops by the farmers. Farming households are deprived of their livelihood income in the event of agricultural crimes when cattle, crops, machinery and instruments are looted from their farms (Grote and Neubacher 2016).

Table 6. Differences in percentage income loss in crop types

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	101378788666.20	3	33792929555.40	177.63	.000
Within Groups	24921481704.17	131	190240318.35		
Total	126300270370.37	134			

Table 7. Multiple Comparison Table of the per Income loss of the different crop types

(I) crop types	(J) crop types	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Maize	Plantain	-42211.25000*	3084.15562	.000	-48312.4455	-36110.0545
	Yam	18972.08333*	3331.26881	.000	12382.0390	25562.1277
	cassava	28644.75000*	3516.47845	.000	21688.3168	35601.1832
Plantain	maize	42211.25000*	3084.15562	.000	36110.0545	48312.4455
	Yam	61183.33333*	3331.26881	.000	54593.2890	67773.3777
	cassava	70856.00000*	3516.47845	.000	63899.5668	77812.4332
Yam	maize	-18972.08333*	3331.26881	.000	-25562.1277	-12382.0390
	plantain	-61183.33333*	3331.26881	.000	-67773.3777	-54593.2890
	cassava	9672.66667*	3735.09795	.011	2283.7520	17061.5814
Cassava	maize	-28644.75000*	3516.47845	.000	-35601.1832	-21688.3168
	plantain	-70856.00000*	3516.47845	.000	-77812.4332	-63899.5668
	Yam	-9672.66667*	3735.09795	.011	-17061.5814	-2283.7520

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### Relationship between the socioeconomic characteristics of farmers and pilfering on farms

The result of the logistic regression analysis is presented in Table 8. All the respective Variable Inflationary Factors (VIF) of the Collinearity statistics are between 1.039 and 3.488; an indication that there was no multicollinearity among variables. The output of Hosmer- Lemeshow test shows that the value of the chi-square is 1.417 with a significance value of 0.994 which is greater than 0.05 suggesting that the data for the logit model fits well (Table 9).

The results showed that age, farming experience, education, household size, security, employees high dependency ratio and distance or location of farm were significant at 5% level, while farm size and attractiveness of farm were significant at 1% level. The coefficient of age was significant but bore a positive sign. This means that a unit increase in age would most likely lead to a unit increase in the level of pilfering on farms because the old may feel reluctant to use the best security strategies to prevent pilfering on the farm based on financial implications. This could create a gap for pilfering on farms usually carried out by young people who find it difficult to involve in farming due to the tedious nature. In an attempt to make ends meet, they go about people's farm for pilfering. This agreed with findings of van Kesteren et al. (2014). Farming experience had significant

influence on pilfering on the farm. A unit increase in farming experience will most likely lead to a unit decrease in pilfering on the farm because the more experience a farmer has the more his knowledge on strategies used by farm thieves and device counter alternative measures of pilfering prevention and vice versa. With experience, which is the best teacher, the farmer will make him/herself available at all cost to minimize pilfering on the farm to increase output. Farming involves a lot of risks and uncertainties; therefore to be competent enough to handle all the vagaries of agriculture, experience count. This result is in consonance with Ebojei et al. (2011) findings on factors influencing produce pilferage in Kogi State.

Formal education also had significant negative relationship with pilfering on the farm. A low level of formal education increases the chances of pilfering on the farm because of the inability of the farmers to acquire adequate information and best strategies to curb the farm risk. Education plays a key role in awareness-raising among farmers and influences the implementation of strategies and methods to avoid or restrict pilferage. Largely, formal training has been shown to have a positive impact on adopting innovation (Ebojei et al. 2011). In addition, lack of education induces unemployment and proscribes adequate wages. This could lead to the use of pilfering as livelihoods (Muller 2016; Melkonyan 2016).

Table 8. Logit regression result of factors influencing pilfering on the farm

Variables	B	Std. Error	Wald	Sig.	Exp(B)	Vif
Age	.669	.259	6.702	.010	1.953	3.488
Farming experience	-.359	.187	3.703	.054	.698	2.532
Gender	-1.217	1.421	.733	.392	.296	1.314
Education	2.153	.853	6.368	.012	8.611	1.366
Farm size	-5.655	1.720	10.814	.001	.004	2.484
Household size	-1.905	.819	5.406	.020	.149	2.462
Marital status	2.237	2.016	1.231	.267	9.365	1.344
Pilfering season	-.904	1.637	.305	.581	.405	1.366
Security	2.105	1.029	4.182	.041	8.209	1.052
Attractiveness of farm	2.298	.943	5.938	.015	9.956	1.091
Employees with high number of dependents	.212	.081	6.948	.008	1.237	2.227
Distance or location of farm	.787	.382	4.243	.039	2.198	1.039
Constant	-4.235	11.398	4.521	0.033	.000	
Cox & Snell R <sup>2</sup>	0.602					
Nagelkerke R <sup>2</sup>	0.860					
-2Log likelihood	38.008					

Farm size was found to be significant and positively related to pilfering of farm at 1% probability level. This shows that farmers with large farms are more prone to pilfering than those who are small-scale farmers. This conforms to a priori expectations as households with large farm size are more likely to have increased pilfering when compared with households that are constrained by land availability because the greater the farm size, the more the harvest and the more the harvest the less likely a farmer is able to keep an eye on his produce. This is followed by the fact that big farms appear to be more victimized than smaller farmers (McCall 2003; Mears et al 2007). The term "large farm" has widely differed from one country to another, but Bunei et al. (2013) has also confirmed this observation in Kenya.

Household size also had a significant influence on pilfering. However, the coefficient bore a negative sign. This means that a unit increase in household size would most likely result to a unit decrease in pilfering on the farm and vice versa. This is attributable to the fact that a large household could make himself or herself available for farm pilfering prevention. Again, farmers with large household sizes are always busy with farming activities to be able to cater for the members of their households.

The coefficient of security also had a significant influence on pilfering on the farm. However, the coefficient bore a negative sign. The implication is that the more security measures used for the farm safety, the lower the chances of pilfering and vice versa. So, a farmer's safety measures decides whether his farm may be exposed to pilferage, and when the thieves know that a farmer has adequate and sound safety measures, they search elsewhere. However, as reported, less safety measures are being used by

farmers (Jones 2008). This confirms Odekina's (2009) findings concerning the effects of pilferage on arable farmers in Kogi State Nigeria. The decision to pilfer would be predisposed in areas where there is little monitoring and access to goods that can be easily move is high (Palmary, 2001).

The coefficient of attractiveness of farm had a significant and positive relationship with pilfering. This means that the use of improved varieties would most likely increase the farmers risk of pilfering on the farm because farmers who use hybrid varieties of crop in a local setting where most farmers use local variety would have their produce prone to pilfering. This can reduce farmers morale and output. Mears et al. (2007) findings in America similarly show a higher risk of pilfering of highly desirable, compact and profitable farm properties.

The employee's high dependency ratio had a significant influence on pilfering. However, the coefficient bore a positive sign. The implication is that a unit increase in number of dependents, the higher the chances of pilfering on the farm for survival of the fittest and vice versa. Thus, some farm workers are predisposed to steal by the pressure to provide for their dependents with the low pay. The result is in line with Barclay (2001), who found that pilfering in farms was correlated with the numbers of farm workers, with some farm workers getting direct involvement or by supplying the villains with information for a fee.

The coefficient of distance or location of farm was negative and significant. This suggests that the closer the farm, the chance of pilfering will increase. Donnermeyer et al. (2011) indicates that crop theft most likely happens in isolated and remote areas as criminals may steal at low risk. Also small-scale

farmers in many developing countries can be found in various locations over longer distances away from their farms. These farmers may therefore be affected further. A research by Anderson and McCall (2005), conducted in Australia, found the primary predictors of becoming a target of the different form of farm theft were isolated farmlands, larger farms with greater incomes and the closeness to urban centers.

Table 9. Hosmer and Lemeshow test

Step	Chi-square	Df	Sig.
1	1.417	8	0.994

### Effect of pilfering on farm income

The results of the linear regression analysis of the effect of pilfering on income loss from crop types of the respondents' are presented in Table 10. The coefficient of determination, R-Square, is 0.580 which implies that explanatory variables accounted for 58% of the variation in the dependent variable (income losses). The Adjusted R-Square of 0.564 is reasonably close to the value of the R-Square (0.580), implying that the correlation between independent variables included in the regression and the dependent variable Y was quite good. The Durbin-Watson statistic of the analysis is 0.943 which indicates the absence of autocorrelation. The F-Value is 35.628, and is statistically significant (sig. 0.000). This is an indication that the combined effect of independent variables on the dependent variable is very significant. All the respective Variable Inflationary Factors (VIF) of the Collinearity statistics are between 1.086 and 2.696; an indication that there was no multicollinearity among variables. The results of the regression analysis in Table 10 showed that 4 variables had a significant influence on the income losses to pilfering by the respondents. These variables were high cost of security, quitting farming activities, withdrawal from growing certain crops and reduction in output.

The findings showed that high cost of security by respondents had a negative and statistically significant influence (sig= 0.000,  $\beta$  =0.250) on income losses with all other factors held constant. The implication is that a unit increase in cost of security will correspond to a 0.250 units increase in income losses from pilfering. A possible explanation for this could be that the financial status of the farmers hinders them from engaging competent security apparatus. This has significant implications for security policies. Barclay (2001) also found that farm pilfering is common and costly for farmers in the area of study.

Withdrawal from growing certain crops had a negative and statistically significant effect on income losses from pilfering (sig =0.009,  $\beta$  = 0.248) with all other factors held constant. This infers that a unit increase

in the withdrawal from growing certain crops variables would result to a 0.248 units increase in income losses from pilfering. The reason for this effect may be the fact that since the expected returns is not realized with the tedious nature of the crop types involved will necessitate the farmers to shift to less strenuous crops that are free from pilferage. This finding is consistent with the work of (Banwo 1995; Odekina 2009) who stated that pilferage can deter a farmer by a single incident. Vincent et al. (2014) reported that higher pilfering rates are likely to adversely affect economic conditions, as the prevalence of pilfering in an area discourages farm enterprises. It can lead to a catastrophic economic downturn through negative income shocks.

Quitting from farming activities by respondent, also had a negative and statistically significant effect on the income losses from pilfering (sig = 0.000,  $\beta$  = 0.498) with all other factors held constant. This suggests that a unit increase in quitting rate would result to 0.498 units increase in income losses to pilfering. This may be due to the fact that such farmers might have spent huge amount of income without realizing maximum profit and satisfaction wherein the work done is zero which amount to discouragement and quitting the farm business. The farmers quitting tendency must have been motivated by the cost of acquired relevant training and skills over the years to generate increase output and income with the application of modern technology to improve on the quality of the farm resulting to attraction of pilferage. The research reported that they will not actually cultivate these crops because of the high susceptibility rate of the crops (Odekina 2009).

Kehinde et al. (2015) opined that farmers could face unprecedented challenges as a result of significant income loss. It could negatively affect the farmers and their families' current and future incomes and well-being. This is because many farmers retain dependents who are not even immediate relatives, which could lead to a reversal. Pilfering threatens the sustainability of the livestock industry, which is the largest enterprise in the area, as a consequence of the problem some of the more experienced farmers leave the industry (Magubane 2011; Lesotho-South Africa Fence 2013).

The coefficient of reduction in output had a negative and statistically significant effect on income losses from pilfering (sig= 0.006,  $\beta$  = 0.250) with all other factors held constant. The results show that a unit increase in the reduction in output by the respondents from farming will increase income losses from pilfering by 0.250 units with all other factors held constant. The primary idea of farm business is profit maximization through good harvest. This is the factor that will caused the farmers to remain in the crop industry. The effortlessness nature from the farm through pilfering will affect farm labour availability and food security as

well as food prices to escalate beyond the reach of the rural non-producers. With a rising pilferage rate with a correlation coefficient of up to -0,66, the working output of respondents decreased. Profits per unit of commodity are decreased as the pilferage rate increases and a correlation coefficient of-0.62 is registered (Banwo 1995). The consequences of pilfering

on farms include a loss of household income and an enforced decrease in own consumption and in the sale of farm produce. Alarmingly, pilfering has reduced the capacity of the farmers to invest in their children human capital development and this also affects household's food security and nutritional status (Manu et al. 2014).

Table 10. Regression result for estimation of income losses to pilfering

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized coefficients	T	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error				B	Tolerance
Constant	-37513.604	17170.209		-2.185	0.031**		
High security cost	-5489.843	1308.103	-0.250	--4.197	0.000***	0.021	1.086
Withdrawal from growing certain crop	-9957.843	3758.682	0.248	-2.649	0.009**	0.371	2.696
Quitting farming activities	-8151.104	992.543	0.498	--8.212	.000***	0.884	1.131
Discourage adoption of modern technologies	-1792.742	2066.687	-0.052	-0.867	0.387	0.909	1.100
Reduction in output	-5939.736	2121.276	-0.250	-2.800	0.006**	0.409	2.443

Dependent variable: income losses, R<sup>2</sup> = 0.580, D= 0.943, F = 35.628, \*\*\*Significant at 1%. \*\*Significant at 5%

### Adaptation strategies of pilfering

The result in Table 11 showed that most (78.5%) of the respondents did not use any form of measure to curb the menace of pilfering on the farm, presumably depending upon God for divine intervention. The result further indicates that 61.5% and 35.6% of the respondents claimed to regularly and occasionally use charms and fence respectively. The least (25.1%) of them used vigilante in their farms to prevent farm pilfering. This number is small, since the majority of farmers are low-income farmers. So they have no sufficient money to spend on farmland watchmen. Charms appears in line with Olusanya (1995) work that charms is the most effective measure for the prevention of pilferages in Ogun State. Kehinde et al. (2015) findings show that most of the farmers (73.2%) employed fenced poles to secure theft's access to the farm.

Table 11. Adaptation strategies of pilfering on farms

Prevention measures	Frequency (YES)	Frequency (NO)
Fence	48(35.6)	87(64.4)
Charms	83(61.5)	52(38.5)
Vigilante	34(25.1)	66(74.9)
No measures used	106(78.5)	29(21.5)

Figures in parenthesis are percentages

### CONCLUSION

The result for the crops under study shows a pilfering index of 68%. Plantain and maize, however, were highly pilfered. The percentage loss of plantain income due to pilfering was higher than for other crops. This was confirmed by the ANOVA, which shows that the income loss amongst the various crop types is statistically significant at 5%. Pilfering has been

influenced by age, farming experiences, education, farm size, household size, security, attractiveness, employees with high number of dependents and farm location. The findings showed that high cost of security, quitting farming activities, withdrawal from growing certain crops and reduction in output of the farm contributed to income loss. Conclusively, the main security measure adopted was charm while majority of them never use any prevention measure. Considering the findings, it is recommended that:

- i. Farmers should also organize vigilance group in order to checkmate the activities of those who pilfers their crops.
- ii. Government should provide credit to the farmers to enable them apply the best security measures because it is capital intensive.
- iii. Government should provide vigilantes to secure the farming environment to encourage food security since their services cannot be easily afford.
- iv. Farmers should be encourage to insure their farms to discourage quitting.
- v. Government should help the farmers to provide modern technologies that affordable to secure their farms instead of the crude method of charms.

### Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

### REFERENCES

Anderson KM, McCall M 2005. *Farm pilfering in Australia*; Australian Institute of Criminology: Canberra: Australian. Retrieved on 30th August, 2018 from: [www.aic.gov.au/publications/current%20series/cfi/101-120/cfi119.aspx](http://www.aic.gov.au/publications/current%20series/cfi/101-120/cfi119.aspx).



- Anongoku CP, Obinne O, Daudu S 2008. A Socio-Economic Analysis of Livestock Pilferage in Rural and Urban Areas of Benue State, Nigeria. *Journal of Social Sciences*, 17(2): 169-172.
- Anongoku I 2005. *Incidence of Livestock Pilferage in Benue State*. Unpublished M.Sc. Thesis in Extension. Department of Agricultural Extension and Communication, University of Agriculture, Makurdi, Benue State, 73 pp.
- Arene CJ, Anyeaji RC 2010. Determinants of food security among households in Nsukka Metropolis of Enugu State, Nigeria. *Pakistan Journal of Science*, 30: 9-16.
- Banwo A 1995. Pilferage and Food Availability: The Marketing perspective. *Proceeding of the First National Seminar on Pilferage*, pp. 121-130.
- Barclay EM 2001. *A review of related literature on agricultural pilfering*. Institute for Rural Futures, University of New England, retrieved on 30 August, 2018 from: [www.criminologyresearchcouncil.gov.au/reports/barclay.pdf](http://www.criminologyresearchcouncil.gov.au/reports/barclay.pdf)
- Barclay EM, Donnermeyer JF 2011. Pilfering and security on agricultural operations. *Security Journal*, 24:1-18.
- Barclay EM, Donnermeyer JF, Doyle BP, Talary D 2001. *Property pilfering victimization and pilfering prevention on farms*. Report to the NSW Attorney General's Pilfering Prevention Division (Report No. 012). Armidale, New South Wales: Institute for Rural Futures, University of New England.
- Bennett C 2016. Thieves find big returns, little risks on farmlands. *FARM/JOURNAL AGWEB*. <https://www.agweb.com/crops>.
- Bignon V, Caroli E, Galbiati R 2017. Pilfering to Survive? Pilfering and Income Shocks in Nineteenth Century France. *The Economic Journal*, 127 (599):19-49.
- Bunei EK, Rono JK, Chessa SR 2013. Factors influencing farm pilfering in Kenya: opinions and experiences of farmers. *International Journal of Rural Criminology*, 2(1):75-100.
- Ceccato V. 2016. Rural pilfering and community safety, Abingdon, Oxon: Routledge.
- Claudia B, Bainson PK 2016. The Effect of Pilfering on the Profitability of Small Businesses A Case Study on Shield Agro Chemical Company Ltd in Takoradi. *European Journal of Business and Management*, 8: 144-151.
- Donnermeyer JF, Barclay EM, Mears DP 2011. Policing agricultural pilfering. In: Mawby, R.I. and R. Yarwood (eds.): *Rural policing and policing the rural: A constable countryside*. Farnham: Ashgate, pp.193-204.
- Ebojei CO, Odekina FO., Mosimabale VO and Abdullahi AN 2011. Socio-economic factors predisposing farmers' produce to pilferage in Idah local government area of Kogi State, Nigeria. *The Journal of Agricultural Sciences*, 6(1):16-23.
- Eze CC, Ibekwe UC, Onoh P, Nwajiuba CU 2006. Determinants of adoption of improved cassava production technologies among farmers in Enugu State of Nigeria. *Global Approach to Extension Practice (GAEP)*, 2(1):37-44.
- FafChamps M, Minten B 2003. Pilfering and rural poverty: result of a natural experiment. *Proceeding of the 25th International Conference of Agricultural Economics (IAAE)*.
- Gbibi TM 2018. Socioeconomic Factors Influencing Access to Land Among Women Arable Crop Farmers in Ika North East LGA, Delta State, Nigeria. *Ife Journal of Agriculture*, 30(1): 52-62
- Gbibi TM. 2011. Economic Efficiency of Smallholder Sweet Potato Producers in Delta State, Nigeria: a Case Study of Ughelli South Local Government Area. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(2): 163-168.
- Graham B 2010. Analysis of the state of praedial larceny in member states of CARICOM". A report presented to CARICOM Council of Ministers for Trade and Agriculture during the recently completed Ninth Annual Caribbean Agriculture Week on 9-15 October, 2011, Windsor Park, Dominica.
- Grote U, Debaucher F 2016 Rural pilfering in developing countries: Theoretical framework, empirical findings, research needs, ZEF Working Paper Series, No. 148, University of Bonn, Center for Development Research (ZEF), Bonn.
- Ibrahim FD, Oformata AO, Jirgi AJ, Oseghale AI, Bako RK 2017. Determinants of maize-based arable crop farmers productivity in Niger state, Nigeria. *Conference Proceedings of The 18<sup>th</sup> Annual National Conference of The Nigerian Association Of Agricultural Economists Held At Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria 16<sup>th</sup> - 19<sup>th</sup> October, 2017*
- Inkoom DKB 2011. Utilization of irrigation facilities towards poverty reduction in the upper western region of Ghana. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 13(2): 335- 350.
- Jones J 2008. *Farm pilfering on Anglesey: Local partner's and organizations*. Views on the Issue, second report, January 2008. Retrieved on 30<sup>th</sup> August, 2018 from <http://www.aber.ac.uk/en/media/jane-jones---second-report.pdf>.
- Kehinde EA, Uchekukwu CU, Mamuh P 2015. Effect of Cattle Rustling on Income Of Farmers in Benue State, Nigeria. *Nigerian Journal of Rural Sociology* 16(2):78-83.
- Lemchi J, Tshiunza M, Tenkovano A 2003. Factors driving the intensity and rate of cooking Banana adoption in Nigeria. *Journal of Agriculture and Social Research*, 3(2):135-166.
- Lesotho-South Africa Fence. 2013. Retrieved 30 08, 2018, from [globalsecurity.org: http://www.globalsecurity.org/military/world/rsa/fence-lesotho.htm](http://www.globalsecurity.org/military/world/rsa/fence-lesotho.htm)

- Louise Manning and Jan Mei Soon (2016). Food Safety, Food Fraud, and Food Defense: A Fast Evolving Literature. *Journal of food science*, 18(4):823-834.
- Magubane T 2011. *Stock pilfering spiraling out of control*. Retrieved 30 08-2018 from Kwanalu: <http://www.kwanalu.co.za/default.asp?action=news&Id=540>.
- Manu IN, Andu WN, Tarla DN, Agharih WN 2014. Socio-economic effect of cattle theft on the pastoralists of the North West Region of Cameroon. *Scholarly Journal of Agricultural Science* 4(6):299-305.
- McCaghy CH, Capron TA, Jamieson J, Carey SH 2016. *Deviant Behaviour Pilfering, Conflict, and Interest Groups*. E-Book 8th Edition. New York: Routledge, <https://doi.org/10.4324/9781315664323>
- McCall M 2003. Results from the 2001-02 National Farm pilfering Survey. *Australian Institute of Criminology, Trends and Issues in Pilfering and Criminal Justice*, No.266.
- Mears DP, Scott ML, Bhati AS 2007. Opportunity theory and agricultural pilfering victimization. *Rural Sociology*, 72(2):151-184.
- Mears DP, Scott ML, Bhati AS 2007. Policy, Theory, and Research Lessons from an Evaluation of an Agricultural Pilfering Prevention Program. *Urban Institute, Justice Policy Center, Florida State University*. <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/217908.pdf> (accessed August 2018).
- Miltonian A 2016. Causes of crime. Retrieved 06/04/2019, from Scribd.com. <http://www.scribd.com>.
- Miller L 2017. Psychological Theories of Criminal Behavior. In: Van Hasselt V., Bourke M. (eds) *Handbook of Behavioral Criminology*. Springer, Cham pp 43-62. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61625-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61625-4_4).
- Müller GS 2016. Magnitude of Livestock Theft in Kwa Sani and Factors That Could Influence It. A Master's thesis in Disaster Management in the Disaster Management Training and Education Centre for Africa at the University of the Free State.
- Odekina FO 2009. An assessment of effects of pilferage on arable crop farmers in Idah local government area of Kogi State, Nigeria. A thesis Submitted to the Post Graduate School, Ahmadu Bello University, Zaria in Partial Fulfillment of the Requirements for the Award of Master of Science in Agricultural Extension and Rural Sociology.
- Ofuoku, AU, Emuh, FN. 2009. African rural women in agricultural and rural development: Challenges and opportunities. In Agbamu, J.U. (ed). *Perspectives in agricultural extension and rural development*. Owerri, Nigeria: Springfield Publishers Ltd. Pp. 348-360.
- Ogunjimi SI 2001. Operational habits and health hazard in the use of chemicals among cocoa farmers in Osun and Edo States. Unpublished M.Sc. Thesis. OAU Ile-Ife.
- Olubanjo OO 1995. Pilferage: Concept, Dimension and Likely Motivation and Effect on Private Agricultural Venture in Nigeria. Paper and Proceedings Presented at Ogun state University, Nigeria. November, 13-16.
- Olusanya TP, Adefuye BO, Adekinmisi AA 1995. Causes and Effects of Pilferage in Livestock Enterprises. In: *Proceedings of Pilferage on farms, Nigeria*. Samford Farm Foundation, pp. 49 – 54.
- Olusanya TP 1995. Causes, Method, Effects and Control of Pilfering in Livestock Enterprises in Ijebu North Local Government Area of Ogun State. Unpublished M.Sc. Thesis. Department of Agricultural Extension and Rural Sociology, Ogun State University, Ago-Iwoye, Ogun State, 84pp.
- Oni OA, Fashogbon AE, 2013. Food poverty and livelihoods issues in rural Nigeria. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 8: 108-135.
- Osborn E 2015. Examining Macro-Level Correlates of Farm Equipment Pilfering: A Test of Routine Activity Theory and Social Disorganization Theory, PhD-dissertation, University of Louisville, Louisville, Kentucky Available online at [http://ir.library.louisville.edu/etd/2248?utm\\_source=ir.library.louisville.edu%2Fetd%2F2248&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](http://ir.library.louisville.edu/etd/2248?utm_source=ir.library.louisville.edu%2Fetd%2F2248&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages) (retrieved on 16th October, 2019).
- Palmay I 2001. Social Crime Prevention in South Africa's Major Cities. Retrieved 04/06/2019, from CSVR organization: <http://www.csvr.org.za/docs/urbansafety/socialcrimeprevention.pdf>.
- Prakash, D., 2003. Rural women, food security and agricultural cooperatives. A report presented to the Rural Development and Management Centre Kalkaji, New Delhi, 1-15.
- Sabo BB, Isah SD, Chamo AM, Rabi MA 2017. Role of Smallholder Farmers in Nigeria's Food Security. *Scholarly Journal of Agricultural Science* 7(1): 1-5.
- Swanson CR, Chamelin NC, Territo L 2001. *Criminal investigation*. Boston: McGraw Hill.
- Van Kesteren J, van Dijk J, Mayhew P 2014. The international pilfering victim's surveys: A retrospective, *International Review of Victimology*, 20(1): 49-69.
- Vincent B, Eve C, Roberto G 2014. Stealing to Survive? Crime and Income Shocks in 19th Century France. IZA Discussion Paper No. 8531.
- Yahaya MK 2007. Communication and Social Change: Lesson from Cassava Technology Transfer in Nigeria. *Journal of Agricultural Extension* 10: 178.
- Zalkuwi J, Yusuf C, Ibrahim A, 2014. Analysis of cost and return in cowpea production in Adamawa State, Nigeria. *The International Journal of Humanities and Social Studies*, 11(2): 144-147.

## Türkiye’de İpek Böcekçiliğinin Çok Boyutlu Ölçekleme ve Kümeleme Analizleri ile İncelenmesi

Duran GÜLER

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 35100, İzmir  
<https://orcid.org/0000-0001-8555-0877>  
✉: [duvan.guler@ege.edu.tr](mailto:duvan.guler@ege.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından belirlenen 24 bölgenin ipek böcekçiliği açısından benzerliklerinin ve farklılıklarının incelenmesi, benzer bölgelerin sınıflandırılması ve ipek böcekçiliğine sağlanan katkıların bölgeler bazında belirlenmesidir. Çalışmada, TÜİK’den elde edilen 2019 yılına ait ipek böcekçiliği yapan işletme (hane) sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı verileri kullanılmıştır. Bölgelerin benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koyabilmek için çok boyutlu ölçekleme analizi ve bölgelerin sınıflandırılması için kümeleme analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre TRC2 (Şanlıurfa ve Diyarbakır) bölgesi ipek böcekçiliğine en fazla katkı sağlayan bölge iken, TRA1 (Erzurum, Erzincan ve Bayburt) bölgesi en az katkı sağlayan bölgedir. Ayrıca TR51 (Ankara), TR32 (Aydın, Denizli ve Muğla), TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik) ve TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu ve Yalova) bölgeleri ipek böcekçiliğinde birbirine benzeyen bölgelerdir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular ipek böcekçiliğine yönelik oluşturulacak politikalarda değerlendirilebilir niteliktedir.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 20.04.2020  
Kabul Tarihi : 30.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

İpek böcekçiliği  
Yaş koza  
Çok boyutlu ölçekleme  
Kümeleme analizi

## Investigation of the Sericulture in Turkey by Multidimensional Scaling and Cluster Analyses

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate similarities and differences between 24 regions determined by Turkish Statistical Institute (TURKSTAT), to classify similar regions into the same category, and to determine the level of contributions to sericulture according to regions. This study used the data of 2019, obtained from the TURKSTAT, on the number of silkworm farms (household), silkworm egg boxes opened, and the amount of fresh cocoon produced. In this study, multidimensional scaling was used to determine similarities and differences between regions, and cluster analysis was used to classify the regions. According to the results of analysis, it has been determined that TRC2 region (Şanlıurfa and Diyarbakır) makes the most contribution to the sericulture in Turkey, whereas TRA1 region (Erzurum, Erzincan, and Bayburt) makes the least one to it. In addition, TR51 (Ankara), TR32 (Aydın, Denizli, and Muğla), TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik), and TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, and Yalova) were similar to each other in terms of sericulture. The findings obtained in the study can be useful to develop policies for sericulture.

### Research Article

#### Article History

Received : 20.04.2020  
Accepted : 30.06.2020

#### Keywords

Sericulture  
Fresh cocoon  
Multidimensional scaling  
Cluster analysis

**Atıf İçin:** Güler D 2021. Türkiye’de İpek Böcekçiliğinin Çok Boyutlu Ölçekleme ve Kümeleme Analizleri ile İncelenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 212-220. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.723998>.  
**To Cite:** Güler D 2021. Investigation of the Sericulture in Turkey by Multidimensional Scaling and Cluster Analyses. KSU J. Agric Nat 24 (1): 212-220. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.723998>.

### GİRİŞ

İpek ipliği, ipek böceği larvalarının koza örmek için salgıladıkları, parlak ve çok ince ipek tellerinin bir araya getirilmesiyle elde edilmektedir. Bu iplik kolay boyanabilen, yumuşak ve dayanıklı olması nedeniyle

tarih boyunca çok kıymetli bir dokuma hammaddesi olarak kullanılmıştır. Türkiye’nin bulunduğu coğrafyada yaklaşık 1500 yıldır sürdürülen ipek böceği yetiştiriciliği dut ağacı yetiştirilmesi, ipek böceği tohumu ve yaş koza üretimi ve kozadan iplik çekilmesi



aşamalarından oluşmaktadır (Anonim 2020a). İpek böceği kozasından elde edilen ham ipek; ipekli kumaş, ipek halı, ameliyat ipi, paraşüt ipi, hediyeelik eşya, askeri çelik yekek imalatı gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır (Başkaya 2013, Davulcu 2018). Ancak Türkiye’de tarımsal ilaçlamalar nedeniyle yaşanan zehirlenmeler, köyden kente göç sonucunda köylerde genellikle yaşlı nüfusun bulunması ve işgücü yetersizliğinin oluşması, yetiştiricilik için yeterli alana ve besleme evine sahip olunmaması, dut bahçelerinin tahrip edilmesi, Çin’in ucuz koza üretiminde gerçekleştirdiği hızlı gelişme ve alternatif ürünlerin rağbet görmesi gibi nedenlerle ipek böceği kozası üretimi azalma eğilimindedir (Şahinler ve Şahinler 2002, Başkaya 2013, Taşkaya Top ve ark. 2014, Barıtcı ve ark. 2017, Anonim 2019a). Nitekim 2004-2019 yılları arasında yaş koza üretim miktarı %37.52 oranında azalmıştır ve yıllık azalış hızı %3.14 olarak hesaplanmıştır (Anonim 2020b). Oysa tarımsal faaliyetler arasında yer alan ipek böceği yetiştiriliğinin devamlılığı kırsal kalkınmanın sağlanması, katma değer yaratılarak milli gelirin artırılması, kültürel mirasın ve gen kaynaklarının korunması açısından oldukça önemlidir (Taşkaya Top ve ark. 2014). Ayrıca ipekböcekçiliğinin düşük sermaye yatırımı ile diğer tarımsal faaliyetleri tamamlayıcı ve istihdam yaratıcı fonksiyonları bulunmaktadır (Mattigatti ve ark. 2009, Balasaraswathi ve ark. 2010, Lakshmanan ve ark. 2012).

Dünyada 2018 yılı ipek böceği kozası üretim miktarı 609 332 tondur. Çin bu üretimden aldığı %66.14’lük pay (403 018 ton) ile ilk sırada yer almaktadır. İpek böceği kozası üretiminde önde gelen diğer ülkeler ise sırasıyla Hindistan (%26.44), Özbekistan (%2.94) ve İran’dır (%2.17). Türkiye ise aynı yıl gerçekleştirdiği 71 tonluk üretim ile dünya koza üretiminde sadece %0.01’lik paya sahiptir (Anonymous 2020a).

Dünyada 2018 yılı ipek böceği kozası ihracat miktarı 395 ton iken, ihracat değeri 4.63 milyon dolardır. Aynı yıl koza ihracatında ilk üç sırada yer alan ülkeler %36.20 pay (143 ton) ile Tacikistan, %33.92 pay (134 ton) ile ABD ve %14.68 pay (58 ton) ile Belçika’dır. Belçika 1.92 milyon dolar ihracat geliri ile ipek böceği kozası ihracatından en fazla gelir elde eden ülke konumundadır. Türkiye aynı yıl koza ihracatı gerçekleştirilmemiş olsa da 2019 yılında gerçekleştirdiği 16 tonluk ihracat ile 227 bin dolar gelir elde etmiştir (Anonymous 2020b).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye’de 2019 yılında üretilen yaş ipek böceği kozası miktarı 90 tondur ve bu üretimin %53.32’si (48 ton) Diyarbakır ilinde gerçekleştirilmiştir. Üretim miktarı açısından Diyarbakır ilini sırasıyla Antalya (%10.48), Ankara (%7.05), Bolu (%6.22), Muğla (%5.25), Bilecik (%3.56), Sakarya (%2.84) ve İzmir (%2.40) illeri izlemektedir (Anonim 2020b). Bu veriler göz önüne

alındığında üretim Diyarbakır’da yoğunlaşmış olsa da Türkiye’nin hemen her bölgesinde önemli miktarlarda ipek böceği kozası üretildiği görülmektedir.

Türkiye’de ipek kozası üretim değeri 2019 yılında 2.93 milyon TL’dir (Anonim 2020b). Bu değer hayvansal ürünlerin toplam değeri içerisinde oldukça düşük bir paya karşılık gelse de ipek ürünlerinin milyarlarca dolarlık bir ticaret hacmine sahip olduğu göz ardı edilmemelidir (Anonim 2019a, Anonymous 2020c). Ayrıca Türkiye’de 2008-2019 yılları arasında ipek böceği kozası reel fiyatında meydana gelen %108 oranındaki artış da ipek böceği yetiştiriciliğinden vazgeçilmemesi ve teşvik edilmesi gerektiğinin göstergelerinden biridir (Anonim 2020c). Nitekim 2002 yılından bu yana destekleme kapsamına alınan ipek böceği yetiştiriciliğinde 2019 yılında ücretsiz tohum sağlayan Kozabirlik’e dağıttığı kutu başına 80 TL; ürettiği yaş ipek böceği kozasını tebliğde belirlenen işletmelere satan yetiştiricilere 60 TL kg ödenmesi kararlaştırılmıştır. Ayrıca hayvan gen kaynakları desteği kapsamında Bakanlıkça uygulanan proje kapsamındaki yetiştiricilere ipek böceği koruma için kilogram başına 100 TL ödeme yapılmaktadır (Anonim 2019b). Kozabirlik ipek böcekçiliğinde faaliyet gösteren tek üretici örgütü olup Bursa, Bilecik, Adapazarı, Mihalgazi ve Alanya’da bulunan 5 birim kooperatifi ile hizmet vermektedir (Taşkaya Top ve ark. 2015).

Çalışmada bölgelerin ipek böcekçiliği açısından benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koyabilmek için çok boyutlu ölçekleme analizi (Multidimensional Scaling, MDS) ve benzer bölgelerin sınıflandırılması için kümeleme analizi (Cluster Analysis) yapılmıştır. Literatürde tarımsal alanda bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Srivastava ve ark. (2005) ipek böceği türlerine ilişkin genetik çeşitliliği, Şahin ve ark. (2008) Ege Bölgesi’ndeki illerin tarım ve çevre özelliklerini, Ozturk ve ark. (2009) Türkiye’deki 30 ilde bal arısı genotiplerini, Türkekul ve ark. (2010) Türkiye’nin zeytinyağında rekabet edebilirliğini belirlemek amacıyla dünyada zeytinyağı ihracatçısı ülkeleri, Gevrekçi ve ark. (2011) Batı Anadolu’daki illerin ve Yüksel (2017) Güneydoğu Anadolu Bölgesi’deki illerin koyunculuk yapısını, Turgut (2016) Orta Anadolu Bölgesi’ndeki illerin tarımsal yapısını, Gonzalez-Mejia ve ark. (2018) İngiltere ve Galler’de bulunan süt sığırcılığı işletmelerinin ekstansif ve entansif üretim yapılarını incelemişler ve benzer gruplara ayırmışlardır. Ayrıca sadece çok boyutlu ölçekleme analizinden yararlanılarak yapılan hayvancılıkla ilgili çalışmalar da bulunmaktadır (Çelik 2015, Adanacıoğlu ve ark. 2018, Güler ve ark. 2018).

Literatürde Türkiye’deki ipek böceği yetiştiriciliğinin mevcut durumunun ve sorunlarının incelendiği çalışmalar (Şahinler ve Şahinler 2002, Anonim 2007, Taşkaya Top 2011, Başkaya 2013, Taşkaya Top ve ark.



2014, 2015, Barıtcı ve ark. 2017, Camuz 2017, Yıldız ve ark. 2019) mevcuttur. Yaş koza üretimini fiyat, besleme mekanı, işgücü, yaprak temini, iklim, doğal koşullar ve çevre kirliliği gibi faktörler etkileyebilmektedir (Mattigatti ve ark. 2009, Taşkaya Top ve ark. 2015). Bu faktörler nedeniyle ipek böcekçiliği; bu faaliyeti gerçekleştiren işletme (hane) sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı bakımından illere ve bölgelere göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar ise bölgelere göre ipek böcekçiliğine sağlanan katkıları etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı TÜİK tarafından belirlenen 24 bölgenin ipek böcekçiliği açısından benzerliklerinin ve farklılıklarının ortaya konulması, benzer bölgelerin sınıflandırılması ve ipek böcekçiliğine sağlanan katkıların bölgeler bazında belirlenmesidir.

## MATERYAL ve METOD

TÜİK'in bölge sınıflandırmasına göre 2019 yılında 26 bölgenin 24'ünde ipek böcekçiliği yapıldığı belirlenmiştir. Çalışmanın ana materyalini bu 24 bölgede ipek böcekçiliği yapan işletme (hane) sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı verileri oluşturmaktadır. Bölgelere göre dut ağacı sayısına ilişkin veriler bulunamadığından değerlendirmeye dahil edilememiştir.

Bölgelerin ipek böcekçiliği açısından benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koyabilmek amacıyla kullanılan çok boyutlu ölçekleme ile nesnelere ilişkin çok sayıda özellik birlikte değerlendirilerek birimlerin birbirlerine olan uzaklıkları ve yakınlıkları belirlenebilmektedir (Hair ve ark. 1998). Bu yöntemde temel amaç mümkün olduğunca az boyutla, uzaklık değerleri kullanılarak nesnelere yapıyı original şekle yakın bir biçimde ortaya koymaktır (Tatlıdil 2002, Özdamar 1999).

Çok boyutlu ölçeklemede uzaklıklar matrislerinden yararlanılarak çözüme ulaşılmaktadır. Bu nedenle veri tipine göre uygun uzaklık matrislerinin hesaplanması gerekmektedir. Eğer veriler aralıklı ya da orantılı ölçekli olarak elde edilmiş ise uzaklıklar Öklid, Karesel Öklid, Chebychef, Blok ya da Minkowski uzaklıkları biçiminde hesaplanmaktadır (Özdamar 1999). Analizde gerçek şekil ile k-boyutlu uzayda kestirilen şekil arasındaki fark stress değerini oluşturmaktadır. Bu değer çeşitli boyutlar için oluşturulan modellerin uygunluğunu belirtmektedir. Metrik olmayan ölçekleme için stress değeri Eşitlik 1'de verilmiştir ve bu değer sıfıra yakın olması istenmektedir (Johnson ve Wichern 2007).

$$Stress = \sqrt{\frac{\sum \sum (a_{ij} - \hat{a}_{ij})^2}{\sum \hat{a}_{ij}^2}} \quad (1)$$

$\hat{a}_{ij}$  = *i.* ve *j.* bireyler arasındaki veri uzaklığı

$\hat{a}_{ij}$  = *i.* ve *j.* bireyler arasındaki konfigürasyon uzaklığı

Elde edilen çözümün uygunluğu düşük stress oranı ile açıklanmaktadır. Yüksek bir değer ise kötü bir uyumu ifade etmektedir. Kruskal tarafından 1964 yılında sunulan stress değerine karşılık gelen uyumluluk değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (Kruskal 1964).

Çizelge 1. Stress değerlerine göre uyumluluk ilişkisi  
*Table 1. Compatibility relationship by stress statistics*

Stress Değeri <i>Stress Statistics</i>	Uyumluluk <i>Compatibility</i>
= 0.20	Zayıf
0.10 - <0.20	Orta
0.05 - <0.10	İyi
0.025 - <0.05	Çok iyi

Stress istatistiğinin sıfıra yaklaşması uyumun derecesinin arttığını göstermektedir. Çok boyutlu ölçekleme analizinde, verinin elde edilen modele ne oranda uyduğunun ölçüsü 'Uyum İndeksi' olarak adlandırılan R<sup>2</sup> ile belirlenmektedir ve R<sup>2</sup> için 0.60'dan büyük değerler uygun kabul edilmektedir (Hair ve ark. 1998). Bu çalışmada çok boyutlu ölçekleme analizi olarak ALSCAL algoritmasından yararlanılmıştır.

Çalışmada grupların belirlenmesi amacıyla çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan kümeleme analizinden yararlanılmıştır. Kümeleme analizinin genel amacı verileri benzerliklerine göre sınıflandırarak araştırmacıya yorumlanabilir özet bilgiler sunmaktır (Tatlıdil 2002). Sınıflandırma çalışmalarının temelini oluşturan bu analiz yöntemiyle bireylerin ya da nesnelere sınıflandırılması ayrıntılı şekilde açıklanabilmektedir (Erilli 2012). Kümeleme analizi, grupları belirlemede izledikleri yaklaşımlara göre hiyerarşik kümeleme yöntemi ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemi olmak üzere iki temel gruba ayrılır (Blashfield ve Aldenderfer 1978). Veri matrisindeki değişkenlerin başlangıç aşamasında kaç küme oluşturduğuna ve küme elemanlarını belirlemede başlangıçta hangi kriterin seçildiğine göre aşamalı yöntemler iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar birleştirici aşamalı kümeleme yöntemleri ve ayırıcı aşamalı kümeleme yöntemleridir. Kümeleme analizinde kullanılan uzaklık ölçütleri ise Öklid uzaklığı, karesel Öklid uzaklığı, Manhattan uzaklığı, Pearson uzaklığı, Mahalanobis uzaklığı, Minkowski uzaklığı, Karesel Pearson uzaklığı, Hotelling T<sup>2</sup> uzaklığı ve Canberra ölçütüdür. Değişkenlerin kesikli ya da sürekli olmalarına ya da değişkenlerin nominal, ordinal, aralık ya da oransal ölçekte olmalarına göre hangi uzaklık ölçüsünün kullanılacağına karar verilmektedir (Dinler 2014).

Çalışmada ipek böcekçiliği yapan hane sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarına ilişkin veriler değerlendirilerek bölgelerin hiyerarşik kümeleme yöntemi ile sınıflandırılması sağlanmıştır. Hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden biri olan birleştirici

kümeleme yönteminin kullanıldığı bu çalışmada gruplar içi ortalama bağlantı kümeleme yönteminden yararlanılmış olup, uzaklık ölçütü olarak karesel Öklid uzaklığı kullanılmıştır. Sınıflandırma süreci ikili gruptan beşli gruba kadar dört aşamada gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar bölgeler arasında karşılaştırma yapabilmek amacıyla kullanılmıştır.

## BULGULAR

Çok boyutlu ölçekleme analizinden yararlanılarak

Çizelge 2. Bölgelere göre ipek böcekçiliği yapan işletme sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı (2019)  
Table 2. The number of silkworm farms, silkworm egg boxes opened, and the amount of fresh cocoon produced by regions (2019)

Bölge Region	İşletme sayısı The number of silkworm farms	Açılan kutu sayısı The number of silkworm egg boxes opened	Yaş koza üretim miktarı (kg) The amount of fresh cocoon produced (kg)
TR62 (Adana, Mersin)	33	113	187
TR51 (Ankara)	109	310	6 317
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	251	417	9 553
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	172	444	5 343
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	8	60	226
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	29	113	715
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	133	288	5 501
TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)	1	2	5
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	11	36	28
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	173	529	1 288
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	5	17	32
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	6	41	0
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	149	354	8 132
TR52 (Konya, Karaman)	8	9	28
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	10	14	78
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	59	178	147
TR33 (Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak)	25	135	131
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	90	469	1 607
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	15	38	44
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	4	10	73
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	5	11	147
TR10 (İstanbul)	10	19	44
TR31 (İzmir)	93	376	2 149
TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)	663	1909	47 837

Analiz sonucunda n=24 (birim), p=3 (değişken sayısı) ve k=2 (2 boyutlu çözüm) için stress istatistik değerindeki iyileşmenin 0.001'den küçük olduğu değere kadar yineleme devam ettirilmiş ve 5. yinelemede 0.00075 iyileşme değerine ulaşılarak yineleme durdurulmuştur (Çizelge 3). Sıfıra yakın bulunan stress istatistik değeri sonucunda elde edilen çözümün uygun olduğu belirlenmiştir.

Kruskal'ın formülüne göre hesaplanan stress değeri 0.04224 olarak hesaplanmış olup bu değer stress değerleri ve uyumluluk düzeyleri çizelgesine göre çok iyi uyumu ifade etmektedir. Analiz sonucunda %60'ın üzerinde olması beklenen R<sup>2</sup> (açıklayıcılık katsayısı) 0.99745 olarak hesaplanmıştır. Buna göre k=2 boyut

algısal haritada yer alan uzaklıklara göre, 24 bölgenin ipek böcekçiliği yapan hane sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı değişkenleri açısından birbirlerine olan benzerlikleri ve farklılıkları ortaya konulmuştur. Bölgelere ilişkin değişken verileri Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre en fazla işletme sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı TRC2 bölgesinde iken, en az işletme ve açılan kutu sayısı TRA1 bölgesinde ve en az yaş koza üretim miktarı TR72 bölgesindedir.

için stress değeri, verileri %99.75 oranında açıklamaktadır (Çizelge 4).

Çizelge 3. Young stress istatistiği sonuçları  
Table 3. Young's S-stress statistic results

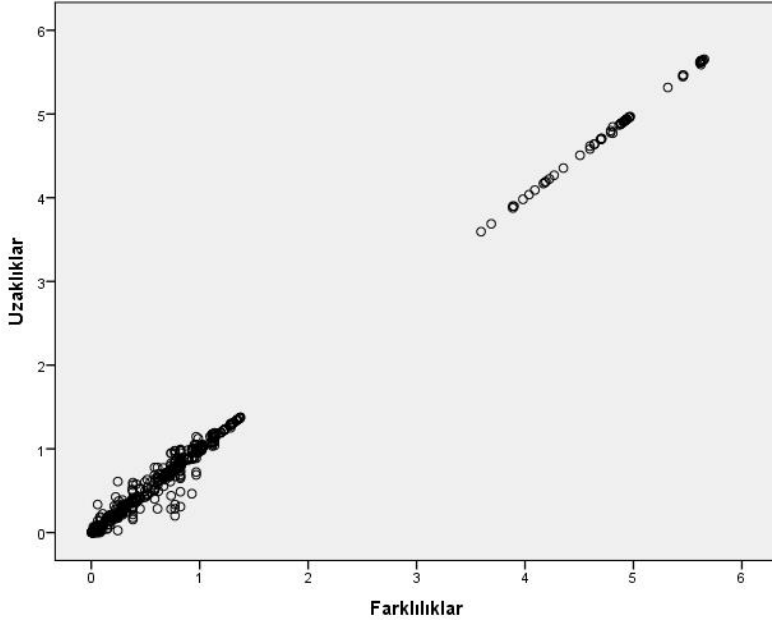
Yineleme Iteration	S-Stress Değeri S-stress statistic	Düzeltilme Correction
1	0.02172	-
2	0.01519	0.00654
3	0.01300	0.00219
4	0.01173	0.00127
5	0.01098	0.00075

Çizelge 4. Stress değerleri

Table 4. Stress statistics

Matris Sonuçları (Matrix Results)	
Stress	RSQ
0.04224	0.99745

Kullanılan verilerin iki boyutlu geometrik gösterimi uyumluluk göstermiş ve gözlemsel uzaklıklar ile farklılıklar arasında doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Uzaklıklar ile farklılıklar arasındaki ilişkiye ait dağılım grafiği

Figure 1. Scatterplot of relationship between distances and disparities

İki boyutlu geometrik gösterime esas olan koordinat değerleri incelendiğinde TRC2 bölgesinin birinci ve ikinci boyutlarda ipek böcekçiliğine yaptığı katkı bakımından diğer bölgelerden önemli düzeyde farklılaştığı saptanmıştır. Pozitif yüklü 1'in üzerinde değerlere (4.3507, 4.4605) sahip olan bu bölge Türkiye'nin ipek böceği yetiştiriciliğinde en büyük etkiye sahiptir. TRC2'nin ardından ipek böcekçiliği yapan hane sayısı ve yaş koza üretim miktarı açısından en fazla paya sahip olan TR61 bölgesi ikinci boyutta 1 değerine en fazla yaklaşan bölgedir ve bu boyutta önemli bir ayrıştırıcı konumundadır. Her iki boyutta 1'in üzerinde negatif değerler alan bölge bulunmamakla birlikte TRA1 bölgesi boyutların her ikisinde de en yüksek negatif değerlere (-0.5793, -0.4380) sahip bölgedir. TRA1 bölgesinde 2019 yılında ipek böcekçiliği yapan hane sayısının 1, açılan kutu sayısının ise 2 olması bu sonucu doğrulamaktadır. Birinci ve ikinci boyut birlikte değerlendirildiğinde birbirine en çok benzeyen bölgeler TR51, TR32, TR41 ve TR42 bölgeleridir (Çizelge 5).

Çalışmada, incelenen bölgelerin birbirlerine olan yakınlık ve uzaklıklarını gösteren farklılıklar matrisi de değerlendirilmiştir. Farklılıklar matrisinde sıfıra yakın değerlere sahip bölgeler incelenen özellikler bakımından birbirine yakın olarak kabul edilirken, ikinin üzerindeki değere sahip bölgeler ise birbirine uzak olarak kabul edilmektedir ve bu bölgeler birbirine daha az benzemektedir (Gevrekçi ve ark.

2011). Elde edilen sonuçlar diğer bölgelere uzaklığı ikinin üzerinde olan tek bölgenin TRC2 bölgesi olduğunu ve bu bölgelerin diğerlerinden belirgin bir şekilde ayrıştığını göstermektedir.

Şekil 2'de iki boyutlu uzayda bölgeler arasındaki ilişkiler gösterilmektedir. Bu koordinat sisteminde toplam ipek böcekçiliği yapan hane sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı bakımından benzer olan bölgeler orijin etrafında gruplanmışken; Şanlıurfa ve Diyarbakır illerinin yer aldığı TRC2 kodlu bölge orijinden uzakta yer almıştır.

Bu iller arasında en belirleyici il ise Diyarbakır'dır. Nitekim Diyarbakır'da ipek böcekçiliği yapan hane sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı sırasıyla 631 hane, 1808 kutu, 47.78 ton iken; Şanlıurfa'da bu değerler 32 hane, 101 kutu ve 0.06 tondur.

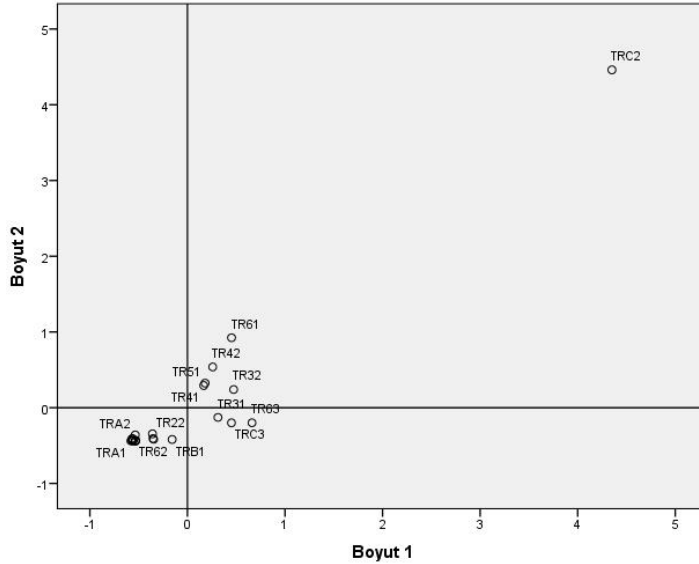
Elde edilen çok boyutlu ölçekleme analizi sonuçları kümeleme analiziyle desteklenmektedir. Beş farklı grupta değerlendirilen kümeleme analizi sonuçlarına göre TRC2 bölgesi her kümelemede farklı bir grupta yer almıştır (Şekil 3).

TRC2 bölgesinde 2019 yılı kutu başına elde edilen yaş koza verimi 25.07 kg'dır. Bu bölgeyi oluşturan Şanlıurfa ve Diyarbakır illerinde yaş koza verimi sırasıyla 0.59 kg ve 26.43 kg'dır (Anonim 2020b). Bu durum TRC2 bölgesinde ipek böcekçiliğine yapılan katkının büyük ölçüde Diyarbakır ilinden kaynaklandığını göstergelerinden biridir.

Çizelge 5. Bölgelerin koordinat değerleri

Table 5. Coordinates of regions

Bölge Region	Boyut 1 Dimension 1	Boyut 2 Dimension 1
TR62 (Adana, Mersin)	-0.3531	-0.4070
TR51 (Ankara)	0.1808	0.3246
TR61 (Antalya, Isparta, Burdur)	0.4519	0.9241
TR32 (Aydın, Denizli, Muğla)	0.4735	0.2399
TRA2 (Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	-0.5348	-0.3606
TR22 (Balıkesir, Çanakkale)	-0.3589	-0.3451
TR41 (Bursa, Eskişehir, Bilecik)	0.1672	0.2925
<b>TRA1 (Erzurum, Erzincan, Bayburt)</b>	<b>-0.5793</b>	<b>-0.4380</b>
TRC1 (Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	-0.5321	-0.4352
TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye)	0.6615	-0.1996
TR82 (Kastamonu, Çankırı, Sinop)	-0.5641	-0.4350
TR72 (Kayseri, Sivas, Yozgat)	-0.5349	-0.4433
TR42 (Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova)	0.2589	0.5373
TR52 (Konya, Karaman)	-0.5641	-0.4319
TR71 (Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	-0.5624	-0.4093
TRB1 (Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	-0.1572	-0.4196
TR33 (Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak)	-0.3457	-0.4172
TRC3 (Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	0.4511	-0.2002
TR83 (Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	-0.5304	-0.4330
TR21 (Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	-0.5684	-0.4331
TR90 (Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	-0.5688	-0.4105
TR10 (İstanbul)	-0.5544	-0.4318
TR31 (İzmir)	0.3127	-0.1284
<b>TRC2 (Şanlıurfa, Diyarbakır)</b>	<b>4.3507</b>	<b>4.4605</b>



Şekil 2. Bölgelerin iki boyutlu uzayda gösterimi  
Figure 1. Two-dimensional space representation of regions

İpek böcekçiliğine ilişkin geçmişi VI. yüzyıla kadar uzanan Diyarbakır ilinde 1910-1914 döneminde yaklaşık 1.000 adet ipekli dokuma tezgahı bulunmaktaydı. Ayrıca Diyarbakır ili Bursa, Edirne, Denizli ve Antalya illeriyle birlikte 1930 yılında ipek böcekçiliği ıslah istasyonu kurulan beş ilden biridir.

Diyarbakır il merkezi başta olmak üzere, 1970'li yıllardan bu yana Silvan, Lice, Kulp ve Hazro ilçelerinde önemli miktarda ipek böceği yetiştiriciliği yapılmaktadır (Kalaycıoğlu 1942, Anonim 2016, Barıtcı ve ark. 2017, Yurtoğlu 2017). Diyarbakır ipek böceği yetiştiriciliği ve ipekli dokumalarının üretim değerleri 2000'li yıllar itibariyle artmaya başlamıştır.

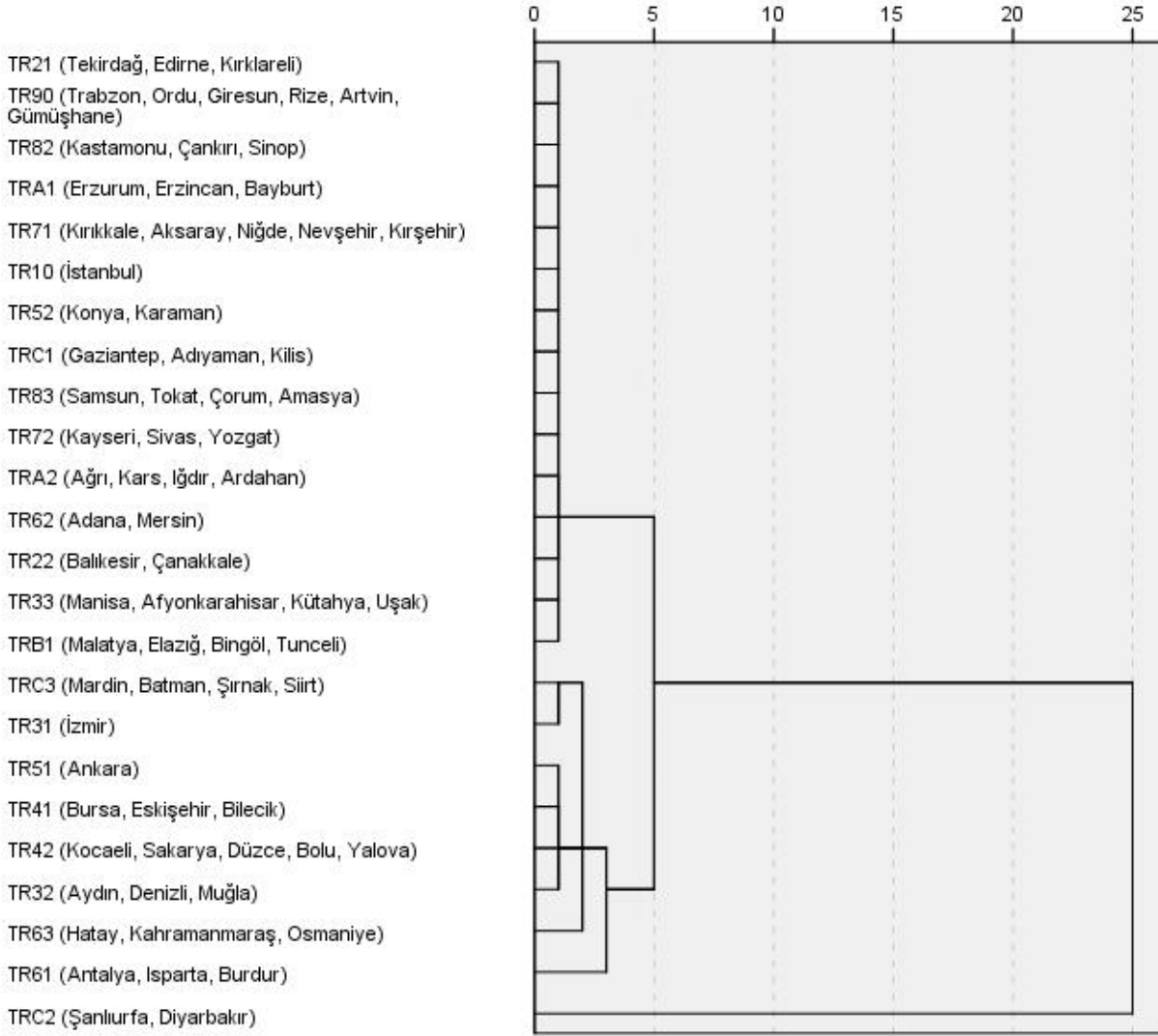
Böylece bölgede yaş koza üretim dönemlerinde kentlerden köylere doğru tersine göç gerçekleşmiş olup, özellikle kadınların üretime katılmasıyla alternatif gelir imkanı sağlanmıştır (Anonim 2016, Barıtcı ve ark. 2017). Nitekim Barıtcı ve ark. (2017) Diyarbakır ilinde yaptıkları araştırmada ipek böceği yetiştiriciliği yapan üreticilerin genel itibariyle bu faaliyet dışında diğer tarımsal faaliyetlerden sağladıkları gelirler ile geçimlerini sağladıklarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada üreticilerin %44.29'unu çiftçilerin oluşturduğu ve %27.14'ünün ise düzenli bir mesleğinin olmadığı saptanmıştır. Kozabirlik'in birlik kooperatifi bulunmayan Diyarbakır'da üreticiler ürettikleri kozaların satışını Kulp ilçe merkezi ve Narlıca köyündeki geçici alım merkezleri aracılığıyla yapmaktadırlar (Taşkaya Top ve ark. 2015).

Kümeleme analizinde 4 gruplu ve 5 gruplu kümelemelerde yeni bir grup oluşturan TR61 bölgesinde yer alan Antalya ili yaş koza üretiminden aldığı %98.34'lük payla bölgenin ipek böcekçiliğinde önemli



bir yere sahiptir. Yaş koza verimi 25.05 kg kutu olan Antalya ilinde 2019 yılında Türkiye toplam yaş koza

üretiminin %10.48'i gerçekleştirilmiştir (Anonim 2020b).



Şekil 3. Bölgelere göre ipek böcekçiliğine ilişkin dendrogram  
Figure 3. Dendrogram of sericulture by regions

TR63 bölgesi ise 5 gruplu kümelemede diğer bölgelerden ayrılarak yeni bir grup oluşturmuştur. Bu bölge TRC2 bölgesinden sonra açılan kutu sayısı (529 kutu) en fazla olan bölgedir. Ayrıca ipek böcekçiliği yapan hane sayısı (173 hane) bakımından TRC2 ve TR61 bölgelerinin ardından üçüncü sırada yer almaktadır. Bölgede yer alan Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinde yaş koza üretim miktarı sırasıyla 343 kg, 229 kg ve 716 kg'dır (Anonim 2020b).

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Gerek kırsal kalkınmaya katkısı gerekse kültürel mirasın korunması açısından önemli bir tarımsal faaliyet olan ipek böceği yetiştiriciliğinden elde edilen koza miktarı her geçen yıl azalmaktadır. Ayrıca Türkiye'de son on yılda ipek böceği kozası reel fiyatında %108 oranında artış gerçekleşmiştir. Türkiye'nin dünyada önemli bir ticaret hacmine sahip

olan ipek ürünleri pazarında istenilen düzeyde gelir elde edebilmesi için ipek böceği yetiştiriciliğine önem verilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. İpek böcekçiliğine yönelik alınacak tedbirlerde ve ipek böcekçiliğine ilişkin olası planlamalarda bölgelerin birbirleri arasındaki benzerlik ve farklılıklarının bilinmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada 24 bölge ipek böcekçiliğine sağladıkları katkılar açısından değerlendirilmiş ve benzer bölgeler sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bölgeler arasında ayrımlar tespit edilmiştir ve TRC2 bölgesi ipek böcekçiliğine en fazla katkı sağlayan bölge konumundadır. TRA1 bölgesi ise en az katkı sağlayan bölgedir. Ayrıca analiz sonuçlarına göre TR51, TR32, TR41 ve TR42 bölgeleri ipek böcekçiliğinde birbirine benzeyen bölgelerdir.

Türkiye'de bölgelere göre değişiklik gösterebilen fiyat,

besleme mekanı, işgücü, yaprak temini, iklim, doğal koşullar ve çevre kirliliği gibi faktörler bölgelerde gerçekleştirilen ipek böceği yetiştiriciliğini etkileyebilmektedir. Bunun sonucu olarak bölgelerin ipek böcekçiliğine sağladıkları katkılar farklılık göstermektedir. Bu çalışmada bölgelerin bu farklılıkları ortaya konulmuş ve benzer bölgeler sınıflandırılmıştır. İpek böcekçiliğine yönelik oluşturulacak politikalarda bu farklılıklar göz önünde bulundurularak ipek böcekçiliğinde daha fazla avantaja sahip olan bölgelerin üretime katkıları artırılabilir. Ayrıca bu bölgeleri diğer bölgelerden ayıran faktörler incelenerek ipek böcekçiliğinin ulusal düzeyde daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine yönelik tedbirler alınabilir. Bununla birlikte çalışmada ipek böcekçiliği; işletme sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı çerçevesinde değerlendirilmiş olup, ipek böceği yetiştiriciliğini etkileyen diğer faktörleri de dikkate alan daha kapsamlı çalışmaların da yapılması gerekmektedir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### KAYNAKLAR

- Adanacıoğlu H, Taşkın T, Kandemir Ç, Koşum N 2018. Türkiye'de Keçi Yetiştiriciliği Ekonomisinin Bölgelere Göre Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi ile Karşılaştırılması. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 55(3): 245-253.
- Anonim 2007. İpekböceği Yetiştiriciliği, Zirai ve İktisadi Rapor 2007-2010. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Yayın No:280, Ankara.
- Anonim 2016. Diyarbakır İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2016 Brifing Raporları, Diyarbakır.
- Anonim 2019a. 2018 Yılı İpekböceği Raporu. Esnaf, Sanatkarlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim 2019b. 2019 Yılında Yapılacak Tarımsal Desteklemelere İlişkin Karar (Karar Sayısı: 1691). Tarih: 24 Ekim 2019 Tarih ve 30928 Sayılı Resmî Gazete, Ankara
- Anonim 2020a. İpekböceği Yetiştiriciliği, <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Hayvancilik/Ipek-Bocekciligi>
- Anonim 2020b. Hayvancılık İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>
- Anonim 2020c. Tarımsal Fiyat İstatistikleri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=110&locale=tr>
- Anonymous 2020a. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>
- Anonymous 2020b. Trade Map. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Anonymous 2020c. Silk in World Markets. <http://www.tradeforum.org/Silk-in-World-Markets/>
- Balasaraswathi S, Lakshmanan S, Mani A, Shanthi AM, Qadri SMH 2010. An Economic Analysis of Cocoon Production in Theni District of Tamil Nadu. Indian J. Seric. 49(1): 81-85.
- Barıtcı İ, Adıgüzel C, Kanat M 2017. Diyarbakır İlinde İpekböceği Yetiştiriciliğinin Genel Durumu. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6(2): 77-82.
- Başkaya Z 2013. Gelişimi ve Dağılışı Bakımından Türkiye İpekböcekçiliğinde Bilecik İlinin Yeri, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Doğu Coğrafya Dergisi 18(30): 257-286.
- Blashfield RK, Aldenderfer MS 1978. The Literature On Cluster Analysis. Multivariate Behavioral Research 13(3): 271-295.
- Camuz E 2017. Hatay İli Defne, Antakya, Samandağ ve Yayladağı İlçelerinde İpek Böceği Yetiştiriciliğinin Genel Durumunun Tespiti, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 55 sy.
- Çelik Ş 2015. Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi ile Hayvancılık Açısından Türkiye'de İllerin Sınıflandırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 31(4): 1-6.
- Davulcu M 2018. Alanya Yöresinde İpek ve İpekböcekçiliği Kültürü Üzerine Halkbilimsel Bir İnceleme. Uluslararası Folklor Akademisi Dergisi 1(3): 335-358.
- Dinler M 2014. Kümeleme Analizi Yöntemlerinin Hayvancılık Verilerinde Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 89 sy.
- Erilli NA 2012. Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analizinde Kullanımı ve Satranç Oyuncularının Sınıflandırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 108 sy.
- Gevrekçi Y, Ataç FE, Takma Ç, Akbaş Y, Taşkın T 2011. Koyunculuk Açısından Batı Anadolu İllerinin Sınıflandırılması. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 17(5): 755-760.
- Gonzalez-Mejia A, Styles D, Wilson P, Gibbons J 2018. Metrics and Methods for Characterizing Dairy Farm Intensification Using Farm Survey Data. PLoS ONE 13(5): e0195286.
- Güler D, Engindeniz S, Can Aydın B, Saner G 2018. Türkiye'de Arıcılığın Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi ile Değerlendirilmesi. 6. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi 15-19 Ekim 2018, Muğla.
- Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC 1998. Multivariate Data Analysis. Fifth Edition, Prentice Hall, Inc, New Jersey, 730 p.
- Johnson RA, Wichern DW 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. Sixth Edition. USA: Prentice Hall.

- Kalaycıoğlu SF 1942. Ziraat Teşkilatımız. İktisadi Yürüyüş, 29 Ekim 1942 tarihli Ziraat Fevkalade Sayısı, s.82.
- Kruskal JB 1964. Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis. *Psychometrika* 29(1): 1-27.
- Lakshmanan S, Ramprakesh, Munikrishnappa HM, Qadri SMH 2012. Economic Performance of Mulberry Sericulture VIS-A-VIS Other Agricultural Crops in Maharashtra a Cross-Sectional Analysis. *Indian Journal of Sericulture* 51(1): 59-63.
- Mattigatti R, Veerabhadrapa BP, Renukarya CK 2009. Yield Gap in Sericulture in Karnataka - An Economic Analysis. *Karnataka J. Agric. Sci.* 22(5): 1046-1050.
- Ozturk I, Orhan H, Dogan Z 2009. Comparison of Principal Component Analysis and Multidimensional Scaling Methods for Clustering Some Honey Bee Genotypes. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(3): 413-419.
- Özdamar K 1999. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 2 (Çok Değişkenli Analizler). Kaan Kitabevi Yayınları, Eskişehir, 502 s.
- Srivastava PP, Vijayan K, Awasthi AK, Kar PK, Thangavelu K, Saratchandra, B 2005. Genetic Analysis of Ailkworms (*Bombyx Mori*) through RAPD Markers. *Indian Journal of Biotechnology* 4(3): 389-395.
- Şahin A, Atış E, Miran B 2008. Daha Etkin Tarım-Çevre Politikaları için Homojen Alanların Belirlenmesi: Ege Bölgesi Örneği. *Ekoloji* 17(67): 15-23.
- Şahinler N, Şahinler S 2002. Hatay İl'inde İpekböceği Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu Sorunları ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Araştırma. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 7(1-2): 95-104.
- Taşkaya Top B 2011. Türkiye İpekböcekçiliğinde Kozabirliğin Rolü. TEPGE Bakış, Temmuz 2011 / ISSN: 1303-8346 / Nüsha: 13.
- Taşkaya Top B, Özudoğru T, Özer OO, Bars T, Polat K., Yasan Ataseven Z, Uçum İ, Albayrak M 2015. Türkiye'de İpekböcekçiliği Yapan İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Yapısının Belirlenmesi. TEPGE Yayın No:263, Ankara, 136 sy.
- Taşkaya Top B, Özudoğru T, Özer OO, Yasan Ataseven Z, Uçum İ, Polat K, Bars T 2014. Türkiye'de Damızlık İpekböceği İşletmelerinin Mevcut Durumlarının Değerlendirilmesi. Ulusal Aile Çiftçiliği Sempozyumu 30-31 Ekim 2014, Ankara
- Tatlıdil H 2002. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz. Ziraat Matbaacılık, Ankara.
- Turgut Ö 2016. Orta Anadolu İllerinin Tarımsal Yapısının Çok Boyutlu Ölçekleme ve Kümeleme Analizleri ile Belirlenmesi. Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 62 sy.
- Türkecul B, Günden C, Abay C, Miran B 2010. The Competitiveness of Turkish Olive Oil on the World Market. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8(2): 68-73.
- Yıldız R, Selvi K., Yarmacı H 2019. Yenice Bölgesinde İpekböceği Yetiştiriciliğinin Durma Sebeplerinin Süreç İyileştirme Yöntemlerinden Sebep Sonuç Diyagramı ile Araştırılması. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi* 14(1): 79-86.
- Yurtoğlu N 2017. Cumhuriyet Döneminde Türkiye'de İpek Böcekçiliği (1923-1950). *Çağdaş Türkiye Tarihi Araştırmaları Dergisi* XVII/34(2017-Bahar): 159-189.
- Yüksel İ 2017. Çok Boyutlu Ölçekleme ile Kümeleme Analizi Yöntemleri Kullanılarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi Koyunculuk Verilerinin İncelenmesi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 74 sy.

## Effect of Sex on Fattening Performance and Carcass Characteristics in Kivircik Lambs

Mehmet KOYUNCU<sup>1\*</sup>, Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ<sup>2</sup>, Serdar DURU<sup>3</sup>, Önder CANBOLAT<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Bursa Uludağ University, 16059 Bursa, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-0379-7492>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9044-8092>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-5243-4458>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-7139-1334>,

✉: [koyuncu@uludag.edu.tr](mailto:koyuncu@uludag.edu.tr)

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of sex on fattening performance and carcass characteristics of Kivircik lambs. Fifty head weaned Kivircik lambs, half males and half females, were used in fattening period. After weaning, the growth and feed consumption of the male and the female lambs fattened for 56 days were recorded. Average daily weight gain differed significantly ( $P<0.01$ ) between the males and the females (294.9 and 214.2 g, respectively). A total of 10 lambs (5 males and 5 females) were slaughtered and the left side of the carcasses was cut into five joints. Dressing percentage (hot/cold) based on full weight and empty body weight were lower ( $P<0.05$ ) for the males than the female lambs. Sex had a significant effect on kidney-knob and channel fat weight, *M. longissimus dorsi* section area (MLDA) and liquid expelled ( $P<0.01$ ). Sex primarily affected the quantity of all types of fat deposits. The male lambs had higher muscle, muscle/bone and muscle/total fat ratios than females.

### Research Article

#### Article History

Received : 11.02.2020

Accepted : 18.07.2020

#### Keywords

Lamb

Sex

Fattening Performance

Carcass Characteristics

## Kıvırcık Kuzularında Besi Performansı ve Karkas Özellikleri Üzerine Cinsiyetin Etkisi

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Kıvırcık kuzularında cinsiyetin besi performansı ve karkas özellikleri üzerine etkisini değerlendirmektir. Besi döneminde yarısı dişi yarısı erkek olmak üzere 50 baş süttan kesilmiş Kıvırcık kuzu kullanılmıştır. Süttan kesimden sonra 56 gün boyunca beslenen erkek ve dişi kuzuların büyüme ve yem tüketimi belirlenmiştir. Ortalama günlük canlı ağırlık kazancı bakımından erkek ve dişi kuzular (sırasıyla 294.9 ve 214.2 g) arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Toplam 10 baş (5 erkek ve 5 dişi) kuzu kesilmiş ve karkasların sol tarafı beş parçaya bölünmüştür. Karkas randımanı (sıcak/soğuk) erkek kuzularda dişi kuzulara göre daha düşük bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Cinsiyetin, böbrek-leğen boşluğu yağları, *M. Longissimus dorsi* kesit alanı (MLDA) ve su tutma kapasitesi üzerine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır ( $P<0.01$ ). Cinsiyet öncelikle karkastaki her türlü yağ değerleri miktarı üzerinde etkili olmuştur. Erkek kuzuların kas, kas/kemik ve kas/toplam yağ oranları dişi kuzulardan daha yüksek bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 11.02.2020

Kabul Tarihi : 18.07.2020

#### Anahtar Kelimeler

Kuzu

Cinsiyet

Besi Performansı

Karkas Özellikleri

**To Cite :** Koyuncu M, Özış Altınçekiç Ş, Duru S, Canbolat Ö 2021. Effect of Sex on Fattening Performance and Carcass Characteristics in Kivircik Lambs. KSU J. Agric Nat 24 (1): 221-230. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.687693>.

### INTRODUCTION

When revenues obtained in sheep-raising in Turkey are taken into consideration, meat production is seen to have an important place compared to other products. Withal, young animals with rapid live weight increase and high ability to feed conversion ratio are preferred for meat production. For this purpose, lambs are generally exposed to intensive fattening for 2-3 months after weaning and sent for slaughtering at the high

quality meat period. In lambs, animal (breed, sex, age, birth type, initial live weight, condition) and environmental (care-feeding, shelter conditions, season, diseases and marketing) conditions have effects on fattening performance. However, sex is more important factor in fattening and it affects fattening duration and carcass composition. Abdullah and Qudsieh (2009) reported that slaughtering of Awassi male lambs at weights up to 30 kg, resulted in higher dressing-out percentage, better carcass composition



and quality than ram lambs slaughtered at lighter or heavier weights.

A study examining the effect of sex in lamb fattening found that the male lambs had higher live weight gain and carcass weight (Dransfield et al., 1990). Moreover, another study investigating the effect of sex on lamb meat quality determined that there was not a significant difference between the male and the female lambs in terms of the shear force applied to *M. longissimus lumborum* or *M. vastus lateralis* (Lambe et al., 2010). A study by Barone et al., (2007) indicated that the age and feeding system caused differences in carcass and carcass piece characteristics. Moreover, they also found that the male lambs had especially lower neck, breast, shoulder and long leg fat ratios but higher shoulder meat ratio compared to their female counterparts. It was stated that sex did not have an effect on some meat quality traits such as tenderness (Kemp et al., 1980), but in some studies, it was found that the male (Johnson et al., 2005) or the castrated lambs (Hopkins et al., 2007) had tougher meat than the female ones.

The sheep of Kivircik breed are prevalently raised generally in the regions of Thrace, Marmara and North Aegean in Turkey and has a combined yield. Since the fat of this breed is dispersed between muscle and muscle fibers, it gives meat tenderness and taste. However, there are not a sufficient number of studies aiming to look in the carcass characteristics of different sexes of the Kivircik lambs.

The main purpose of this study is to investigate the effect of sex on carcass characteristics and fattening performance.

## MATERIALS and METHODS

### Animals, Management and Treatments

The animal material of the study was composed of a total of 50 (25 males and 25 female) weaned lambs of Kivircik breed found in the livestock unit of the Research and Application Center of the Faculty of Agriculture of Bursa Uludag University. Since oestrus is synchronized in sheep, 85-90% of births were completed in a week. Therefore, there was no significant age difference among the lambs used. In addition, it was emphasized that there was no difference between the sexes in terms of fattening initial weight. The lambs were weaned at about 9 weeks of age, and fattening started at the age of 10 after a week of training period. Prior to the study, the lambs were separated into two groups based on sex and the weights of both groups were close to each other. Ration began to be given to lambs one week before study. Lambs were offered concentrate diet ad libitum. The ingredient and chemical composition of concentrate diet is presented in Table 1. Water was available ad libitum. Feed consumption and live

weights were recorded biweekly with a scale sensitive to 0.1 kg. Animals were not allowed to access feed and water for 12 hours before weighing. This study was approved by the Ethical Committee of Animal Experiments, Uludag University (Number: 2017/09-01).

Table 1. Ingredient and chemical composition of the concentrate diet

### Çizelge 1. Karma yemin içeriği ve kimyasal kompozisyonu

Ingredients (İçerik)	Concentrate % (Miktar)
Wheat	65.0
Corn	10.0
Sunflower meal	23.0
Salt	0.5
Limestone	1.4
Mineral-vitamin premix *	0.1
<b>Chemical composition of the diet, (% DM)</b>	
<b>Rasyonun besin madde içeriği, (% KM)</b>	
Organic matter, %	94.83
Crude protein, %	18.32
Crude ash, %	5.17
Crude fat, %	2.47
Crude dietary fibre, %	10.76
Nitrogen-free matter, %	63.24
Acid Detergent Fiber (ADF), %	15.08
Neutral Detergent Fiber (NDF), %	25.43
Metabolic energy, kcal/kg KM	2860

\*Vitamin-trace mineral pre-mix provides per kg of mixed ration: 5000 IU Vitamin A; 2000 IU Vitamin D; 10 mg Vitamin E; 1 mg Co; 1 mg Cu; 13 mg Fe; 60 mg Mg; 1.6 mg I; and 60 mg Zn.

### Feedlot Traits

In the study, group feeding was applied and the feeds that were fed and left with lambs were weighed every 14 days during the fattening. At the end of the 56-day fattening period, lambs were weighed after fasting for 12 hours with free access to water. Immediately after dressing, carcass comprised the body after removing the skin, head, fore legs, hind legs and the viscera. Kidneys, kidney-pelvic fat were retained in carcass, and testes and scrotal fat were removed. Hot carcass weight and weights of the head, skin, heart, liver, lungs-trachea, kidney and spleen were recorded. The gastro-intestinal tract was also weighed full and emptied. The results were expressed as a percentage of live weight at slaughter. Empty body weight (EBW) was calculated by deducting the weight of digesta. Dressing percentage was calculated based on both full live weight and EBW.

### Slaughter and Carcass Traits

In both groups, 5 lambs close to the average of fattening weight were selected and a total of 10 lambs were slaughtered. The lambs were slaughtered at Agricultural Faculty Research Farm, where they were

kept at +4 °C for 24 hours and jointed and evaluated. After chilling the carcasses for 24 h at 4 °C, cold carcass weights were recorded. Moreover, the following values representing the carcass shape were calculated as well (Colomer-Rocher et al., (1987).

carcass conformation = chest width / carcass length  
 carcass compactness = carcass weight / carcass length  
 long leg conformation = long leg width / long leg length

After chilling, carcasses were split down the dorsal mid-line. The left side was divided into five primal cuts: neck, flank, ribs, shoulder and long leg as described by Colomer-Rocher et al., (1987).

From the obtained data, the rates of the carcass dressings, chilling losses, by products, various organs and the carcass pieces were calculated. Following the chopping procedure, the ribs joints including the 6th-12th vertebrae was separated into tissues, bone, muscle, subcutaneous fat and intermuscular fat after it had been cut off from ribs. From the left cold carcass, the *M. longissimus dorsi* section area (MLDA) and the backfat thickness were determined on the surface of the *Longissimus thoracis* and *Lumborum* located in the region between the 12th-13th vertebrae.

To determine of the liquid expelled of the meat, by using the filter paper method, a piece of dry filter paper, whose weight is known, was slightly pressed on 5 g of meat with a weight of 2000 g for 5 minutes. Here, the free water in the muscle passed to the paper under the effect of capillary forces and its amount was calculated in weight (Kauffman et al., 1986).

### Meat Chemical Composition

For the determination of the dry matter in the meat samples, 3 g of meat was weighed and put into desiccators and kept in the drying oven at 105 °C for

12 hours. At the end of the duration, the chilling samples were weighed again and the dry matter was determined via comparing the difference between the first weighing and the last weighing to the first weighing. For the determination of ash, 3 g of meat samples were put into crucibles, whose tares were determined; then, they were kept in the combustion furnaces at 550 °C for 6 hours; finally, after being taken out of the combustion furnaces at the end of the duration and chilled in the desiccators, the crucibles were weighed again and the ash rate was calculated via comparing the difference between the first weighing and the last weighing to the first weighing. The protein analysis was made on the Kjeldahl device based on wet burning and the intramuscular fat amount was calculated on Sokslet device via the Ether Extraction method (AOAC, 1995).

### Statistical Analysis

The data obtained from the study was applied to two independent sample t-test (SPSS, 2007). Firstly, the data was applied the normality test and according to Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk test results, the values in the males and the females showed normal distribution. Later, if the variances were homogenous was tested via Levene's Test and they were seen to be homogeneous. Finally, the significance of the difference between groups was determined via t test.

## RESULTS and DISCUSSION

### Feedlot Traits

The fattening performances of the male and the female lambs of Kivircik breed used in the study were determined and given in Table 2.

Table 2. Fattening performance characteristics

Çizelge 2. Besi performansı özellikleri

Traits (Özellikler)	Male (Erkek)	Female (Dişi)	T-Value (T-Değeri)	Pooled StDev (Ortak standart sapma)	P
Initial live weight (kg)	25.8±0.34	25.6±0.45	0.4	2.00	
Final weight (kg)	42.4±0.59	37.6±0.63	5.5	3.08	**
Daily live weight gain (g)	294.9±11.00	214.2±7.64	5.9	47.66	**
Feed conversion (kg)	5.2±1.00	6.6±0.77			
Daily average feed consumption (kg/day)	1.40	1.39			

\*\* P<0.01

When the fattening performance data was examined, it was found that although there was not a statistical difference between the initial average live weights (P>0.05), the difference between the live weights of the male and female lambs at the end of fattening was found significant (P<0.05). During the fattening, the average daily live weight gain was found higher in the male lambs compared to the female ones (P<0.05). During the fattening, the daily average feed consumption was determined as 1.40 kg/day in the

male lambs and 1.39 kg/day in the female lambs.

Although the daily weight gain of lambs was higher in males than females, there was no difference between the sexes for feed conversion rate. The results that there were differences between the growth rates of the male and the female lambs as an answer to their crude protein intake was reached in the studies made with different sheep breeds (Ørskov et al., 1971; Askar et al., 2006; Craigie et al., 2012; Yavuz et al., 2019). Rodríguez et al. (2011), Craigie et al. (2012) and El

Fadili (2012) were reported that the male lambs' feed consumption and feed conversion ratio were better than the female ones ( $P<0.05$ ). In a study made by Altın et al., (2005), it was expressed that although the feed consumption was higher in the male lambs, feed conversion ratio was higher in the female ones ( $P<0.05$ ). However, in this study, it was determined that sex did not make a difference between feed consumption and feed conversion ratio. Similarly, Sarıççek et al., (1996) reported that sex did not make a difference between the male and the female 8-week-old weaned lambs in terms of feed consumption and feed conversion ratio. It is observed that the values which Gökdal et al., (2012) determined that daily live weight gain and feed conversion of Kivircik male lambs were lower than the results reached in this study. However, it shouldn't be forgotten that different genotypes and different fattening conditions (feeding methods, duration, birth type, sex and age) will make a direct comparison difficult.

### Slaughter and Carcass Traits

The slaughter and carcass traits of the male and the female lambs used in the study were determined and given in Table 3 and Table 4.

The difference between sex was found significant in terms of slaughter characteristics as slaughter weight, hot carcass weight, hot dressing, head, four legs, intestine, lungs-trachea, heart and liver weight ( $P<0.01$ ;  $P<0.05$ ). In terms of carcass characteristics, cold carcass weight and the MLDA were found higher in the male lambs compared to the female lambs

( $P<0.01$ ;  $P<0.05$ ).

The parts in the left cold carcass belonging to the male and the female lambs used in the study and their proportional values were determined and given in Table 5. When the results of the study were examined, it was determined that the difference between the sexes was statistically significant in terms of neck weights and flanks ( $P<0.05$ ).

Similarly, to the results of this study, the male lambs were reported to have a higher value in terms of carcass weight compared to the female ones (Barone et al., 2007; Peña et al., 2005). This can be explained by the male physiology containing a rapid growth and, hence, more bone-length growing (Wylie et al., 1997). Similarly, to the results of this study, Žgur et al., (2003) reported that sex affected especially liver and head weight significantly ( $P<0.01$ ); on the other hand, Carson et al., (1999) reported that sex did not have an effect on the lambs' components not included in the carcass. Parallel to the increase in animals' live weights, their muscles, fat and bone tissues increase as well. Total tissue mass composes hot and cold carcasses and the difference between hot and cold carcass weights arises from moisture loss during storage. In this study, the hot dressing value was found higher in the female lambs compared to the male ones. Similar results were reached in different sheep breeds. In previous studies, it was reported that sex had an effect on hot dressing and the female lambs had a higher value compared to the male ones (Craigie et al., 2012; Santos et al., 2015; Žgur et al., 2003). In another

Table 3. Slaughter characteristics of lambs (kg)

Çizelge 3. Kuzuların kesim özellikleri (kg)

Traits (Özellikler)	Male (Erkek)	Female (Dişi)	T-Value (T-Değeri)	Pooled StDev (Ortak standart sapma)	P
Slaughter weight, SW (kg)	42.5±0.40	37.5±0.88	5.1	1.53	**
Hot carcass weight	20.5±0.16	19.0±0.44	3.1	0.74	*
Empty Body Weight, EBW (kg)	39.3±0.45	34.6±0.84	4.8	1.51	**
Hot dressing percentage for SW (%)	48.2±0.74	50.7±0.54	2.7	1.45	*
Hot dressing percentage for EBW (%)	52.2±0.83	54.9±0.65	2.6	1.67	*
Head weight	2.3±0.07	1.5±0.08	7.1	0.17	**
Skin weight	4.2±0.25	4.0±0.23	0.6	0.54	
Four legs weight	0.9±0.04	0.7±0.06	3.3	0.12	*
Stomach weight (full)	4.5±0.19	4.2±0.19	1.0	0.43	
Stomach weight (empty)	1.28±0.08	1.32±0.07	0.4	0.16	
Weight of digesta (kg)	3.2±0.19	2.8±0.15	1.3	0.38	
Intestine weight	3.4±0.13	2.8±0.23	2.3	0.42	*
Inner fat weight	1.02±0.70	0.67±0.05	0.5	1.11	
Lungs-trachea weight	1.88±0.07	1.55±0.05	3.8	0.14	**
Spleen weight	0.204±0.12	0.178±0.12	0.2	0.27	
Heart weight	0.188±0.01	0.144±0.01	3.1	0.02	*
Lung weight	0.760±0.04	0.636±0.04	2.0	0.10	
Liver weight	0.969±0.04	0.782±0.02	4.5	0.07	**
Testis weight	0.228±0.04	-			

\*  $P<0.05$ , \*\*  $P<0.01$

Table 4. Carcass measurements of lambs

*Çizelge 4. Kuzuların karkas ölçüleri*

Traits (Özellikler)	Male (Erkek)	Female (Dişi)	T-Value (T-Değeri)	Pooled StDev (Ortak standart sapma)	P
Cold carcass weight (kg)	20.0±0.11	18.7±0.43	2.9	0.71	*
Cold dressing (%)	47.2±0.65	50.0±0.56	3.2	1.36	*
Chilling losses (%)	1.03±0.20	0.74±0.04	1.4	0.32	
Kidney weight (kg)	0.372±0.23	0.105±0.01	1.2	0.36	
Kidney-knob and channel fat weight (kg)	0.241±0.03	0.675±0.09	4.8	0.14	**
Long leg length (cm)	25.6±1.17	23.6±0.98	1.3	2.41	
Long leg width (cm)	9.0±0.84	8.4±0.24	0.7	1.38	
Long leg depth (cm)	10.4±0.51	11.0±1.05	0.5	1.84	
Long leg girth (cm)	31.4±1.91	28.6±0.98	1.3	3.40	
Chest width (cm)	24.6±1.44	26.6±0.51	1.3	2.41	
Chest depth (cm)	25.6±1.94	28.6±1.63	1.2	4.01	
Rump width (cm)	20.4±0.24	17.8±1.11	2.3	1.80	
Carcass length (cm)	66.4±1.63	66.2±1.74	0.1	3.77	
Carcass conformation	0.372±0.03	0.403±0.01	1.1	0.04	
Carcass compactness	0.303±0.01	0.284±0.01	1.8	0.02	
Long leg conformation	0.350±0.02	0.357±0.01	0.3	0.04	
<i>M. longissimus dorsi</i> section area (cm <sup>2</sup> )	16.2±0.94	12.7±0.24	3.7	1.53	**
Backfat thickness (mm)	3.7±0.34	5.4±0.77	2.0	1.32	
Liquid expelled (%)	3.1±0.08	3.9±0.09	6.5	0.19	**

\* P<0.05, \*\* P<0.01

Table 5. Weight and proportional values of the parts in the left half carcass

*Çizelge 5. Sol yarım karkasta yer alan parçaların ağırlığı ve oransal değerleri*

Traits (Özellikler)	Male (Erkek)	Female (Dişi)	T-Value (T-Değeri)	Pooled StDev (Ortak standart sapma)	P
Left half carcass weight, kg	9.8±0.15	9.2±0.25	2.1	0.47	
Neck weight, kg	0.49±0.05	0.37±0.01	2.7	0.07	*
Neck, %	5.0±0.49	4.0±0.13	1.967	0.809	
Shoulder weight, kg	1.92±0.10	1.63±0.08	2.2	0.20	
Shoulder, %	19.5±0.97	17.7±0.51	1.627	1.735	
Back-loin weight, kg	2.54±0.24	2.47±0.15	0.2	0.45	
Back-loin, %	25.8±2.10	26.8±1.28	0.442	3.885	
Flanks weight, kg	1.27±0.09	1.42±0.06	1.4	0.17	
Flanks, %	12.9±0.78	15.3±0.33	2.851	1.343	*
Long leg weight, kg	3.5±0.13	3.3±0.09	1.4	0.25	
Long leg, %	35.8±1.67	35.9±1.28	0.061	3.325	

\* P<0.05

study where the dressing was found similar, it was reported that this value was 41.31% in the male and 41.11% in the female Romanov and Suffolk x Romanov sheep (Kuchtik et al., 2011). The finding that the male and the female lambs did not differ in terms of stomach weight is similar to the one obtained from another study reporting that sex did not have an effect (Rodríguez et al., 2008) While the cold carcass weight was reported to be between 13.72-16.5 kg in Kivircik lambs, it was reported to be between 15.66-19.45 kg in some cross breeding studies on Kivircik sheep by Özcan et al., (2001) and reported as 18.0 kg by Yavuz et al., (2019). Carcass weight depends on both fat and muscle content together with dressing. Evaporation of moisture emerging during chilling is responsible for carcass weight loss. That female lambs have more

carcass fat compared to male lambs slows down moisture loss (Johnson et al., 2005). The finding of this study that the female lambs had low chilling loss is an indication of this. It is observed that the cold dressing values in Asaf and Merino x Asaf male and female lambs were lower but the chilling loss was higher than the ones obtained in this study (Rodríguez et al., 2011). However, El Fadili (2012) reported that although the males were superior in terms of carcass weight, the females were better in terms of dressing, which is similar to this study. On the other hand, there are also studies reporting that sex does not have an effect on cold dressing and chilling loss (Santos et al., 2007). The dressing superiority in the female lambs can be explained by their tendency to accumulate more fat in their carcasses compared to their male counterparts.



This superiority is also apparent in some previous studies (Díaz et al., 2003; El Fadili, 2004). In this study, it was revealed that sex had an important effect on kidney-pelvic fat amount and it was determined that the female lambs had two and half times more fat compared to the male ones ( $P < 0.01$ ). In line with previous studies (Ruiz de Huidobro and Jurado, 1989; Santos et al., 2000), the carcass dressing was found to be high in the female lambs particularly due to excessive kidney-pelvic fat. In another study made on male Kivircik lambs, it was observed that this value was rather close to the one found in the male lambs (Gökdal et al., 2012). This difference arising based on sex was explained by the fact that the growth rate was low and the fat accumulation rate was higher in the females compared to the males (Askar et al., 2006). Although there were differences in the carcasses of the males and the females in terms of fat storage, the biggest difference was seen in kidney-pelvic fat and the smallest difference was observed in intermuscular fat storages (Rodríguez et al., 2008; Sañudo et al., 1998). As it is known, the fat amount in the carcass increases importantly together with age. That the lambs grew to be about 5-month-old at the end of the fattening reveals the existence of an important relationship between this arising situation and the high fat values determined in the carcasses.

Similarly, to the study results, it was reported that the linear measurements taken over the carcass was not affected by sex (Camacho et al., 2013; Craigie et al., 2012; Rodríguez et al., 2011; Santos et al., 2015). However, at the point of obtaining a longer carcass, it was reported in different studies that male the lambs were more advantageous than the female ones (Díaz et al., 2003; Kashan et al., 2005; Wood et al., 1980). While Kivircik comes to the forefront among the domestic breeds in terms of carcass length (73.84), it is followed by the Turkish Merino (72.71), Ramlıç (69.80), Sakız (69.42) and Imroz (68.67) (Ekiz et al., 2009). The values of 66.2 and 66.4 cm found in the study were lower than these results. Of the carcass measurements in Rambouillet and Suffolk x Dorper sheep, the leg length, leg girth and carcass length values were similar to the results of this study (Arvizu et al., 2011). It was reported in some previous studies that there was an increase in the carcass measurements and the conformation indexes in parallel to the increasing carcass weight (Díaz et al., 2003; Santos et al., 2007). In this study, it was observed that sex did not make a significant difference in terms of the carcass conformation and the density calculated by benefiting from the carcass measurements and the leg conformation values. The interpretation made by Santos et al. (2015) for the muscle components and the carcass density and the leg conformation values given by Camacho et al. (2013) for the male and the female lambs were similar to the results of this study. It can

be stated that the carcass conformation values in the male lambs can be compensated via higher fat content in the female lambs and this removes the differences in the slaughter weight. It is reported that since the lambs get heavier as their slaughter age advances, especially females get better carcass conformation in accordance with the allometric coefficient of the fat covering (Domenech García et al., 1989). With normal growth and development, the shape, size and conformation of the animal change and, for this reason, as the weight and age increase, the animals' linear body sizes increase until they reach their mature sizes and as they approach maturity, these linear sizes become constant.

The MLDA is one of the important criteria in the determination of muscle development; this value was found as 16.2 cm<sup>2</sup> and 12.7 cm<sup>2</sup> in the male and the female lambs, respectively ( $P < 0.01$ ). On the other hand, the value of 15.26 cm<sup>2</sup> found by Gökdal et al. (2012) in the Kivircik lambs was lower than the result found in this study for the male lambs but higher than the one found for the female lambs.

Although the fat thickness on the upper part of the MLDA was not important among sex groups, it was found 5.4 mm in the female lambs and 3.7 mm in the male lambs. This result was also related with the finding that the kidney-pelvic fat amounts of the female lambs were higher than the ones of the male lambs. In this scope, it was reported that the female lambs had more fat than the male lambs in the general and tissues of the carcass can be explained by the fact that female lambs get matured more rapidly than male lambs (Butterfield, 1988). Although sexual dimorphism shows different live weights depending on breed, the parts not included in the carcass and the fat amount on the carcass increase as the lamb develops and it was put forward that the more rapidly the animal develops, the more the fat accumulation becomes (Grings et al., 1999).

The liquid expelled of the meat is important economically and technologically. While this value was 3.9% in the female lambs, it was found as 3.1% in the male lambs ( $P < 0.01$ ). It needs to be stated that the liquid expelled increases depending on the pH increase following the slaughtering, but different results were obtained in this study. In this case, it is considered that cold contraction has an effect on liquid expelled and it was reported that cold contraction had a high effect on carcasses with low fattening and high pH (Kannan et al., 2006). The cavity between myofibrils decreases depending on cold contraction and water comes out of the meat. It were reported that low pH values in female lambs decrease liquid expelled, that is to say, increase drop losses (Díaz et al., 2003). It was reported in some studies that fatty carcasses had higher liquid expelled (Sañudo et al., 1998), it was reported in others that there was not a significant difference (Díaz et al.,

2003; Santos et al., 2007). It was reported in many studies that a low final pH value decreased the liquid expelled in the meat samples due to the increase in the pH drop following the slaughtering and increases cooking loss (Santos et al., 2007).

In order to evaluate slaughter characteristics more healthily, it is clear that slaughter weight need to be based on. In previous studies, it was found that the importance of the applied fattening method, initial live weight, fattening duration and breed was rather great and these affected slaughter characteristics considerably.

Evaluations are generally made over the ratios of the parts on the carcass. Although it was observed in previous studies that especially the share of the ratios of legs, shoulder and ribs, which are valuable carcass parts, on the total carcass was above 70%, the result appearing in this study was about 80% for the mentioned parts. At this point, it is reported that the change in the lamb carcass parts together with age at the time of slaughtering results from differences in the developments of the tissues in the different parts of the body (muscle, fat and bone) according to the live weight (Butterfield, 1988; Teixeira et al., 2005). In this study, the weight and the ratios of some carcass parts in the left cold carcass were shown in Table 5.

When it was taken in hand in terms of weight between the sex groups, the difference between neck and proportionally flank was found significant ( $P < 0.05$ ). Although Altın et al., (2005) reported that there was not a difference between the ratios of the parts of the male and female Kivircik and Karya lambs in terms of shoulder, ribs, leg and tail ( $P > 0.05$ ), it was observed that the males were taller ( $P < 0.05$ ) and the proportional values given for shoulder (18.53), ribs (22.53), leg (30.59), neck (9.01) and flank (13.34) in the Kivircik lambs were generally slightly lower than the results of this study. In previous sex-based studies made on this subject, the leg and neck weights or ratios attracted attention. While Žgur et al., (2003) reported that sex affected the neck, shoulder, ribs ratios ( $P < 0.05$ ) and the neck and shoulder ratios were high in the males, but the ribs ratios were low, Peña et al., (2005) reported that the neck and leg ratios developed more in the male Sequera lambs were different from the ones in the females, Miguélez et al., (2006) reported that sex did not affect the commercial part ratios except for the neck ratio, Santos et al., (2015) reported that sex did not have a significant effect on the carcass parts except for the leg ratio in the Churra lambs. Moreover, Díaz et al., (2006) obtained similar results, too, and more development was observed in the neck and shoulder because of the reaction which some muscles in the joints of the male lambs gave to the effect of testosterone. There are also studies reporting that the difference between the weights or ratios of the carcass parts was not affected by sex in the lambs (Kaić

et al., 2016; Santos et al., 2007; Teixeira et al., 2005).

In terms of tissue parts located in the rib area, although female lambs take a high value for the bone and fat ratios, it is not significant; on the contrary, in terms of evaporation losses, muscle/bone and muscle/total fat ratios, the difference in favor of male lambs is observed to be significant ( $P < 0.05$ , Table 6). One reason for the high evaporation losses obtained in this study may be that the ideal ambient conditions for dissection (eg temperature and humidity) were not fully achieved. Gerrard and Grant, (2003) reported that bone growing is minimum following the development of skeletal system; on the contrary, muscle growth increases rapidly and becomes the biggest component of the carcass rapidly; fat amount is very low at birth and remains at similar level until muscle growth decreases or reaches plato. In this study, the difference appearing between sexes in terms of fat reveals the result those animals are slaughtered at a period when they start to accumulate fat after reaching a plato in muscle development. Kaić et al., (2016) reported that the females of Istrian lambs had more fat than their male counterparts and lower muscle content. This is an indication of the fact that the females' having bigger daily average weight gain than males can neutralize the effect of a greater intermuscular fat content. Kashan et al., (2005) found in the male and female Chaal and Zandi lambs that the muscle/bone ratios were 2.7 and 2.8 respectively and the muscle/bone ratios were 1.5 and 1.2 respectively, which are higher than the results of this study. At the point of affecting the tissue composition in lamb carcasses, while the difference appearing between sexes was insignificant in some previous studies (Camacho et al., 2013; Peña et al., 2005; Rodríguez et al., 2011; Santos et al., 2007), it was found significant in some other studies (Díaz et al., 2006; Kashan et al., 2005; Žgur et al., 2003).

### Meat Chemical Composition

In the study, the values related to the chemical composition of *Longissimus dorsi* muscle were given in Table 7.

While a significant difference was not found between the sex groups in terms of dry matter, water, crude ash, organic substance and crude protein, the crude fat value was found high in the female lambs ( $P < 0.01$ ). It was observed that difference was between the kidney-pelvic cavity fats in the male and the female lambs. These results fall within the interval of values reported by other researchers for different breed of lambs slaughtered at a similar live weight (Rodríguez et al., 2008; Sañudo et al., 1998). Rodríguez et al. (2011) found that the effect of sex on carcass composition in Asaf and Merino x Asaf lambs took place only in the content of water ( $P < 0.01$ ), but, although it was insignificant, the fat content in the females was 14%

higher than the males. At this point, it is reported that decreasing moisture and increasing fat ratio is explained by the fact that as weight increases, moisture changes into fat in body tissues (Davies, 1989). Kashan et al., (2005) found that while protein (14.4 and 13.8 respectively) and fat (33.0 and 35.5 respectively) were significant ( $P<0.05$ ) in the meat samples of the male and the female lambs, water (51.0 and 49.1 respectively) and ash (0.80 and 0.73

respectively) were insignificant. It was reported in many studies that the chemical composition in the samples taken from the male and the female lambs were insignificant (Santos et al., 2007; Sañudo et al., 1998). Gökdal et al. (2012) found the water, ash, protein and fat values as 73.4%, 1.0%, 19.5% and 3.6% respectively in the meat samples of the Kivircik male lambs.

Table 6. Proportions and weight of tissue composition in ribs

Çizelge 6. Pirzola bölgesi doku kompozisyonu ağırlığı ve oranları

Traits (Özellikler)	Male (Erkek)	Female (Dişi)	T-Value (T-Değeri)	Pooled StDev (Ortak standart sapma)	P
Ribs weight, kg	381.0±21.07	422.4±35.12	1.0	64.75	
Bone weight, kg	43.2±4.43	68.0±12.14	1.9	20.44	
Bone, %	11.5±1.44	15.7±1.71	1.858	3.536	
Muscle weight, kg	156.6±7.34	138.6±10.61	1.4	20.40	
Muscle, %	41.3±1.69	33.2±2.00	3.096	4.141	*
Subcutaneous fat weight, kg	103±12.82	139.2±15.70	1.8	32.04	
Subcutaneous fat, %	26.9±2.67	33.0±2.45	1.690	5.729	
Intermuscular fat weight, kg	60.0±10.73	64.4±7.45	0.3	20.66	
Intermuscular fat, %	15.5±2.18	15.1±1.09	0.138	3.859	
Total fat weight, kg	163.0±17.85	203.6±20.61	1.5	43.11	
Total fat, %	42.3±2.48	48.1±2.70	1.580	5.794	
Evaporation losses, %	4.8±0.54	3.1±0.36	2.699	1.028	*
Muscle/Bone, %	3.8±0.49	2.2±0.25	2.906	0.877	*
Muscle/Total fat, %	1.0±0.10	0.7±0.08	2.318	0.197	*

\*  $P<0.05$

Table 7. Chemical Composition of *M. longissimus dorsi* in lambs (%)

Çizelge 7. Kuzularda *longissimus dorsi* kasının kimyasal kompozisyonu (%)

Item (İçerik)	Male (Erkek)	Female (Dişi)	T-Value (T-Değeri)	Pooled StDev (Ortak standart sapma)	P
Dry matter	63.9±1.11	62.7±0.63	0.955	2.0193	
Water	36.1±1.11	37.4±0.63	0.955	2.0193	
Crude ash	2.5±0.09	2.6±0.13	0.187	0.2542	
Organic matter	97.5±0.09	97.4±0.13	0.187	0.2542	
Crude protein	54.3±0.74	52.3±1.04	1.590	2.0129	
Crude fat	26.8±0.55	30.4±0.85	3.540	1.6087	**

\*\*  $P<0.01$

## CONCLUSION

In this study examining the fattening performances and the carcass characteristics of the weaned Kivircik male and female lambs, it was observed that the initial fattening weights were equal, the lambs developed at the end of fattening in favor of the males and, hence, the daily live weight gain and an important part of the slaughter characteristics were more in the males compared to the males. Especially when the dressing values are taken in hand, it can be stated that the female lambs showed a higher value because they contain more carcass fat compared the male lambs. Especially the result that the fat amounts in the carcass (kidney-pelvic cavity fat) and tissues (backfat thickness, subcutaneous fat and intermuscular fat) were higher in the female lambs compared to the males is among the important points.

## Competing interests

The authors declare that there is no conflict of interest and the contribution of the author's is equal.

## REFERENCES

- Abdullah AY, Qudsieh RI 2008. Carcass characteristics of Awassi ram lambs slaughtered at different weights. *Livest Sci.*, 117: 165-175.
- Abdullah AY, Qudsieh RI 2009. Effect of slaughter weight and aging time on the quality of meat from Awassi ram lambs. *Meat Sci.*, 82: 309-316.
- Altın T, Karaca O, Cemal İ, Yılmaz M, Yılmaz O 2005. Kivircik ve Karya Kuzularda Besi ve Karkas Özellikleri. *Hayvansal Üretim*, 46: 19-29.
- AOAC 1995. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. 16th ed.



- Arvizu RR, Domínguez IA, Rubio MS, Bórquez JL, Pinos-Rodríguez JM, González M, Jaramillo G 2011. Effects of genotype, level of supplementation, and organic chromium on growth performance, carcass, and meat traits grazing lambs. *Meat Sci.*, 88: 404-408.
- Askar AR, Guada JA, González JM, de Vega A, Castrillo C 2006. Diet selection by growing lambs offered whole barley and a protein supplement, free choice: Effects on performance and digestion. *Livest. Sci.*, 101: 81-93.
- Barone CMA, Colatruoglio P, Girolami A, Matassino D, Zullo A 2007. Genetic type, sex, age at slaughter and feeding system effects on carcass and cut composition in lambs. *Livest. Sci.*, 112: 133-142.
- Butterfield RM 1988. New concept of sheep growth. The Department of Veterinary Anatomy, University of Sydney, 168pp.
- Camacho Á, Capote J, Mata J, Argüello A, Viera JJ, Bermejo LA 2013. Effect of breed (wool and hair) and sex on the carcass quality of suckling lambs under intensive management. *Rev. Bras. Zootec.*, 2: 892-898.
- Carson AF, Moss BW, Steen RWJ, Kilpatrick D J 1999. Effects of the percentage of Texel or Rouge de l'Ouest genes in lambs on carcass characteristics and meat quality. *Anim. Sci.*, 69: 81-92.
- Colomer-Rocher F, Morand-Fehr P, Kirton A 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livest. Prod. Sci.*, 17: 149-159.
- Craigie CR, Lambe NR, Richardson RI, Haresign W, Maltin CA, Rehfeldt C, Roehe R, Morris ST, Bunger L 2012. The effect of sex on some carcass and meat quality traits in Texel ewe and ram lambs. *Anim. Prod. Sci.*, 52: 601-607.
- Davies AS 1989. The animal and its growth: growth changes in the meat carcass. In: *Meat production and processing*. New Zealand Society of Animal Production, Occasional Publication, 11, 61-72.
- Díaz MT, Velasco S, Pérez C, Lauzurica S, Huidobro F, Cañeque V 2003. Physico-chemical characteristics of carcass and meat Manchego-breed suckling lambs slaughtered at different weights. *Meat Sci.*, 65: 1085-1093.
- Díaz MT, Fuente J de la, Pérez C, Lauzurica S, Álvarez I, Huidobro FR de, Velasco S, Cañeque V 2006. Body composition in relation to slaughter weight and gender in suckling lambs. *Small Rumin. Res.*, 64: 126-132.
- Domenech García V, Tovar Andrada JJ, Méndez Medina D, Peña Blanco F, Aparicio Ruiz F 1989. Medidas determinadas sobre canales de corderos machos y hembras de raza segura. *Arch. Zootec.*, 38: 93-104.
- Dransfield E, Nute GR, Hogg BW, Walters BR 1990. Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Anim. Prod.*, 50: 291-299.
- Ekiz B, Yilmaz A, Ozcan M, Kaptan C, Hanoglu H, Erdogan I, Yalcintan H 2009. Carcass measurements and meat quality of Turkish Merino, Ramlic, Kivircik, Chios and Imroz lambs raised under an intensive production system. *Meat Sci.*, 82: 64-70.
- El Fadili M 2004. Facteurs de variation et performances en croisement de la race ovine Boujâad. Caractères de reproduction, viabilité et croissance. *Awamia*, 111: 101-116.
- Gerrard DE, Grant AL 2003. Principles of Animal Growth and Development. Kendall/Hunt. 284pp.
- Gökdal Ö, Atay O, Eren V, Demircioğlu SK 2012. Fattening performance, carcass and meat quality characteristics of Kivircik male lambs. *Trop. Anim. Health Prod.*, 44: 1491-1496.
- Hopkins DL, Stanley DF, Martin LC, Toohey ES, Gilmour AR 2007. Genotype and age effects on sheep meat production. 3. Meat quality. *Aust. J. Exp. Agric.*, 47: 115-1164.
- Johnson PL, Purchas RW, McEwan JC, Blair HT 2005. Carcass composition and meat quality differences between pasture-reared ewe and ram lambs. *Meat Sci.*, 71: 383-391.
- Kaić A, Mioč B, Širić I, Držaić V 2016. Influence of sex and the slaughtering season on water-holding capacity and carcass composition in Istrian lambs. *Vet. Arh.*, 86: 111-123.
- Kannan G, Gadiyaram KM, Galipalli S, Carmichael A, Kouakou B, Pringle TD, McMillin KW, Gelaye S 2006. Meat quality in goats as influenced by dietary protein and energy levels, and postmortem aging. *Small Rumin. Res.*, 61: 45-52.
- Kashan NEJ, Azar GHM, Afzalzadeh A, Salehi A 2005. Growth performance and carcass quality of fattening lambs from fat-tailed and tailed sheep breeds. *Small Rumin. Res.*, 60: 267-271.
- Kauffman RG, Eikelenboom G, van der Wal PG, Engel B, Zaar M 1986. A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle. *Meat Sci.*, 18: 307-322.
- Kemp JD, Mahyuddin M, Ely DG, Fox JD, Moody WG 1980. Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on organoleptic properties, and fatty acid composition of lamb. *J. Anim. Sci.*, 51: 321-330.
- Kuchtík J, Dobeš I, Hegedúšová Z 2011. Effect of genotype, sex and litter size on growth and basic traits of carcass quality of light lambs. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendelianae Brun.*, 59: 111-116.
- Lambe NR, Macfarlane JM, Richardson RI, Matika O, Haresign W, Bünger L 2010. The effect of the Texel muscling QTL (TM-QTL) on meat quality traits in crossbred lambs. *Meat Sci.*, 85: 684-690.
- Miguélez E, Zumalacárregui JM, Osorio MT, Beteta O, Mateo J 2006. Carcass characteristics of suckling lambs protected by the PGI "Lechazo de Castilla y León" European quality label: Effect of breed, sex and carcass weight. *Meat Sci.*, 73: 82-89.



- Ørskov ER, McDonald I, Fraser C, Corse EL 1971. The nutrition of the early weaned lamb: III. The effect of ad libitum intake of diets varying in protein concentration on performance and on body composition at different live weights. *J. Agric. Sci.*, 77: 351-361.
- Özcan M, Altinel A, Yılmaz A, Güneş H 2001. Studies on the possibility of improving lamb production by two-way and three-way crossbreeding with German Black-Headed Mutton, Kivircik and Chios sheep breeds 1. Fertility, Lamb Survival and Growth of Lambs. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.*, 25: 687-694.
- Peña F, Cano T, Domenech V, Alcalde M J, Martos J, García-Martinez A, Herrera M, Rodero E 2005. Influence of sex, slaughter weight and carcass weight on “non-carcass” and carcass quality in segureña lambs. *Small Rumin. Res.*, 60: 247-254.
- Rodríguez AB, Bodas R, Landa R, López-Campos Ó, Mantecón AR, Giráldez F J 2011. Animal performance, carcass traits and meat characteristics of Assaf and Merino×Assaf growing lambs. *Livest. Sci.*, 138: 13-19.
- Rodríguez AB, Landa R, Bodas R, Prieto N, Mantecón AR, Giráldez FJ 2008. Carcass and meat quality of Assaf milk fed lambs: Effect of rearing system and sex. *Meat Sci.*, 80: 225-230.
- Ruiz de Huidobro F, Jurado JJ 1989. Produccion de carne en el ovino manchego en cruzamiento (Meat production in manchego crossbreed lambs). *Int. Technol. Educ. Assoc.*, 4: 35-44.
- Santos V, Azevedo J, Silva S 2000. Relative growth of body and carcass components of male Ile-de-France lambs. *Rev. Port. Zootéc.*, 7: 29-41.
- Santos VAC, Cabo A, Raposo P, Silva JA, Azevedo JMT, Silva SR 2015. The effect of carcass weight and sex on carcass composition and meat quality of “Cordeiro Mirandês”-Protected designation of origin lambs. *Small Rumin. Res.*, 130: 136-140.
- Santos VAC, Silva SR, Mena EG, Azevedo JMT 2007. Live weight and sex effects on carcass and meat quality of “Borrego terrincho–PDO” suckling lambs. *Meat Sci.*, 77: 654-661.
- Sañudo C, Nute GR, Campo MM, María G, Baker A, Sierra I, Enser ME, Wood JD 1998. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Sci.*, 48: 91-100.
- Sarıççek BZ, Ocak N, Garipoğlu AV 1996. Farklı çağlarda süttten kesilerek entansif besiyeye alınan karayaka kuzularının besi performansı üzerine bir araştırma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü I. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi 5-7 Şubat 1996, 132-137.
- SPSS 2007. SPSS for Windows. Release 16.0. Copyright © SPSS Inc., Chicago, IL, 2007.
- Teixeira A, Batista S, Delfa R, Cadavez V 2005. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Sci.*, 71: 530-536.
- Wood JD, MacFie HJH, Pomeroy RW, Twinn DJ 1980. Carcass composition in four sheep breeds: the importance of type of breed and stage of maturity. *Anim Sci.*, 30: 135-152.
- Wylie ARG, Chestnutt DMB, Kilpatrick DJ 1997. Growth and carcass characteristics of heavy slaughter weight lambs: effects of sire breed and sex of lamb and relationships to serum metabolites and IGF-1. *Anim Sci.*, 64: 309-318.
- Yavuz C, Keskin M, Gül S 2019. Comparison of fattening and carcass characteristics of different sheep breeds under the conditions of eastern mediterranean region. *Int. Animal Science Conference, Book of Proceedings, Zootekni Federation, 20-22 October 2019, Nevşehir*, p. 412-414.
- Žgur S, Cividini A, Kompan D, Birtic D 2003. The Effect of live weight at slaughter and sex on lambs carcass traits and meat characteristics. *Agric. Consp. Sci.*, 68: 155-159.

## Muş İlindeki Besi İşletmelerinde Memnuniyet ve Etkileyen Faktörler

Galip BAKIR<sup>1</sup> Mustafa KİBAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Kahramanmaraş, <sup>2</sup>Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Siirt, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-0816-227X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1895-019X>

✉: galipbakir@hotmail.com

### ÖZET

Bu araştırmada, besi işletmecilerinin memnuniyet düzeyleri ve etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla Muş İli ve 5 ilçesinde 368 işletme sahibiyle yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS paket programında analiz edilerek, çapraz tablolar oluşturulmuştur. İl genelinde işletmecilerin %65'inin besicilikten memnun iken, %35'inin besicilikten memnun olmadıkları belirlenmiştir. İlçeler arasında en yüksek memnuniyet oranları Korkut (%74.5) ve Varto (%78.3) ilçelerinde iken en yüksek memnuniyetsizlik oranları ise (%56.3) Hasköy ilçesinde bulunan işletmelerde belirlenmiştir. Besicilikten memnun olanların %33.1'i 41-50 yaş grubunda, %29.2'si 51+ yaş grubunda ve %15.7'si 30≤ yaş grubunda olan genç ve hayvancılığa yeni başlayan işletmecilerde bulunmuştur. Birey sayısı 4≤ olan işletmecilerin en yüksek memnuniyet oranına sahip oldukları ve birey sayısı arttıkça memnuniyet oranının azalması anlamlı bulunmuştur. Hayvan sayısı 5≤ olan işletmelerde besicilikten memnuniyet oranı %63.5 iken, hayvan sayısı arttıkça (21-40 baş) memnuniyet oranı %72.9'a yükselmiştir. Irklar içerisinde işletmecilerin en yüksek (%67) memnuniyet oranı melez ırkında bulunurken, bunu kültür ırkı izlemiştir. Besiciliğin yanında başka bir iş yapan işletmecilerin, %70.7 oranıyla sadece besicilik yapanlara göre daha memnun oldukları belirlenmiştir. Besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satan işletmecilerin %74.7'sinin besicilikten memnun oldukları belirlenmiştir. Besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satsalar bile işletmecilerin %25.3'ünün besicilikten memnun olmadıkları tespit edilmiştir. Besicilikten memnun olan işletmecilerin tamamına yakını (%97.4) ve memnun olmayan işletmecilerin %68.3'ünün besiciliği sürdürmek istedikleri belirlenmiştir.

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 08.04.2020

Kabul Tarihi : 30.06.2020

### Anahtar Kelimeler

Memnuniyet

Etkileyen faktörler

Besi işletmesi

Muş

## Satisfaction and Affecting Factors in Fattening Farms in Muş Province

### ABSTRACT

In this research, a face-to-face survey was conducted with 368 farm owners in Muş province and 5 districts in order to determine fattening farmers' satisfaction level and affecting factors. Data were analyzed with SPSS and cross tables were created. Overall, 65% of farmer in the province were satisfied with fattening farming, while 35% were not. Among the districts, the highest satisfaction rates were determined in Korkut (74.5%) and Varto (78.3%) and the highest dissatisfaction rate (56.3%) was determined in the farmer located in Hasköy district. While 33.1% of those satisfied with fattening farming were in the 41-50 age range, this ratio fell to 29.2% in farmers with 51+ age. This ratio was found to be 15.7% in farmers who were 30≤ young and just started animal farming. It was found that the number of individuals with 4≤ had the highest satisfaction rate. The decrease in satisfaction rate was significant as the number of individuals increased. The satisfaction ratio was 63.5% in farms having 5≤ animals. Satisfaction ratio increased up to 72.9% as the number of animals increased (21-40 head). Considering the breeds, satisfaction

### Research Article

### Article History

Received : 08.04.2020

Accepted : 30.06.2020

### Keywords

Satisfaction

Factors affecting

Fattening farms

Muş Province

rate was highest (67%) for the farmers having crossbred animals followed by pure culture bred ones. Farmers who are performing other business besides fattening were more satisfied (70.7%) than those who are doing just fattening. At the end of fattening, 74.7% of the farmers who sold their animals at an appropriate price were found to be satisfied with fattening. Overall, 25.3% of the farmers were dissatisfied with beef cattle even they sold their animals at an appropriate price at the end of fattening. It was determined that nearly all (97.4%) of the farmers who were satisfied with the beef cattle and 68.3% of the dissatisfied ones wanted to maintain the beef fattening farming.

**Atıf İçin:** Bakır G, Kibar M 2021. Muş İlindeki Besi İşletmelerinde Memnuniyet ve Etkileyen Faktörler. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (1): 231-241. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.716591>.  
**To Cite:** Bakır G, Kibar M 2021. Satisfaction and Affecting Factors in Fattening Farms in Muş Province. KSU J. Agric Nat 24 (1): 231-241. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.716591>.

## GİRİŞ

Besi sığırcılığı, artan Dünya nüfusunun besin madde ihtiyaçlarının karşılanması için önemli bir tarımsal faaliyettir. Bununla birlikte, ülkelerin gelişmişlik düzeyi göstergelerinden kabul edilen kişi başına düşen kırmızı et tüketim miktarının yükselmesinde de önemlidir. Besi sığırcılığı ile üretilen kırmızı etin besin değerinin yüksek olması nedeniyle insanların beyin güçlerinin artması sağlanmaktadır. Bu sayede de kırmızı et tüketimi o ülkenin insanların daha çok üretmesine katkı sağlar ve gelişmişlik seviyesinin yükselmesine yardımcı olur şeklinde açıklanabilmektedir. Çünkü Dünya'ca kabul görmüş olan fenotipin genotip ve çevrenin etkisi altında olması kuralı da bu durumu destekler niteliktedir. Yani et tüketen bir ülke ile ekmek tüketen bir ülkenin üreteceği her şey de tükettiği ürünün bir parçası bulunacaktır. Kişi başına düşen kırmızı et tüketimini yükseltmek için de besi sığırcılığının diğer tüm mesleklerde olduğu gibi sevilerek yapılması gerekmektedir.

Besiciliğin bir ülkede gelişme göstermesi, ekonomik değer üretmesinin yanı sıra insanlara iş imkânı sunması ve mevcut insanların ve gelecek nesillerin sağlıklı yetişmesine de önemli katkı sağlamaktadır. Bu nedenle işletmelerin sürdürülebilirliği hayati önem arz ederken, işletmelerin sürdürülebilirliği işletmecilerin memnuniyeti ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir.

Başarı ancak bir mesleğin sevilerek yapılması ile mümkündür. Bu nedenle de hem ülke ekonomisine katkı sağlamak, hem de toplumsal refahın artması için besi işletmecilerinin yaptığı işten memnun olması önem arz etmektedir. Yetiştiricilerin yaptığı her uygulamadan hem ülke ekonomisi, hem kendisi hem de o üretilen ürünleri tüketen her birey etkilenmektedir. Besicilerin memnuniyet düzeylerinin ve etkileyen faktörlerin belirlenmesinde ise anket şu ana kadar en temel araştırma metodu olmuştur. Besi işletmelerinde memnuniyet ve sürdürülebilirlikle ilgili yapılan çalışma sayısı çok azdır.

Hayvancılık işletmelerinde, işletmelerin yapısal özelliklerine yönelik birçok araştırma bulunmaktadır. Yapılan memnuniyet çalışmaları da daha çok tüketicilere yöneliktir (Muldano ve Thieme, 2009; Kwadzo ve ark. 2013; İnci ve ark., 2014; Karakaya ve İnci, 2014). Hayvancılık alanında işletmecilerin yaptıkları işten memnuniyetlerine yönelik çok az araştırma (Özen ve Oluğ, 1996; Soyak ve ark., 2007; Han, 2008; Mohanraj and Manivannan 2012; Can ve Yalçın, 2015; Ünalın ve ark., 2015; Koçyiğit ve ark., 2016; Koçyiğit ve ark., 2018; Tümer ve ark., 2018; Bakır ve Kibar, 2019a,b) olduğu belirlenmiştir. Bu araştırma literatürde önemli bir açığı kapatacak olması yönüyle önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın amacı, Muş ili besi sığırcılığı işletmelerinde, işletmecilerin yaptıkları işten memnuniyet durumlarının ve işletmecilerin memnuniyetine etkili olan faktörlerin belirlenmesidir.

## MATERYAL ve METOT

Araştırma materyalini, Muş ili merkez ve ilçelerinde (Malazgirt, Bulanık, Hasköy, Korkut ve Varto) bulunan büyükbaş besi işletmelerinde yüz yüze yapılan anket verileri oluşturmuştur. Araştırmada, büyükbaş hayvan varlığı bakımından ilçeleri temsil eden köyler, bölgede görev yapan il müdürlüğünde çalışan mühendis ve veteriner hekimlerin görüşü alınarak belirlenmiştir. Anket soruları yazarlar tarafından geniş bir literatür taraması neticesinde hazırlanmış olup, daha sonra konu uzmanları ile yapılan görüşmeler ile son şeklini almıştır. Muş yöresine kayıtlı büyükbaş hayvancılık işletmelerinden besi yapanlara ait 2017 yılında anket yolu ile veriler toplanmıştır. İşletmelerde simental, siyah alaca, esmer gibi kültür ırkları ile bunların yerli ırklarla oluşan melez ırklar yetiştirilmektedir. Muş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü kayıtlarından alınan toplam işletme sayısı dikkate alınarak, 368 (%6.2) işletme şansa bağlı olarak belirlenmiştir. İşletme sayısının belirlenmesinde örnek hacminin en az %3'ünün (Yamane, 2006) veya en çok örnek hacminin %10'unun

(Cochran, 1977; Arıkan, 2000) alınmasının yeterli olacağı ilkesi dikkate alınmıştır. Ankete katılan işletmeciler bazı sorulara cevap vermediği için bazı çizelgelerde toplam anket sayısı değişiklik göstermiştir. Verilerin analizinde SPSS 21.0 paket programı kullanılarak, satır ve sütun yönlü çapraz tablolar (row/column crosstabs) oluşturulmuştur. Buna göre, tabloların yorumu hem satırdaki hem de sütundaki parametrelere göre yorumlanacaktır. İlçeler arasındaki farklılıkların belirlenmesi için ki-kare önemlilik testi (Düzgüneş ve ark., 1983) yapılmış ve bazı özelliklere ait ortalama, maksimum ve minimum frekans değerleri verilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

İl genelinde işletmelerin %65'inin besicilikten memnun iken, %35'inin besicilikten memnun olmadıkları belirlenmiştir. Besicilikten en çok memnun olan işletmelerin Korkut (%78.3) ve Varto (%74.5) ilçelerinde ve buna karşın en çok memnun olmayan işletmelerin ise Hasköy (%56.3) ilçesinde bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). İşletmecilerin besicilikten memnuniyeti ile mevki arasında önemli ( $p<0.01$ ) farklılıklar bulunmuştur.

Bakır ve Kibar, (2019a) tarafından Muş ilinde süt işletmelerinde yapılan çalışmada memnuniyet

düzeylerinin mevkilere göre önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak süt sığırcı işletmelerinde işletmecilerin memnuniyet oranı (%64) ile besicilik işletmelerinde bulunan memnuniyet oranı (%65) yakın bulunmuştur. İlçeler bazında bakıldığında, süt ve besi sığırcılığından memnun olan ve olmayanların oranları benzerlik göstermiştir. İlçeler arasındaki farklılık böyle çalışmaların daha ayrıntılı olarak yapılmasının gerektiğini işaret etmektedir. Araştırmacıların Siirt ilinde yaptıkları diğer araştırmada ise, besicilikten memnun olanların oranı %59.8 olarak belirlenmiştir. Bu değer mevcut çalışmadan düşük bulunmuştur. Siirt ilinde ilçeler arasındaki farklılıklar önemli çıkmış olup, en çok memnuniyet Pervari ilçesinde iken, en çok memnuniyetsizlik Merkez ilçede belirlenmiştir (Bakır ve Kibar, 2019b). Tutkun ve ark. (2017) Diyarbakır ilindeki tüm ilçelerde bulunan 192 sığır işletmesinde yaptığı ankette işletmecilerin %86'sının memnun olmadıklarını belirtmişler ve bu oran mevcut çalışmadan (%35) çok yüksek bulunmuştur. Han (2008) Diyarbakır Ergani ilçesindeki 167 sığır işletmesinde yaptığı araştırmada besi işletmecilerinin %64.7'sinin memnun olduğunu belirtmiş ve bu oran mevcut çalışma ile büyük benzerlik göstermiştir.

Çizelge 1. İşletmelerde memnuniyetin mevkiye göre değişimi

Table 1. Change of satisfaction by location of farmers

Memnuniyet (Satisfaction)		Mevki** (Location)					Toplam (Total)	
		Merkez	Malazgirt	Bulanık	Hasköy	Korkut		Varto
Evet (Yes)	Adet	36	39	61	7	54	41	238
	% Memnuniyet	15.1	16.4	25.6	2.9	22.7	17.2	100.0
	% Mevki	60.0	51.3	67.8	43.8	78.3	74.5	65.0
Hayır (No)	Adet	24	37	29	9	15	14	128
	% Memnuniyet	18.8	28.9	22.7	7.0	11.7	10.9	100.0
	% Mevki	40.0	48.7	32.2	56.3	21.7	25.5	35.0
Toplam (Total)	Adet	60	76	90	16	69	55	366
	% Memnuniyet	16.4	20.8	24.6	4.4	18.9	15.0	100.0
	% Mevki	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\*\* $p<0.01$

Besicilikten memnun olanların %33.1'ini 41-50 yaş grubundaki işletmeciler oluşturmaktadır. Elli bir ve üzeri yaşa sahip işletmecilerde bu oran %29.2'ye düşerken, 30 ve daha genç olan ve hayvancılığa yeni başlayan işletmecilerde bu oran %15.7 olarak bulunmuştur. Genç ve yaşlı işletmecilerin besicilikten memnuniyet oranlarının düşük olması, genç işletmecilerin tecrübesizliği ve işe olan hâkimiyetlerinin yetersiz olmasından, yaşlı işletmecilerin ise besicilikten beklentilerinin karşılanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Besicilikten memnuniyet, işletmecilerin yaşına göre değerlendirildiğinde, tüm yaş grubunda memnuniyet oranları birbirlerine yakın bulunmakla birlikte, 30 yaş

ve altındaki yetiştiricilerde memnuniyet oranı %66.1 iken, yaşı 51+ işletmecilerde bu oran %63.9'a gerilemiştir. Buna göre, genç yetiştiricilerin yaşlılardan besicilikten daha memnun oldukları söylenebilir (Çizelge 2). Besicilikten memnuniyete işletmecilerin hayvancılık yaptıkları süreye göre bakıldığında, en yüksek memnuniyet oranı (%70) 21-30 yıl aralığındaki işletmecilerde bulunmuştur. Hayvancılık yapılan süre 10 yıldan az olan ve bunların çoğunluğu genç işletmecilerden oluşan grupta memnuniyet oranı %63.1 iken, hayvancılık yapılan süre 31 ve üzeri olan ve bunların tamamı yaşlı işletmecilerden oluşanlarda ise hafif bir düşüşle memnuniyet oranı %62.9'a gerilemiştir (Çizelge 2).



Çizelge 2. Memnuniyetin işletmecilerin yaşı ve hayvancılık yapılan süreye göre değişimi

Table 2. Change of satisfaction according to the age of the farmers and the duration of animal husbandry

Memnuniyet (Satisfaction)		Yaş (Age)				Toplam (Total)	Süre (Duration)				Toplam (Total)
		<30	31-40	41-50	51+		<10	11-20	21-30	31+	
Evet (Yes)	Adet	37	53	78	70	238	82	63	49	40	234
	% Memnuniyet	15.5	22.3	32.8	29.4	100.0	35.0	26.9	20.9	17.1	100.0
	% Yaş/Süre	66.1	66.3	66.1	64.2	65.6	63.1	65.6	70.0	63.5	65.2
Hayır (No)	Adet	19	27	40	39	125	48	33	21	23	125
	% Memnuniyet	15.2	21.6	32.0	31.2	100.0	38.4	26.4	16.8	18.4	100.0
	% Yaş/Süre	33.9	33.8	33.9	35.8	34.4	36.9	34.4	30.0	36.5	34.8
Toplam (Total)	Adet	56	80	118	109	363	130	96	70	63	359
	% Memnuniyet	15.4	22.0	32.5	30.0	100.0	36.2	26.7	19.5	17.5	100.0
	% Yaş/Süre	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Çizelge 3. Memnuniyetin hanedeki birey sayısı ve işletmecilerin eğitim durumuna göre değişimi

Table 3. Change of satisfaction according to the number of individuals and the educational status of the farmers

Memnuniyet (Satisfaction)		Birey sayısı* (The num. of individuals)				Toplam (Total)	Eğitim durumu- (Educational status)					Toplam (Total)
		<4	5-6	7-8	9+		Okuryazar değil	İlkokul	Ortaokul	Lise	Üniversite	
Evet (Yes)	Adet	68	64	71	34	237	7	91	97	29	3	227
	% Memnuniyet	28.7	27.0	30.0	14.3	100.0	3.1	40.1	42.7	12.8	1.3	100.0
	% Birey sayısı/Eğitim	77.3	63.4	65.1	53.1	65.5	63.6	66.4	66.9	58.0	50.0	65.0%
Hayır (No)	Adet	20	37	38	30	125	4	46	48	21	3	122
	% Memnuniyet	16.0	29.6	30.4	24.0	100.0	3.3	37.7	39.3	17.2	2.5	100.0
	% Birey sayısı/Eğitim	22.7	36.6	34.9	46.9	34.5	36.4	33.6	33.1	42.0	50.0	35.0
Toplam (Total)	Adet	88	101	109	64	362	11	137	145	50	6	349
	% Memnuniyet	24.3	27.9	30.1	17.7	100.0	3.2	39.3	41.5	14.3	1.7	100.0
	% Birey sayısı/Eğitim	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\*p<0.05

Yaş ile birlikte işletmecilerin besicilikten memnuniyet düzeyleri arasındaki doğru orantı Bakır ve Kibar, (2019a) ve Bakır ve Kibar, (2019b) çalışmaları ile kısmen uyum içerisindedir. Hayvancılık yapılan süre bakımından ise mevcut çalışmanın bulguları ile Bakır ve Kibar (2019a)'nın tespitleri ile uyum içerisinde iken, Bakır ve Kibar (2019b) farklılık göstermiştir. Han (2008)'nin besi işletmelerinde yaptığı çalışmada 8-13 yıl arasında deneyime sahip olan veya 50-80 yaş grubundaki besi işletmecilerinin %52.4'ünün besicilikten memnun olmadığını belirtmiştir. Diğer yaş ve deneyim gruplarında memnun olanların oranı daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacı yaş ve deneyim süresinin besi işletmecilerinin memnuniyetini istatistiksel olarak önemli olarak etkileyen faktörler olarak bildirmiştir. Mevcut çalışmada da işletmecilerin yaşının memnuniyet düzeylerini önemli ( $p<0.05$ ) şekilde etkilediği tespit edilmiştir.

Kişi sayısı 4 ve az olan işletmelerde memnuniyet oranı %74.4 iken, birey sayısı arttığında (9 ve üzeri) bu oran ciddi bir düşüşle %52.4'e gerilemiştir (Çizelge 3). Birey sayısı 4 ve az olan işletmecilerin en yüksek memnuniyet oranına sahip oldukları ve işletmelerde birey sayısı arttıkça memnuniyet oranının azalması anlamlı bulunmuştur. İşletmelerde birey sayısı arttıkça, kişi başına düşen hayvan sayısının azaldığı ve buna bağlı olarak gelirinde azalmasıyla birlikte memnuniyetin azaldığı düşünülmektedir. Ayrıca, birey sayısı 9 ve üzeri olan işletmelerde memnuniyetsizlik oranı diğer gruplara göre en yüksek olup, %47.6 olarak tespit edilmiştir.

Okuryazar olmayan işletmecilerin %77.3'ü besicilikten memnun iken, eğitim seviyesi lise olan işletmecilerde memnuniyet oranı %53.1'e gerilemiştir (Çizelge 3). Buna göre, eğitim seviyesi yükseldikçe memnuniyet oranının düştüğü tespit edilmiştir. Eğitim seviyesi yüksek işletmecilerin genel olarak, genç ve besiciliğe yeni başlayanlar olduğu göz önüne alındığında, bu durum doğal olarak kabul edilebilir. Han (2008) okuryazar işletmecilerin %66.7'sinin besicilikten memnun olmadığını ve eğitim durumunun memnuniyeti etkileyen önemli bir faktör olduğunu bildirmiştir. Muş ili süt işletmecileri içerisinde eğitim seviyesi ilköğretim ve ortaokul olan yetiştiricilerin memnuniyet düzeylerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Bakır ve Kibar, 2019a). Siirt ili besi işletmecileri içerisinde ise eğitim seviyesi ilköğretim ve ortaokul olan yetiştiricilerin memnuniyet düzeyleri lise ve okuryazar olmayan yetiştiricilere göre daha düşük bulunmuştur (Bakır ve Kibar, 2019b). Siirt ilinde eğitim seviyeleri ile memnuniyet arasında bildirilen sonuç ile bu çalışmada elde edilen sonuçlara arasında farklılık bulunmuştur.

Besicilikten memnuniyet, işletmelerde yetiştirilen hayvan sayısına göre incelendiğinde, hayvan sayısı 5 ve az olan işletmelerde besicilikten memnuniyet oranı %63.5 iken, hayvan sayısı arttıkça (21-40) memnuniyet oranı %72.9'a yükselmiştir (Çizelge 4). Hayvan sayısı arttıkça işletmecilerin memnuniyet oranının artması, işletmelerin imkânlarının iyileşmesine, besiciliği profesyonel olarak yapan işletmecilerin sayısının artmasına ve işletmecilerin bilgi düzeylerinin yükselmesine ve besicilikten elde edilen gelirin artmasına bağlanabilir. İşletmeler arasında en yüksek (%39.8) memnuniyetsizlik oranı 6-20 baş hayvana sahip işletmelerde tespit edilmesi, memnuniyet sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

Siirt ilinde yapılan çalışmada (Bakır ve Kibar, 2019b) işletmelerin hayvan sayısı arttıkça işletmecilerin memnuniyet seviyelerinin azaldığı ve işi sürdürmek istemelerinde bir dalgalanma söz konusu olsa da, yine de bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan mevcut çalışma ile farklılık göstermiştir. Ancak Bakır ve Kibar (2019a)'nın Muş ilinde yaptıkları çalışmada, hayvan sayısı arttıkça memnuniyetin artması, bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Özen ve Oluğ (1996) çalışmasında, işletmecilerin %85.8'inin memnun, %14.12'sinin memnun olmadıklarını bildirmişlerdir. İşletme büyüklüğü ile memnuniyet derecesi arasında önemli ( $p<0.05$ ) bir ilişki tespit edilmiştir. En yüksek (%86.84) memnuniyet derecesi 6-10 baş arası hayvana sahip işletmelerde görülmüştür. 1-5 arası ve 11'den fazla baş hayvana sahip işletmelerin memnuniyet dereceleri sırasıyla %85.8 ve %83.3 olarak bulunmuştur. Mevcut çalışma ile Özen ve Oluğ (1996)'un sonuçları farklılık göstermiştir. Bu durum, yıllar geçtikçe az hayvan sayısı ile elde edilen gelirin yeterli olmadığı ve daha fazla hayvana ihtiyaç olduğu şeklinde yorumlanabilmektedir.

İşletmelerde yetiştirilen ırklar işletmecilerin memnuniyet düzeylerini önemli derecede etkilemiştir ( $p<0.05$ ). Irklar içerisinde işletmecilerin en yüksek (%67) memnuniyet oranı melez ırkında bulunurken, bunu kültür ırkı izlemiştir (Çizelge 4). İşletmelerde en fazla yetiştirilen ırkın melez ırk olduğu dikkate alındığında, en yüksek memnuniyetin melez ırk yetiştiren işletmelerde olması beklenen bir durumdur. Melez ırkın yetiştirildiği işletmelerde memnuniyetin diğer ırkların yetiştirildiği işletmelerden yüksek bulunması dikkat çekici bulunmuştur.

Muş ilindeki sığır işletmelerinde işletmecilerin en çok memnun oldukları ırklar sırasıyla melez, kültür ve yerli şeklinde bulunmuş (Bakır ve Kibar, 2019a) ve mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4. Memnuniyetin hayvan sayısı ve yetiştirilen ırka göre değişimi  
Table 4. Change of satisfaction according to the number of animals available and breed

Memnuniyet (Satisfaction)		Hayvan sayısı (the number of animals available)				Toplam (Total)	Mevcut ırk* (Available breed)						
		5<	6-20	21-40	41+		Yerli	Kültür	Melez	Melez +Kültür	Melez +Yerli	Yerli+ Kültür+Melez	Toplam (Total)
Evet (Yes)	Adet	61	65	51	58	235	17	27	63	51	43	36	237
	% Memnuniyet	26.0	27.7	21.7	24.7	100.0	7.2	11.4	26.6	21.5	18.1	15.2	100.0
	% Hay. sayısı/ırk	63.5	60.2	72.9	66.7	65.1	45.9	57.4	67.0	73.9	74.1	63.2	65.5
Hayır (No)	Adet	35	43	19	29	126	20	20	31	18	15	21	125
	% Memnuniyet	27.8	34.1	15.1	23.0	100.0	16.0	16.0	24.8	14.4	12.0	16.8	100.0
	% Hay. sayısı/ırk	36.5	39.8	27.1	33.3	34.9	54.1	42.6	33.0	26.1	25.9	36.8	34.5
Toplam (Total)	Adet	96	108	70	87	361	37	47	94	69	58	57	362
	% Memnuniyet	26.6	29.9	19.4	24.1	100.0	10.2	13.0	26.0	19.1	16.0	15.7	100.0
	% Hay. sayısı/ırk	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\*p<0.05

Çizelge 5. Memnuniyetin başka bir iş yapma ve besicilik yapma sebebine göre değişimi  
Table 5. Change of satisfaction according to doing another job and the reason for fattening

Memnuniyet (Satisfaction)		Başka bir iş yapma (another job)			Besicilik yapma sebebi** (the reason for doing fattening)					
		Evet (Yes)	Hayır (No)	Toplam (Total)	Baba mesleği	Sevmek	Başka iş yok	Baba mesleği+sevmek	Baba mesleği +başka iş yok	Toplam (Total)
Evet (Yes)	Adet	87	141	228	100	42	41	20	31	234
	% Memnuniyet	38.2	61.8	100	42.7	17.9	17.5	8.5	13.2	100
	% B. iş yapma/B. yapma sebebi	70.7	62.1	65.1	69.9	76.4	47.1	71.4	64.6	64.8
Hayır (No)	Adet	36	86	122	43	13	46	8	17	127
	% Memnuniyet	29.5	70.5	100	33.9	10.2	36.2	6.3	13.4	100
	% B. iş yapma/ B. yapma sebebi	29.3	37.9	34.9	30.1	23.6	52.9	28.6	35.4	35.2
Toplam (Total)	Adet	123	227	350	143	55	87	28	48	361
	% Memnuniyet	35.1	64.9	100	39.6	15.2	24.1	7.8	13.3	100
	% B. iş yapma/ B. yapma sebebi	100	100	100	100	100	100	100	100	100

\*\*p<0.01

Besiciliğin yanında başka bir iş yapan işletmecilerin %70.7 oranıyla sadece besicilik yapanlara göre daha memnun oldukları belirlenmiştir (Çizelge 5). Besi işletmecilerinin özellikle hayvan sayısı az olan küçük aile işletmecilerinin, besiden elde edilen gelire ilaveten başka iş yaptıkları için daha mutlu olmaları anlamlı bulunmuştur. İşletmecilerin besicilik yapma nedenleri frekans değerlerine göre, baba mesleği, başka iş olmaması ve besiciliği sevmek şeklinde sıralanmaktadır. Besiciliği severek yapan işletmecilerin frekans değerleri sıralamada son sırada olmasına rağmen, besicilikten en çok memnun oldukları belirlenmiştir.

Han ve Bakır (2009) çalışmalarında işletmecilerin %81.5'inin yapacak başka işi olmadığı için hayvancılıktan memnun olduklarını bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada ise memnun olan işletmecilerin çoğunluğu baba mesleği olduğu için memnun olduklarını bulunmuştur. Yörenin coğrafi olarak geniş meralara sahip olması nedeniyle hayvancılığa elverişli olması, insanları hayvancılığa yönlendirmiş ve hayvancılık yıllar boyunca süre gelen hem geçim kaynağı hem de bir meslek olarak görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada bulunan sonuç, Han ve Bakır (2009)'ın bildirdiği sonuçtan farklılık göstermektedir.

Besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satan işletmecilerin %74.7'sinin besicilikten memnun oldukları belirlenmiştir. Besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satsalar bile işletmecilerin %25.3'nün besicilikten memnun olmadıkları bulunmuştur. Besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satamayan işletmecilerinde %56.1'nin besicilikten memnun oldukları tespit edilmiştir. Besicilikten memnun olmayan işletmecilerin ise %63.9'nun hayvanlarını eder fiyata satamadıkları belirlenmiştir. Bu durumda, hayvanlarını besi sonunda eder fiyata satan işletmecilerin çoğunluğu besicilikten memnun iken, besi sonunda eder fiyata satamayan işletmecilerin yarıya yakınının da besicilikten memnun olmaları anlamlı bulunmuştur. Besi sonunda hayvanlarını tüccara satan işletmecilerin diğerlerine göre besicilikten daha memnun oldukları ve kasap veya şahıslara keserek değerlendirenlerin ise memnuniyet oranının %58.1'de kaldığı belirlenmiştir (Çizelge 6).

Bakır ve Kibar, (2019b)'ın Siirt ilinde işletmecilerin memnuniyeti ile besi hayvanlarını eder fiyata satma arasında belirttikleri ilişki ile mevcut çalışmada bulunan sonuç uyum içerisindedir. İşletmecilerin memnuniyetleri ve işletmenin sürdürülebilirliği için, bir emek ve masraf sonunda elde edilen ürünlerin eder fiyata satılması gerekmektedir.

Besicilikten memnun olan işletmecilerin tamamına

yakınının (%97.4) besiciliğe devam edeceği belirlenmiştir. Besicilikten memnun olup da tamamına yakını besiciliği devam ettirmelerine rağmen, besiciliği devam ettirmek isteyenler içinde ise işletmecilerin %73.2'sinin besicilikten memnun oldukları belirlenmiştir. Besicilikten memnun olmayan işletmecilerin %68.3'ünün besiciliği sürdürmek istedikleri ve besiciliği sürdürmek istemeyen işletmecilerin ise %86.7'sinin besicilikten memnun olmadıkları belirlenmiştir. Besiciliği sürdürme nedenleri frekans değerlerine göre, başka iş yok, bana yetiyor, karlı ve sevmek şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 7). Bu sıralanmanın aksine, besiciliği karlı bulan işletmecilerin diğer nedenlerle sürdüren işletmecilerden daha yüksek oranla memnun oldukları belirlenmiştir. Başka iş olmadığı için besiciliği sürdüren işletmecilerin en düşük oranla memnun oldukları dikkat çekici bulunmuştur. Hayvancılığı karlı olmadığı için sürdürmeyen işletmecilerin tamamının besicilikten memnun olmadıkları belirlenmiştir. Diğer yandan besicilikten memnun olmayan işletmecilerin ise %72.5'inin besiciliği karlı bulmadıkları için sürdürmedikleri belirlenmiştir. Ayrıca, besicilikten memnun oldukları halde, zamanı olmadığı için sürdürmeyen işletmecilerin oranının ise (%66.7) azımsanmayacak oranda bulunması dikkat çekici bulunmuştur.

Siirt ilinde işletmecilerin işi sürdürmek istemelerindeki en önemli temel nedenler hayvancılıktan elde edilen gelirin yetiyor olması ve hayvancılığın karlı görülmesi iken, sürdürmek istemeyenlerde ise hayvancılığın karlı görülmemesidir (Bakır ve Kibar, 2019b). Yapılan çalışma ile mevcut çalışma, hayvancılığı sürdürmeme nedeni bakımından benzerlik gösterirken, sürdürme nedeni bakımından farklılık göstermiştir. Diğer taraftan, bu çalışmada bulunan sonuçlar Bakır ve Kibar, (2019a)'ın Muş ilinde yaptığı çalışma ile uyum içerisindedir. Buradan yetiştiricilerin hayvancılıktan beklentilerinin bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiği sonucu çıkarılabilmektedir. Soyak ve ark. (2007) Tekirdağ ilinde yapmış olduğu çalışmada işletme sahiplerinin %53'ünün çocuklarının bu işle uğraşmamasını istediğini ve %47'si ise çocuklarının süt sığırcılığını sürdürmesini istediğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışma ile Soyak ve ark. (2007)'nin sonuçları farklılık göstermiştir. Bu durumun sorulan soruya bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir. Yani aileler çocuklarının rahat işlerde çalışmasını istediğinden mevcut çalışmada işini sürdürmek isteyenlerin oranı daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca besicilerin sürdürme nedenleri içerisinde başka işin olmamasının oranının yüksek olması verdiğimiz bilgiyi destekler niteliktedir.



Çizelge 6. Memnuniyetin hayvanları eder fiyata satma ve besi sonu değerlendirme göre değişimi  
Table 6. Change of satisfaction according to selling at value price and fattening end evaluation of animals

Memnuniyet (Satisfaction)		Eder fiyata satma** (Selling at value price)			Besi sonu değerlendirme- (Fattening end evaluation)				
		Evet (Yes)	Hayır (No)	Toplam (Total)	Tüccara satma	Kasap-şahıs kesme	Tüccar +Kasap	Tüccar+kombi ne	Toplam (Total)
Evet (Yes)	Adet	127	98	225	108	36	40	35	219
	% Memnuniyet	56.4	43.6	100.0	49.3	16.4	18.3	16.0	100.0
	%	74.7	56.3	65.4	71.1	58.1	69.0	64.8	67.2
Hayır (No)	Adet	43	76	119	44	26	18	19	107
	% Memnuniyet	36.1	63.9	100.0	41.1	24.3	16.8	17.8	100.0
	%	25.3	43.7	34.6	28.9	41.9	31.0	35.2	32.8
Toplam (Total)	Adet	170	174	344	152	62	58	54	326
	% Memnuniyet	49.4	50.6	100.0	46.6	19.0	17.8	16.6	100.0
	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\*\*p<0.01

Çizelge 7. Memnuniyetin hayvancılığı sürdürme, sürdürme nedeni ve sürdürmeme nedenine göre değişimi  
Table 7. Change of satisfaction according to the reason for maintaining, maintaining and not maintaining animal husbandry

Memnuniyet (Satisfaction)		<sup>1</sup> Sürdürmeyi isteme** (Ask to carry on)			<sup>2</sup> Sürdürme nedeni** (Reason for carrying)				<sup>3</sup> Sürdürmeme nedeni** (Reason for not carrying)			Toplam (Total)	
		Evet (Yes)	Hayır (No)	Toplam (Total)	Karlı	Bana yetiyor	Başka iş yok	Sevmek	Toplam (Total)	Karlı değil	Zaman yok		Sevmiyor
Evet (Yes)	Adet	229	9	238	66	51	69	27	213	-	6	3	9
	% Memnuniyet	96.2	3.8	100.0	31.0	23.9	32.4	12.7	100.0	-	66.7	33.3	100.0
	% 1,2,3	73.2	18.8	65.9	97.1	70.8	58.0	81.8	72.9	-	60.0	30.0	18.4
Hayır (No)	Adet	84	39	123	2	21	50	6	79	29	4	7	40
	% Memnuniyet	68.3	31.7	100.0	2.5	26.6	63.3	7.6	100.0	72.5	10.0	17.5	100.0
	% 1,2,3	26.8	81.3	34.1	2.9	29.2	42.0	18.2	27.1	100.0	40.0	70.0	81.6
Toplam (Total)	Adet	313	48	361	68	72	119	33	292	29	10	10	49
	% Memnuniyet	86.7	13.3	100.0	23.3	24.7	40.8	11.3	100.0	59.2	20.4	20.4	100.0
	% 1,2,3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

\*\*p<0.01, <sup>1</sup>Sürdürmeyi isteme, <sup>2</sup>Sürdürme nedeni, <sup>3</sup>Sürdürmeme nedeni

Ayrıca, Ünalın ve ark. (2015)'i Niğde ilinde sığır, koyun ve keçi yetiştiricilerinin memnuniyet düzeylerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bu amaçla 95 süt sığırcılığı işletmesinde anket yapılmış ve yetiştiricilerin memnun ve memnun olmadıkları konular belirlenmiştir. Süt sığırcılığı işletmecilerinin en çok memnun oldukları ilk 3 konu sırasıyla yetiştirilen damızlık sığır ırkı, üyesi olunan birliğin hizmetleri ve teknik personel hizmetleri olarak tespit edilmiştir. En çok memnun olmadıkları ilk 3 konu ise sırasıyla hayvanların fiyat artışı, sütün pazar durumu ve sütün satış fiyatı olarak bulunmuştur. Mevcut çalışma ile Ünalın ve ark. (2015)'in hayvancılığı sürdürmeme nedenleri arasındaki ilişki benzerlik göstermektedir. Yani hayvancılığı sürdürmekte en etkili faktörün kazanç olduğu düşünülmektedir. Yetiştiricilerin hayvancılıktan para kazanırsa bu işi yapmaya devam edecekleri düşünülmektedir.

Benzer diğer bir çalışmada, Özen ve Oluğ (1996) süt sığırcılığından memnun olmayan işletmecilerin nedenlerini; yem fiyatlarının çok yüksek olması, süt fiyatlarının temel girdilerdeki fiyat artışlarını yakalayamaması, et, süt ve ürünlerinin ithal edilmesi, kredi faizlerinin yüksek olması, süt yağı primleri ödemelerinin gecikmesi, süt satışı bedellerinin zamanında ödenmemesi şeklinde sıralamaktadır. Mevcut çalışma ile Özen ve Oluğ (1996)'nın sonuçları benzerlik göstermektedir. Yani hayvancılığa devam etme nedeni olarak ilk faktörün hayvancılıktan elde edilen kazanç olduğu anlaşılmaktadır. Eğer Türkiye'de sığır işletmecilerinin yaptıkları işe devam etmeleri isteniyorsa ya da yeni bireylerin bu mesleği yapmaları arzulanıyorsa ilk yapılması gereken faktörün kazanç olduğu karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda devlet politikasının yetiştiriciyi destekler nitelikte olması gerekmektedir. Bunun için verilecek olan destek ve hibelerden ziyade üreticinin ürettiği ürünlerin eder fiyatında onlardan devlet eliyle satın alınmasının çok daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Çünkü işletmecilerin en büyük problemi hayvanların eder fiyata satılacağı pazar bulma konusu olmuştur. Bu konu çözülerek Türkiye'nin hayvancılık konusunda kendisine yeter seviyeye geleceği düşünülmektedir.

## SONUÇ

İl genelinde işletmecilerin çoğunluğu besicilikten memnun iken, işletmecilerin sadece %35'inin farklı sebeplerden dolayı besicilikten memnun olmadıkları belirlenmiştir. İşletmecilerin besicilikten memnuniyetleri, mevki, yaş, süre, yetiştirilen ırk ve hayvan sayısı, hayvanların eder fiyata satılması gibi faktörlere göre değişmektedir. İşletmelerin bulunduğu mevkiler arasında memnuniyet bakımından farklılık

olduğu ve bu farklılıkta mevkilerdeki işletmelerin hayvan sayısı, yetiştirilen ırk, işletmecilerin yaş ve tecrübelerinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Örneğin, ilçeler arasında en yüksek memnuniyetin Korkut ve Varto ilçelerinde tespit edilmesi, bunun açık bir göstergesidir. Bu ilçelerdeki işletmelerin yukarıda sayılan faktörler bakımından diğer ilçelerden önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir.

Besicilikte yaş bakımından en yüksek memnuniyet 41-50 yaş aralığındaki işletmecilerde belirlenirken, 51 ve üzeri yaşa sahip işletmeciler ile 30 ve daha genç olan (ki bunlar hayvancılığa yeni başlayanlar) işletmecilerde memnuniyetin azalması dikkat çekici bulunmuştur. Genç ve yaşlı işletmecilerin besicilikten memnuniyet oranlarının düşük olması, genç işletmecilerin tecrübesizliği ve işe olan güvenlerinin yetersiz olmasından, yaşlı işletmecilerin ise besicilikten beklentilerinin karşılanmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Memnuniyet ile işletmelerdeki birey sayısı arasında önemli ilişki bulunmuştur. Birey sayısı 4 ve az olan işletmecilerin en yüksek memnuniyet oranına sahip oldukları ve işletmelerde birey sayısı arttıkça memnuniyet oranının azalması anlamlı bulunmuştur. İşletmelerde birey sayısı arttıkça, kişi başına düşen hayvan sayısının azaldığı ve buna bağlı olarak da gelirinde azalmasıyla birlikte memnuniyetin azaldığı düşünülmektedir.

Besicilikten memnuniyete işletmelerde yetiştirilen hayvan sayısının önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Hayvan sayısı 5 ve az olan işletmelerde besicilikten memnuniyet oranı %63.5 iken, hayvan sayısı arttıkça memnuniyet oranı %72.9'a yükselmiştir. Bu durum, işletmelerin imkânlarının iyileşmesine, besiciliği profesyonel olarak yapan işletmecilerin sayısının artmasına ve işletmecilerin bilgi düzeylerinin yükselmesine bağlanabilir. İşletmelerde yetiştirilen hayvan ırkları işletmecilerin memnuniyet düzeylerini önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Irklar içerisinde işletmecilerin en yüksek (%67) memnuniyet oranı melez ırk da bulunurken, bunu kültür ırkı izlemiştir. İşletmelerde memnuniyetin kültür ırklarının yetiştirildiği işletmelerde değil de melez ırklarının yetiştirildiği işletmelerde yüksek bulunması, işletmelerin çoğunluğunda melez ırkın yetiştirilmesine bağlanabilir.

Besiciliğin yanında başka bir iş yapan işletmecilerin, %70.7 oranıyla sadece besicilik yapanlara göre daha memnun oldukları belirlenmiştir. İl genelinde işletmelerin özellikle hayvan sayısı az olan küçük aile işletmecilerinden oluştuğu göz önüne alınırsa, bu işletmecilerin büyük çoğunluğu hayvancılıktan başka

da iş yaptıkları ve hayvancılığı geçime katkı olarak yaptıkları düşünülmektedir. İşletmecilerin besiciliği yapma sebepleri frekans değerlerine göre, baba mesleği, başka iş olmaması ve sevmek şeklinde sıralanmaktadır. Besiciliği severek yapan işletmecilerin frekans değeri son sırada olmasına rağmen, besiciliği severek yapanların en çok memnun işletmeciler olduğu belirlenmiştir. Besi sonunda hayvanları eder fiyata satma işletmecilerin besicilikten memnuniyetini önemli şekilde etkilemiştir. Buna karşın, besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satsalar bile işletmecilerin %25.3'ünün besicilikten memnun olmadıkları bulunmuştur. Bu işletmecilerin elde edilen gelirin toplamda çok memnun edici bulmadıkları düşünülmektedir. Besi sonunda hayvanlarını eder fiyata satamayan işletmecilerin %56.1'inin besicilikten memnun oldukları tespit edilmiştir. Bu işletmecilerin yapacak başka işlerinin olmadığı için besiciliğe devam etmek zorunda oldukları düşünülmektedir. Besicilikten memnun olan işletmecilerin tamamına yakınının besiciliği devam ettireceği belirlenmiştir.

Besicilikten memnun olmamalarına rağmen, %68.3 gibi önemli bir işletmeci grubunun besiciliği sürdürmek istemeleri, besiciliği sürdürme nedenleri arasında bulunan yapacak başka işin olmaması ve elde edilen gelirin yeterli görülmesi ile açıklanmaktadır. Başka iş olmadığı için besiciliği sürdüren işletmecilerin en düşük memnuniyet oranına sahip olmaları da bunun başka bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Ayrıca, besicilikten memnun oldukları halde, zamanı olmadığı için besiciliği sürdürmeyen işletmecilerin de olduğu tespit edilmiştir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### KAYNAKLAR

- Bakır G, Kibar M 2019a. Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Memnuniyet ve Sürdürülebilirliğine Etkili Olan Faktörler: Muş İli Örneği. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi 6(2): 123-135.
- Bakır G, Kibar M 2019b. Siirt İli Besi Sığırcılığı İşletmelerinde Memnuniyet ve Sürdürülebilirliğin Belirlenmesi. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference, 24-27 April 2019, Kayseri.
- Can MF, Yalçın C 2015. Investigation of Organizational Responsibility and Satisfaction Level

- of The Cattle Producers in Turkey. Kafkas Üniv Vet Fak Derg 21(5): 711-717.
- Cochran WG 1977. Sampling Techniques (3rd Edition). John Wiley&Sons New York. [https://www.academia.edu/29684662/Cochran\\_1977\\_Sampling\\_Techniques\\_Third\\_Edition.pdf](https://www.academia.edu/29684662/Cochran_1977_Sampling_Techniques_Third_Edition.pdf).
- Düzgüneş O, Kesici T, Gürbüz F 1983. İstatistik Metodları I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 861, Ders Kitabı: 229, Ankara.
- Han Y 2008. Diyarbakır İli Ergani İlçesinde Besi Sığırcılığı Yapan İşletmelerin Genel Değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 89 sy.
- Han Y, Bakır G 2009. Özel Besi Sığırcılığı İşletmelerinde İrk Tercihleri ve Besi Uygulamaları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 40(2): 35-41.
- İnci H, Karakaya E, Şengül T, Söğüt B 2014. Bingöl İlinde Kanatlı Eti Tüketiminin Yapısı. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1 (1): 17-24.
- Karakaya E, İnci H 2014. Bingöl İli Merkez İlçesi Hane Halkının Kanatlı Eti Tüketim Tercihleri. UÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi 28 (1): 53-64.
- Koçyiğit R., Diler A, Yanar M Güler O, Aydın R, Avcı M 2016. Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Hayvan Sağlığı, Veteriner Sağlık Hizmetleri ve Yetiştirici Memnuniyeti: Erzurum İli Hınıs İlçesi Örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 3(1): 24-32.
- Koçyiğit R, Yanar M, Aydın R, Diler A, Güler O 2018. Sığırcılık İşletmelerinde Hayvan Sağlığı, Veteriner Sağlık Hizmetleri ve Yetiştirici Memnuniyeti ve Beklentileri: Erzurum İli Narman İlçesi Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 21(2): 203-208.
- Kwadzo GTM, Dadzie F, Osei-Asare YB, Kuwornu JK 2013. Consumer Preference for Broiler Meat in Ghana: A Conjoint Analysis Approach. International Journal of Marketing Studies 5(2): 66-73.
- Mohannaj R, Mahivannan L 2012. Study on Satisfaction Level and Problems Faced by Poultry Farm Owners' With Special Reference to Namakkal District, Tamilnadu. IJMIE 2(3): 1-34.
- Muldano M, Thieme O 2009. Consumer Preferences for Poultry Products in Indonesia. GCP/RAS/228/GER. Working Paper No. 12.
- Özen N, Oluğ HH 1996. Burdur Süt Sığırcılığının Sorunları ve Çözüm Önerileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 9(1): 309-321.
- Soyak A, Soysal Mİ, Gürcan EK 2007. Tekirdağ İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısal Özellikleri ve Bu İşletmelerdeki Siyah Alaca Süt Sığırlarının Çeşitli Morfolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 4(3): 297-305.
- Tugay A, Bakır G 2009. Giresun Yöresindeki Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 40(1):

- 37-47.
- Tutkun M, Denli M, Sessiz A 2017. Diyarbakır İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısal Durum Analizi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 5(5): 476-483.
- Tümer E, Ağır HB, Gürler D 2018. Broiler Üretiminde Üretici Memnuniyetini Etkileyen Faktörler. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(4): 545-550.
- Ünalın A, Ceyhan A, Şekeroğlu A, Akyol E 2015. Niđe İli Sığır, Koyun ve Keçi Yetiştiricilerinin Memnuniyet Düzeylerinin Karşılaştırılmal Olarak İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. 9. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi 3-5 Eylül 2015, Konya.
- Yamane T 2006. Temel Örnekleme Yöntemleri. Literatür Yayıncılık, İstanbul, 528 sy.



## Prediction of Egg Weight Using MARS data mining Algorithm through R

Demet ÇANGA<sup>1\*</sup>, Esra YAVUZ<sup>2</sup>, Ercan EFE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata University, Department of Chemistry and Chemical processing, Bahçe, Osmaniye, Turkey, <sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Institute of Science and Technology, Department of Animal Science, Kahramanmaraş, Turkey, <sup>3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-3319-7084>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5589-297X>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-5131-323X>

✉: demetcanga@osmaniye.edu.tr

### ABSTRACT

Internal and external quality characters of poultry eggs are quite important to determine egg weight. Also, the quality of eggs is important for both hatching and egg production. The purpose of this study was modelling of egg weight with the MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) method using inner and outsider quality characters of egg in Lohmann LSL Classic white hybrid flock. For this purpose, the eggs of the Lohmann LSL Classic white hybrid flock (n=60) were used. Weekly egg yields were evaluated from the 22nd week to the 62nd week. In the research, for the prediction of dependent and continuous variable egg weight; shape index (SI), shell breaking resistance (SBS), shell weight (SW), shell thickness (ST), yolk diameter (YD), yolk width (YW), yolk height (YH), color (YC), albumen length (AW), albumen height (AL) and albumen height (AH) were used. In order to obtain perfect goodness of fit, in the “earth” package of the R program, the definitions of penalty -1, degree = 2, nprune = 10 and nk = 60. The research, the mars prediction model was determined such as  $EW = 63.1 - 0.906 * \max(0, 75 - SI) - 0.32 * \max(0, SI - 75) - 62.4 * \max(0, 0.57 - ST) - 354 * \max(0, ST - 0.57) + 1.13 * \text{Groupa2} * \max(0, 75 - SI) + 1.49 * (0.0.57 - ST) \max * YD + 8.2 * \max(0, ST - 0.57) * YD - 0.02 * (0 YD - 38.5) \max * YC - 0.0366 * YH * \max(0, 13 - YC)$ . As a result, some quality variables were found to be important in determining egg weight. Variables such as group a2, SI, YC, ST, YD, YH to estimate the weight of the egg determined as the dependent variable were used. Other variables are not included in this equation. In the poultry, the MARS prediction model may be a better alternative to classical nonlinear models in predicting egg weight since that it is easier and has higher accuracy.

### Research Article

#### Article History

Geliş Tarihi : 09.04.2020

Kabul Tarihi : 30.06.2020

#### Keywords

MARS,  
Egg weight,  
Lohmann breed,  
Goodness of fit,  
Non-parametric regression model

## R kullanarak Mars Veri Madenciliği Algoritması ile Yumurta Ağırlığı Tahmini

### ÖZET

Kanatlı hayvanlarda, yumurta ağırlığını belirlemede yumurtanın iç ve dış kalite özellikleri oldukça önemlidir. Yumurtanın kalite özellikleri, gerek kuluçka üretimi ve gerekse yemlik yumurta üretimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, Lohmann LSL Classic beyaz hibrit sürü yumurtaları kullanılarak yumurtanın iç dış kalite özellikleri ile yumurta ağırlığının tahminini MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) yöntemi ile modellemektir. Bu amacı gerçekleştirmek için Lohmann LSL Classic beyaz hibrit sürü (n = 60) yumurtaları kullanıldı. Haftalık yumurta verimleri 22. haftadan 62. haftaya kadar değerlendirilmiştir. Bağımlı ve sürekli değişken olarak belirlenen yumurta ağırlığını (EW) tahmin etmek için; şekil indeksi (SI), kabuk kırılma mukavemeti (SBS), kabuk ağırlığı (SW), kabuk kalınlığı (ST), yumurta sarısı çapı (YD), yumurta sarısı genişliği (YW), yumurta sarısı yüksekliği (YH), yumurta sarısı rengi (YC) albümin genişliği (AW), albümin uzunluğu (AL), albümin yüksekliği (AH) kullanılmıştır. Mükemmel uyum iyiliği elde etmek için, R programının “earth” paketinde, penalty = -1, derece

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihçesi

Received : 09.04.2020

Accepted : 30.06.2020

#### Anahtar Kelimeler

MARS,  
Yumurta ağırlığı,  
Lohman ırkı,  
Uyum iyiliği  
Parametrik olmayan regresyon modeli.

= 2, nprune = 10 ve nk = 60 tanımları yapıldı. Araştırma sonucunda mars tahmin modeli,  $EW = 63.1 - 0.906 * \max(0, 75 - SI) - 0.321 * \max(0, SI - 75) - 62.4 * \max(0, 0.57 - ST) - 354 * \max(0, ST - 0.57) + 1.13 * \text{Groupa2} * \max(0, 75 - SI) + 1.49 * \max(0, 0.57 - ST) * YD + 8.2 * \max(0, ST - 0.57) * YD - 0.02 * \max(0, YD - 38.5) * YC - 0.0366 * YH * \max(0, 13 - YC)$  olarak belirlendi. Sonuç olarak, bazı kalite değişkenlerinin yumurta ağırlığının belirlenmesinde önemli olduğu bulunmuştur. Bağımlı değişken olarak belirlenen yumurtanın ağırlığını tahmin ederken a2, SI, YC, ST, YD, YH görülürken, diğer değişkenler bu denkleme dahil edilmemiştir. Tavukçulukta, MARS tahmin modeli, daha kolay formül ve daha yüksek doğruluk ile yumurta ağırlığını tahmin etmede klasik lineer olmayan modellere daha iyi bir alternatif olabilir.

**To Cite :** Canga D, Yavuz E, Efe E 2021. Egg Weight Estimation with Mars Data Mining Algorithm Using R. KSU J. Agric Nat 24 (1): 242-251. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoge.vi.716880>.

## INTRODUCTION

Today, nutrition is one of the most important problems of people. For a healthy diet, the energy and nutrients of the body should be taken completely. Chicken meat and egg production meets people's daily protein and vitamin needs. Eggs are a food source with full biological value (Doğan, 2008; Durmuş, 2015). For this reason, studies on egg quality have an important place in numerous researches on eggs. Quality of an egg depends on the inner (albumin weight, yellow weight) and outer (shell weight) quality characteristics. (Orhan et al., 2016; Altan, 1993). Orhan et al 2016 used a regression tree method based on the CHAID algorithm to estimate the egg weight and achieved a high accuracy of 98.988%. In his research, he obtained the highest EW (71.963 g) from eggs with AW 41 g and YW > 17 g. Aktan (2004) found significant correlations between egg weight and, albumen and yolk weight (0.489, 0.796). Alkan et al. (2010); reported that egg weight, shell weight, shell thickness, yolk weight and albumin weight are important features to determine egg quality. Akan (2011) stated that there is a positive correlation between egg weight and albumin weight. In recent years, one way to produce estimates in the decision making process is also to use statistical methods especially in the field of data mining. These methods involve artificial neural network (YSA), decision trees and multivariate adaptive regression splines (MARS) as well as the others., YSA are information processing systems based on the structure and functioning of the biological nervous system, especially the human brain. The MARS algorithm is a data mining technique that can be used to solve classification and regression-type problems (Friedman 1991, Hastie et al 2009). Regression analysis is the most commonly used statistical technique to investigate and model the relationship between variables. There are many regression models used for various purposes such as data analysis and parameter estimation. One of these regression models, MARS algorithm, is a non-parametric regression method that successfully describes the complex relationships

between sets of dependent and independent variables. It is a nonparametric process to adapt to adaptive regressions that use some piecewise functions to define the relationships between sets of response(s) and predictors. Therefore, a functional relationship between dependent and independent variables is not accepted before analysis. In the method, MARS, regression and tree techniques were combined (Kibet 2012, Yakubu 2012). The MARS algorithm aims to optimize the fit of a dependent variable to the data by using the least squares method such as regression. Unlike regression, MARS allows the definition of more complex terms than those in the model that are linear and additive. Like decision trees, the MARS algorithm segments data, but unlike decision trees, MARS allows the capture of linear and additional relationships to be split over all nodes at every step.

Categorical or continuous characteristics can be modelled in this technique (Kibet 2012). MARS divides the data segments at equivalent intervals (Friedman 1991, Sevimli 2009, Kibet 2012). In each segment, MARS divides the data into several subgroups. Many nodes have been created by MARS. These nodes can exist between different input variables or different ranges in the same input variable to separate subgroups. MARS performs successfully in finding optimal variable transformations and interactions, which are complex data structures that often hide high-dimensional data (Steinberg 2001, Deconinck et al 2005, Yerlikaya 2008, Oguntunji 2017, Aksoy et al 2018a, Celik 2019).

In this study, theoretical information about MARS algorithm was given. With the given algorithm, it was aimed to calculate the eligibility criteria for the predictive performance of the "earth" package and "ehaGOF" package that will be used effectively in MARS analysis. The effective use of more than one continuous or discontinuous independent variable was demonstrated in the context of estimating a continuous dependent variable. The outputs obtained with the prediction equation created was easily interpreted.

Therefore, the aim of this study was to estimate

selected quality features and to show the most effective estimators of these features by determining egg weight by using MARS data mining algorithm. In poultry production, prediction studies with this method are not common and classical methods are still dominant. With this study, a new approach was tried to be presented to researchers working in this field.

## MATERIAL and METHOD

### Material

The research data on egg external and internal traits in the prediction of egg weight were obtained from the experiment conducted in KSU, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science during the year 2015. The obtained data was measured from the eggs of Lohman LSL Classic white hybrid chickens randomly matched without selection between the ages of 17-20 weeks (n = 60). For the study, weekly egg yields were evaluated from the 22nd week to the 62nd week. The study was aimed to estimate the egg weight (EW) as a continuous dependent variable. Shape index (SI), shell breaking strength (SBS), shell weight (SW), shell thickness (ST), yolk diameter (YD), yolk width (YW), yolk height (YH), yolk color (YC), albumen width (AW), albumen length (AL), albumen height (AH) were considered as independent variables for egg weight prediction. Descriptive statistics of the variables examined in the study are presented in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics of the studied explanatory variables

*Çizelge 1. İncelenen açıklayıcı değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri*

Variables	N	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.
EW	57	58	64	60.59	1.407
SI	57	71	83	76.24	2.689
SBS	57	0	3	0.82	0.669
SW	57	7	11	8.28	0.790
ST	57	0	1	0.40	0.152
YD	57	36	47	40.93	2.828
AW	57	61	88	70.37	5.960
AL	57	42	117	88.21	10.258
AH	57	5	12	8.45	1.506
YH	57	16	22	19.02	1.185
YC	57	10	15	12.95	1.156
YW	57	13	19	15.75	1.034

### Method

The Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) algorithm, which provides high dimensional relationships between dependent and independent variable sets, does not require any assumptions about the distribution of the variables. The MARS algorithm, also known as the nonparametric regression method, allows researchers to create a prediction equation (Sevimli 2009, Kibet 2012, Aksoy et al 2018b).

The MARS algorithm is based on an adaptive regression approach that uses forward and backward procedures to generate the basic functions and to select the positions of the nodes. In each forward procedure, the entire area is subdivided and the nodes are added to their corresponding basic functions. In the backward procedure, unnecessary basic functions are deleted. This sustainability process is known as "pruning" and the optimal number of nodes can be found using general cross validation (GCV) (Kibet 2012, Zhang and Goh, 2016, Aytakin et al 2018, Celik and Yılmaz 2018, Eyduvan et al 2017c, Sevgenler 2019, Eyduvan et al 2019a, Canga and Boga 2019). In general, more basic functions (selected from a set of possible basic functions) are added to the model to maximize the goodness of fit criteria for the least squares. As a result of these operations MARS automatically determines the most important independent variables and the most important interactions between them. MARS is very good at finding optimal variable transformations and interactions, as well as the complex data structure that often hides high-dimensional data. The MARS model discovered by Friedman (1991) is a flexible nonparametric regression model for high dimensional data. Friedman (1991) extended the MARS methodology to the model with nominal categorical explanatory variables for which normal definitions of regularity are not applied.

Data mining techniques can be a good option to describe complex relationships. MARS is a non-parametric data mining technique that does not require assumptions such as normality and fixed variance (Kibet 2012, Eyduvan et al 2019a, Celik and Boydak 2020). The MARS algorithm reveals the nonlinear and interaction effects between predictors and responses. Model's prediction accuracy increases as GCV (prediction error) decreases (Eyduvan et al 2019a, Sevgenler 2019, Erturk et al 2018; Celik 2019).

### Formation of basis functions

Parametric and nonlinear MARS method, contrary to linear methods, takes into account subsets of variables (Xu et al, 2006). In other words, the space created by the predictive variables is divided into many overlapping regions. Thus, it is created spline functions and these regional regression spans are also called the basic function (Put et al, 2009). The structural model constructed with MARS uses the piecewise linear basis functions expansion, which is shown in the form  $(x - t)_+$  and  $(t - x)_+$ .

If the desired condition cannot be met in order to indicate the positive part of the "+" subscript, the value of the basic function (BF) will be zero and this is expressed as follows (Friedman 1991, Steinberg 2001, Deconinck et al 2005, Banks 2001, Sevimli 2010, Orhan et al 2018, Celik and Boydak 2020).

$$BF_1(x) = (x - t)_+ = \max(0, x - t) = \begin{cases} x - t, & x > t \\ 0, & x \leq t \end{cases} \quad (1)$$

$$BF_2(x) = (t - x)_+ = \max(0, t - x) = \begin{cases} t - x, & x < t \\ 0, & x \geq t \end{cases} \quad (2)$$

Another representation of the basic functions  $(x - t)_+$  and  $(t - x)_+$  is  $x - t = \max(x - t, 0)$  and  $(t - x)_+ = \max(t - x, 0)$ .

The equation of the generalized MARS prediction equation for the default system that generates the data is given as follows ((Friedman 1991, Hastie et al 2001, Banks 2003, Ko et al 2008, Kibet 2012, Eydurán et al 2017a, Eydurán et al 2017d, Celik and Yılmaz 2018, Sevgenler 2019):

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m \prod_{k=1}^{K_m} h_{km}(X_{v(k,m)}) \quad (3)$$

where;

$\hat{y}$ : Estimated value of dependent variable,

$\beta_0$ : constant,

$\beta_m$ : regression coefficient,

$h_{km}(X_{v(k,m)})$ : basic function, the index of the independent variable of component m of the multiplier k.

$K_m$ , is the parameter that limits the degree of interaction. Backward procedure in the screening process, GCV is used to compare the performance of model subsets to select the best subset. Lower GCV values are better at this step. GCV is a form of regularization that reveals goodness of fit against model complexity. Pruning algorithm is made by GCV method. GCV takes into account both the error of residuals and the model complexity, and the GCV value is calculated by the formula in equation (4):

$$GCV(\lambda) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\left[1 - \frac{M(\lambda)}{n}\right]^2} \quad (4)$$

Here:

n: Number of eggs in the experiment,

$y_i$ : Dependent variable; observed weight for i-th egg,

$\hat{y}_i$ : Predicted weight for i-th egg,

$M(\lambda)$ :  $\lambda$  is the function of the complexity of the model that contains the terms.

Goodness of fit criteria used for measuring the predictive accuracy of the MARS model are formulated below (Kibet 2012, Eydurán et al 2017a, Eydurán et al 2017d, Celik and Yılmaz 2018, Sevgenler 2019; Celik 2019) :

1. Pearson correlation coefficient (r) between real and predicted values of the dependent variable ,

2. Akaike information criterion, AIC

$$AIC = n \cdot \ln \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \right] + 2k, \text{ if } n/k > 40 \quad (5)$$

$$AIC_c = AIC + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}, \text{ otherwise}$$

3. Root-mean-square error, RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (6)$$

4. Mean error, ME :

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i) \quad (7)$$

5. Mean absolute deviation, MAD:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (8)$$

6. Standard deviation ratio,  $SD_{ratio}$ :

$$SD_{ratio} = \frac{S_m}{S_d} \quad (9)$$

7. Global relative approximation error, RAE:

$$RAE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (10)$$

8. Mean absolute percentage error, MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100 \quad (11)$$

9. Performance index:

$$\rho = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{(1+r) \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i} \cdot 100 \quad (12)$$

where: n is the number of egg weight in data set, k is the number of model parameters,  $y_i$  is the real value of the dependent variable (egg weight),  $\hat{y}_i$  is the predicted value of  $y_i$ ,  $S_m$  is the standard deviation of the model errors,  $S_d$  is the standard deviation of the dependent variable.  $S_d$  ratio for ensuring a good fit should be less than 0.40 and, for a very good fit  $S_d$  ratio should be less than 0.10 (Grzesiak and Zaborski 2012, Eydurán et al 2017, Orhan et al 2018, Celik 2019; Celik and Boydak 2020).

Data mining techniques can be a good option to describe complex relationships. MARS is a non-parametric data mining technique that does not require assumptions such as normality and fixed variance. The MARS algorithm reveals the nonlinear and interaction effects between predictors and responses. Model's prediction accuracy increases as GCV (prediction error) decreases (Eydurán et al 2019a, Sevgenler 2019, Erturk et al 2018).

### Statistical analysis

In the study, "earth" and "ehaGoF" packages were loaded using R STUDIO program and analysis of MARS algorithm was provided (R Core Team, 2014). Definitions used for the MARS algorithm were given in appendix.

### RESULTS and DISCUSSION

In this study, R commands for estimating egg weight, which is the dependent variable, are determined. The script prepared for MARS analysis related to egg



weight is presented in Figure 1 (Eyduran et al 2019a, Sevgenler 2019).

The codes of the prediction equation of the MARS model are given in the Appendix. The penalty = -1 and degree = 2 limitations are made in the earth package of the MARS algorithm used to estimate the egg weight. When summary results of MARS model were evaluated, it has been shown that the results have sufficient prediction performance (Friedman 1991, Steinberg 2001, Deconinck et al 2005, Erturk et al 2018, Millborrow 2018, Sevgenler 2019).

The prediction equation of the MARS results is given below:

$$EW = 63.1 - 0.906 * \max(0, 75 - SI) - 0.321 * \max(0, SI - 75) - 62.4 * \max(0, 0.57 - ST) - 354 * \max(0, ST - 0.57) + 1.13 * \max(0, 75 - SI) + 1.49 * \max(0, 0.57 - ST) * YD + 8.2 * \max(0, ST - 0.57) * YD - 0.0291 * \max(0, YD - 38.5) * YC - 0.0366 * YH * \max(0, 13 - YC)$$

$$\text{Groupa2} * \max(0, 75 - SI) + 1.49 * \max(0, 0.57 - ST) * YD + 8.2 * \max(0, ST - 0.57) * YD - 0.0291 * \max(0, YD - 38.5) * YC - 0.0366 * YH * \max(0, 13 - YC)$$

When the basic functions are written in this equation,  $EW = 63.1 - 0.906 * BF1 - 0.321 * BF2 - 62.4 * BF3 - 354 * BF4 + 1.13 * BF5 + 1.49 * BF6 + 8.2 * BF7 - 0.0291 * BF8 - 0.0366 * BF9$  is obtained.

When the estimation equation is analyzed, it is expected that the variables in the 6th, 7th and 8th terms will have a positive effect on the dependent variable egg weight, while the other terms will have a negative effect (Eyduran et al 2019a, Orhan et al 2018, Celik and Boydak 2020, Sengul et al 2018). In Table 2, the coefficients of the estimation equation are given.

```
mydata <- read.table("D:/articlemars.txt",header = T)
str(mydata)
install.packages("earth")
library(earth)
m1=earth(EW~., data=mydata, penalty=-1, degree=2,nprune=10, nk=100, pmethod="backward", keepxy=T)
summary(m1, digits=3, style="max")
evimp(m1)
n<-length(mydata$EW)
n ## sample size
k= length(m1$selected.terms)
k
cor.test(mydata$EW, predict(m1))
Pearsoncorr=round(cor(mydata$EW, predict(m1)), digits = 3)
Pearsoncorr
bx<-model.matrix(mydata)
a.lm<-lm(mydata$EW~bx[,-1])
summary(a.lm, digits=3, style="max")
error=mydata$EW-predict(m1)
sdratio=round(sd(error)/sd(mydata$EW), digits=3)
sdratio
Coefofvariation=round(sd(error)*100/mean(mydata$EW), digits=2)
Coefofvariation
RMSE=round(sqrt(mean(error^2)), digits=3)
RMSE
MSE=round((mean(error^2)), digits=6)
MSE#the expected ME is zero
GCV=m1$gcv
GCV
ME=round((mean(error)), digits=3)
ME
RAE=round(sqrt(sum(error^2)/sum(mydata$EW^2)), digits=3)
RAE#Smaller is better
MAPE=round(mean(abs(error)/mydata$EW)*100, digits=4)
MAPE#Smaller is better
MAD=round(mean(abs(error)), digits = 3)
MAD#Smaller is better
Rsq=round(1-(sum(error^2)/(var(mydata$EW)*(n-1))), digits = 3)
Rsq#Greater is better
AdjRsq=round(1-((1- Rsq)*(n-1)/(n-k-1)), digits=3)
AdjRsq#Greater is better
AIC=round(n*log(mean(error^2), base=exp(1))+2*k, digits=0)
AIC# Smaller is better
AICC=round(n*log(mean(error^2), base=exp(1))+2*k*(k+1)/(n-k-1)), digits=0)
AICC#Smaller is better
```

Figure 1. R script file used to determine for egg weight

Şekil 1. Yumurta ağırlığını belirlemek için kullanılan R komut dosyası

If the difference between the node and observation value in above expressions regarding the basic functions given in Table2 is positive, this difference should be multiplied by the corresponding prediction coefficient in the model function. If the difference is negative, the basic function does not contribute to the

model by taking the value of zero, in another word it is masked (Orhan et al 2018, Sahin et al 2018, Eyduran et al 2019a). Detailed examinations about this situation are mentioned in the literature (Sevimli 2009, Kibet 2012, Eyduran et al 2017a, Eyduran et al 2017d, Celik and Yılmaz 2018, Sevgenler 2019, Eyduran et al 2019a; Sahin et al 2018).

Table 2. Results of the MARS model regarding the basic functions and coefficients in the prediction of egg weight  
*Cizelge 2. Yumurta ağırlığının tahmininde temel fonksiyonlar ve katsayılarla ilişkin MARS modelinin sonuçları*

Terms	Basis Function	Coefficients
	Intercept	63.1
1	<b>BF1</b> max(0,75-SI)	-0.906
2	<b>BF2</b> max(0,SI -75)	- 0.321
3	<b>BF3</b> max(0, 0.57-ST)	-62.4
4	<b>BF4</b> max(0,ST -0.57)	-354
5	<b>BF5</b> Groupa2*max(0,75-SI)	1.13
6	<b>BF6</b> max(0,0.57-ST)*YD	1.49
7	<b>BF7</b> max(0,ST-0.57) * YD	8.2
8	<b>BF8</b> max(0, YD-38.5) * YC	-0.0291
9	<b>BF9</b> YH*max(0,13-YC)	-0.0336

Selected 10 of 45 terms, and 6 of 16 predictors

Termination condition: RSq changed by less than 0.001 at 45 terms

Importance: SI, Groupa2, YC, ST, YD, YH, Groupa3-unused, Groupa4-unused, Groupa5-unused,

Number of terms at each degree of interaction: 1 4 5

GCV 0.752 RSS 45.1 GRSq 0.607 RSq 0.607

In Figure 2, the functions of the prediction equation obtained with the MARS algorithm and the coefficients of this function are given. In the MARS prediction model, the coefficient of determination was calculated as  $R^2 = 0.61$ . To obtain a smaller MARS model than the model obtained by default (with 10 terms selected), a small nprune with big nk and penalty = -1 and any desired term number is suggested. The predictive accuracy of the model increases as GCV decreases (Milborrow 2018, Eyduvan et al 2019). In the study, a sufficient prediction model corresponding to the lowest GCV (0.752) value was produced. The results of the importance test of bound coefficients of the prediction equation produced by MARS algorithms are presented

in Table 3 (Orhan et al 2018, Sengul et al 2018, Celik and Boydak 2020).

From Table 3, it was understood that all coefficients related to MARS estimation model were found statistically significant ( $P < 0.001$ ).

Looking at these results in Figure 3, the Pearson correlation coefficient between observed and predicted values was found to be 0.779 and the standard deviation ratio = 0.43, which means a sufficient fit (Grzesiak and Zaborski 2012, Erturk et al 2018, Eyduvan et al 2019a). As a sophisticated approach, in the prediction model created by the MARS algorithm, the prediction of the dependent variable complies with the results of the previous studies such as Eyduvan

```
> m1=earth(EW~., data=mydata, penalty=-1, degree=2,nprune=10, nk=100, pmethod="backward", keepxy=T)
> summary(m1, digits=3, style="max")
Call: earth(formula=EW~., data=mydata, pmethod="backward", keepxy=T, degree=2, nprune=10,
  penalty=-1, nk=100)

EW =
 63.1
- 0.906 * max(0, 75 - SI)
- 0.321 * max(0, SI - 75)
- 62.4 * max(0, 0.57 - ST)
- 354 * max(0, ST - 0.57)
+ 1.13 * Groupa2 * max(0, 75 - SI)
+ 1.49 * max(0, 0.57 - ST) * YD
+ 8.2 * max(0, ST - 0.57) * YD
- 0.0291 * max(0, YD - 38.5) * YC
- 0.0366 * YH * max(0, 13 - YC)

Selected 10 of 45 terms, and 6 of 16 predictors
Termination condition: RSq changed by less than 0.001 at 45 terms
Importance: SI, Groupa2, YC, ST, YD, YH, Groupa3-unused, Groupa4-unused, Groupa5-unused, ...
Number of terms at each degree of interaction: 1 4 5
GCV 0.752 RSS 45.1 GRSq 0.607 RSq 0.607
```

Figure 2. Summary results of the MARS estimation model1

Figure 2. MARS tahmin modelinin özet sonuçları

Table 3 . Significance test results of coefficients in MARS algorithm  
*Çizelge 3. MARS algoritmasında katsayıların önem testi sonuçları*

Basic function	Estimate	Std. Error	P value
Intercept	63.1	0.44974	< 2e-16 ***
<b>BF1</b> max(0,75-SI)	-0.906	0.07453	3.52e-05 ***
<b>BF2</b> max(0,SI -75)	- 0.321	114.25216	0.002502 **
<b>BF3</b> max(0, 0.57-ST)	-62.4	24.09248	0.001875 **
<b>BF4</b> max(0,ST -0.57)	-354	2.68459	0.002479 **
<b>BF5</b> Groupa2*max(0,75-SI)	1.13	1.4664	3.83e-06 ***
<b>BF6</b> max(0,0.57-ST)*YD	1.49	0.60875	0.001663 **
<b>BF7</b> max(0,ST-0.57) * YD	8.2	1.95565	0.001246 **
<b>BF8</b> max(0, YD-38.5) * YC	-0.0291	0.04610	0.000108 ***

\*\* : p<0.01; \*\*\*: p<0.001

and et al (2019a) and Celik and Boydak (2020). In the study, the SD rate of MARS was found to be 0.43. This shows that MARS model provides fit well. Here it has mainly been aimed at showing how to use the model. Therefore, it is suggested that it would be more appropriate for researchers to work on new researches with higher results. When these results are examined in Figure 3, the importance level of the variables has been determined with evimp (marsresult) command. Results of this command show the relative importance of statistics of goodness of fit. Shape index value has the highest relative importance (100%) in the prediction of egg weight. GCV criterion (81.1%) and RSS criterion (81.1%) of the 2nd group denoted by "groupa2" are also shown. Special statements can be made with the command "n <-length (mydata \$ WEANINGW)" to test the significance of the terms.

In a study by Orhan et al (2016), they tried to find EW estimation using ridge regression (RR), multiple linear

regression (MLR) and regression tree analysis (RTM) methods. In their study, they used only SW, AW, YW independent variables in EW estimation. However, in this study, almost all of the inner and outer quality features of the egg to determine egg weight were used. In this way, it was tried to determine which quality features should be used with the best MARS estimation equation in EW estimation.

Looking at Figure 3, it is seen that 6 of these features are important. In the EW estimation, it was seen that the SI variable was important in the first degree with its 100% significance level, while the study conducted by Orhan et al (2016) showed that the AW variable was important in the first place. When the results of this research are evaluated by looking at the literature, more detailed results about EW estimation appear as the number of variables related to quality characteristics increases (Orhan et al 2016, Sengul et al 2020).

```
> evimp(m1)
      nsubsets  gcv    rss
SI           9 100.0 100.0
Groupa2      7  81.1  81.1
YC           6  55.7  55.7
ST           5  47.5  47.5
YD           3  38.5  38.5
YH           1  21.5  21.5
> n<-length(mydata$EW)
> n ## sample size
[1] 60
> k= length(m1$selected.terms)
> k ## number of selected terms in the MARS predictive model in training set
[1] 10
> cor.test(mydata$EW, predict(m1))

      Pearson's product-moment correlation

data:  mydata$EW and predict(m1)
t = 9.4576, df = 58, p-value = 2.352e-13
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.6543580 0.8622601
sample estimates:
      cor
0.7788678

> Pearsoncorr=round(cor(mydata$EW, predict(m1)), digits = 3)
> Pearsoncorr
      EW
[1,] 0.779
```

Figure 3. Summary results of the MARS estimation model2  
*Şekil 3. MARS tahmin modelinin özet sonuçları2*

Finally, the model evaluation was performed using the ehaGoF package developed by Eydurán (2019b) for goodness of fit criteria (Table 4). In "ehaGoF" package output, the Akaike's information criterion (AIC) is preferred when the n/k is greater than 40. It is worth

noting that otherwise there is a warning that the corrected Akaike's information criterion (AICc) should be used (Eydurán et al 2017b, c). Goodness of fit criteria are presented in Table 4.

Table 4 . Goodness of fit criteria for MARS algorithm  
 Çizelge 4. MARS algoritması için uyum iyiliği kriterleri

	critrion	Value
1	Root mean square error (RMSE)	0.752
2	Relative root mean square error (RRMSE)	1.431
3	Standard deviation ratio (SDR)	0.627
4	Coefficient of variation (CV)	1.440
5	Pearson's correlation coefficients (PC)	0.779
6	Performance index (PI)	0.804
7	Mean error (ME)	0.000
8	Relative approximation error (RAE)	0.000
9	Mean relative approximation error (MRAE)	0.002
10	Mean absolute percentage error (MAPE)	1.140
11	Mean absolute deviation (MAD)	0.689
12	Coefficient of determination (Rsqr)	0.607
13	Adjusted coefficient of determination (ARsqr)	0.527
14	Akaike's information cCriterion (AIC)	2.889
15	Corrected Akaike's information criterion (AICc)	7.379

Also, goodness of fit statistics such as AIC, AICc, RMSE, Sdratio, R<sup>2</sup> and MAPE have been reported by some authors that models with the smallest value are the most suitable models (Orhan et al 2016, Celik et al., 2017; Eydurán et al 2017c, Celik 2019; Sengül et al 2020; Celik and Boydak 2020; Koyun and Çelik, 2020).

The findings were found to be compatible with the results of some recent studies on this subject (Eydurán et al 2017c; Eydurán et al 2019a, Zaborski et al 2019; Akin et al 2020, Celik and Boydak 2020). In this study, nprune = 10 and penalty = -1 were taken to prevent negative cross-validation value. Because in cases where the data set is small, the measurements should be made quite precisely (Milborrow 2018; Eydurán et al 2019a). In other words; with the backward elimination process, a model having the lowest GCV and nprune or less terms is selected. Therefore, the nprune command specifies the maximum number of terms allowed in the final model. This problem was solved by taking Penalty = -1.

Sum up , in the research, Theoretical information about the MARS algorithm is given and the prediction equation of the MARS algorithm is created with the codes that enable the "earth" package to be used effectively in terms of MARS analysis. Detailed results of the R resulting from these coding are included. Thus, it was thought that this would be important in future studies for the comprehensibility and progress of the subject.

## CONCLUSION and SUGGESTIONS

In the study, independent variables of the shape index (SI), group a2, egg yolk color (YC) and shell thickness (ST), egg yolk diameter (YD), yolk height (YH) were effective in estimating the egg weight (EW) determined as the dependent variable. Other independent variables of SBS, SW, YD, AW, AL, AH, YW could not enter the model. The prediction equation showed a medium level fit (SDR = 0.43) to the observed data. Looking at the coefficients in the estimation equation; While EW estimation, group a2, yolk diameter (YD), shell thickness (ST) variables positively affect; Shape index (SI), yolk color (YC), and yolk height (YH) variables affect negatively.

It can be concluded that this was due to the high variation in the data. In agriculture and animal science, this situation could be frequently encountered due to the sensitivity of the research and research material to environmental conditions. For this reason, researchers are especially recommended to work with low variation and high accuracy data in their studies with the MARS algorithm, which we recommend as a new method.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was presented as an oral presentation at the International Congress on Domestic Animal Breeding Genetics and Husbandry (ICABGEH-2019) held on 11-13 September 2019 in Prague, Czech Republic.



### Statement of Conflict of Interest

Author have declared no conflict of interest.

### REFERENCES

- Akin M, Eydurur, SP, Eydurur E 2020. Analysis of macro nutrient related growth responses using multivariate adaptive regression splines. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 140, 661–670.
- Aksoy A, Erturk YE, Eydurur E and Tariq MM 2018a. Comparing predictive performances of MARS and CHAID algorithms for defining factors affecting final fattening live weight in cultural beef cattle enterprises. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(6): 2279-2286.
- Aksoy A, Erturk YE, Eydurur E, Tariq MM 2018b. Utility of MARS Algorithm for Describing Non-Genetic Factors Affecting Pasture Revenue of Morkaraman Breed And Romanov × Morkaraman F1 Crossbred Sheep Under Semi Intensive Conditions. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(1):235-240.
- Aytekin I, Eydurur E, Karadas K, Akşahan R, Keskin I 2018. Prediction of Fattening Final Live Weight from Some Body Measurements and Fattening Period in Young Bulls Of Crossbred And Exotic Breeds Using Mars Data Mining Algorithm. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(1):189-195.
- Banks DL, Olszewski RT, Maxion RA 2003. Comparing Methods for Multivariate Adaptive Regression. *Communication in Statistics-Simulation and Computation*, 32(2):541-571. [Electronic Journal], <http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713597237>.
- Banks DL. 2001. Exploratory Data Analysis: Multivariate Approaches (Nonparametric Regression). In: *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Eds: Smelser NJ, Baltes PB. Vol 8, 2nd ed, Elsevier, Amsterdam, p 5164-5169.
- Banks DL. 2001. Exploratory Data Analysis: Multivariate Approaches (Nonparametric Regression). In: *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Eds: Smelser NJ, Baltes PB. Vol 8, 2nd ed, Elsevier, Amsterdam, p 5164-5169.
- Canga D, Boga M 2019. Hayvancılıkta Mars Kullanımı Ve Bir Uygulama. III. International Scientific and Vocational Studies Congress – Science and Health 27-30 June 2019, Ürgüp, Nevşehir / Türkiye.
- Celik S, Eydurur E, Kaardaş K, Tariq MM. 2017. Comparison of predictive performance of data mining algorithms in predicting body weight in Mengali rams of Pakistan. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(11): 863-872.
- Celik S, Yilmaz O. 2018. Prediction of Body Weight of Turkish Tazi Dogs using Data Mining Techniques: Classification and Regression Tree (CART) and Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). *Pakistan Journal of Zoology*, 50(2): 575-583 doi:10.17582/journal.pjz/2018.50.2.575.583
- Celik S. 2019. Comparing Predictive Performances of Tree-Based Data Mining Algorithms and MARS Algorithm in the Prediction of Live Body Weight from Body Traits in Pakistan Goats. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(4):1447.
- Celik, S. and Boydak E. 2020. Description of The Relationships Between Different Plant Characteristics in Soybean Using Multivariate Adaptive Regression Splines (Mars) Algorithm. *Japs, Journal of Animal and Plant Sciences*, 30(2): 431-441.
- Deconinck E, Xu QS, Put R, Coomans D, Massart DL, Heyden YV 2005. Prediction of gastro-intestinal absorption using multivariate adaptive regression splines. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 39: 1021-1030.
- Erturk YE, Aksoy A, Tariq MM 2018. Effect of Selected Variables Identified by MARS on Fattening Final Live Weight of Crossbred Beef Cattle in Eastern Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(4):1403-1412.
- Eydurur E, Zaborski D, Waheed A, Celik S, Karadas K, Grzesiak W 2017a. Comparison of the predictive capabilities of several data mining algorithms and multiple linear regression in the prediction of body weight by means of body measurements in the indigenous Beetal goat of Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(1): 257-265.
- Eydurur E, Akkus O, Kara MK, Tırınk C, Tariq M M 2017b. Use of Multivariate Adaptive Regression Splines (Mars) in Predicting Body Weight from Body Measurements in Mengali Rams. *International Conference on Agriculture, Forest, Food, Sciences and Technologies (ICAFOF)*, 11-17 May 2017, Nevşehir, Turkey.
- Eydurur E, Tırınk C, Karahan AE, Türkoğlu M 2017c. Prediction of an upper bound of gene-ralized cross validation in multivariate adaptive regression splines in agricultural studies. *International Conference on Computational and Statistical Methods in Applied Sciences*, 9-11 Nov 2017, Samsun Turkey.
- Eydurur E, Tırınk C, Karahan AE, Türkoğlu M, Tariq MM 2017d. Comparison of Predictive Performances of MARS and CART Algorithms through R Software. *International Conference on Computational and Statistical Methods in Applied Sciences*, 9-11 Nov 2017, Samsun, Turkey.
- Eydurur E, Akin M, Eydurur SP 2019a. Application of Multivariate Adaptive Regression Splines in Agricultural Sciences through R Software. *Nobel Bilimsel Eserler*.
- Eydurur E 2019b. ehaGoF: Calculates Goodness of Fit Statistics. R package version 0.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ehaGoF>

- Friedman JH 1991. Multivariate Adaptive Regression Splines. *Annls. Stat.* 19:1-141.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman J 2009. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction*, second ed. Springer.
- Kibet CE 2012. A Multivariate Adaptive Regression Splines Approach to Predict the Treatment Outcomes of Tuberculosis Patients in Kenya. *Science in Biometry to The University of Nairobi, Yüksek Lisans Tezi*, 70s.
- Ko M, Clark JG, Ko D 2008. Revisiting the Impact of Information Technology Investments on Productivity: An empirical investigation using multivariate adaptive regression splines (MARS). *Information Resources Management Journal*, 21(3):1-23.
- Koyun M, Celik S. 2020. Investigation on Some Ectoparasites of Mesopotamian Spiny Eels (*Mastacembelus mastacembelus*) with Certain Data Mining Algorithms Based on the Effect of Weight and Sex. *Pakistan Journal of Zoology*, 52(2): 733.
- Milborrow S 2018. Milborrow. Derived from mda:mars by T. Hastie and R. Tibshirani. url: <https://CRAN.R-project.org/package=earth> (Erişim tarihi: 31.08. 2020).
- Oguntunji AO 2017. Regression Tree Analysis for Predicting Body Weight of Nigerian Muscovy Duck (*Cairina moschata*). *Genetika*, 49(2): 743-753, 2017.
- Orhan H, Teke Ç E, Karcı Z 2018. Laktasyon Eğrileri Modellemesinde Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri (Mars) Yönteminin Uygulanması. *KSU J Agric Nat* 21(3): 363-373.
- Put R, Xu QS, Massart DL, Vander Heyden 2004. Multivariate adaptive regressionsplines (MARS) in chromatographic quantitative structure-retention relationship studies. *Journal of Chromatography A*, 1055 : 11-19.
- R Core Team 2014. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org>.
- Sahin G, Eydurhan E, Turkoglu M, Sahin F 2018. Estimation of Global Irradiation Parameters at Location of Migratory Birds in Iğdir, Turkey by Means of MARS Algorithm. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(6): 2317-2324.
- Sengul T, Celik S, And Sengul AY 2018. Bildircinlarda Göğüs Etinin Rengi ve Ph'sı Üzerine Yaş, Cinsiyet ve Canlı Ağırlığın Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 523-529.
- Sengul AY, Sengul T, Celik S 2020. Relationships Between Body Weight and Some Egg Quality Traits in Japanese Quails. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2): 308-312.
- Sevgenler H 2019. Keçilere Ait Kimi Özelliklerin Canlı Ağırlık Üzerindeki Etkilerini Belirlemek Amacıyla Kullanılan Veri Madenciliği Algoritmalarının (Cart, Chad Ve Mars) Karşılaştırılması. *Iğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 57s.
- Sevimli Y 2009. Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Uzanımlarının Bir Split Mouth Çalışmasında Uygulanması. *Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 87 s.
- Steinberg D 2001. An alternative to neural networks: Multivariate adaptive regression splines (MARS), *PC AI*, January/February, pp. 38 -41.
- Yakubu A 2012. Application of regression tree methodology in predicting the body weight of Uda sheep. *Anim. Sci. Biotechnol.*, 45: 484-490.
- Yerlikaya FA 2008. New Contribution to Nonlinear Robust Regression and Classification with Mars and Its Applications to Data Mining for Quality Control in Manufacturing, Master Thesis, METU, Ankara.
- Xu QS, Daeyaert F, Lewi PJ, Massart DL 2006. Studies of relationship between biological activities and HIV Reverse Transcriptase Inhibitors by Multivariate Adaptive Regression Splines with Curds and Whey. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 82: 24-30.
- Zhang W, Goh AT 2016. Multivariate Adaptive Regression Splines And Neural Network Models For Prediction Of Pile Drivability. *Geoscience Frontiers*, 7(1): 45-52.

#### APPENDIX

For the MARS algorithm using the R studio program, the following definitions have been made:

```
m1=earth(EW~., data=mydata, penalty=-1, degree=2,nprune=10, nk=60, pmethod="backward", keepxy=T)
```

```
summary(m1, digits=3, style="max")
```

The following R definitions are used to test the significance of coefficient for terms created from important variables as follows :

```
bx<-model.matrix(mydata)
a.lm<-lm(mydata$EW~bx[, -1])
summary(a.lm)
evimp(m1)
```