

ORDU ÜNİVERSİTESİ  
BİLİM ve TEKNOLOJİ DERGİSİ

---

Cilt: 7      Sayı: 2      2017

---

Hakemli Elektronik Dergi  
(Endekste Taranmıyor)

Ordu University  
Journal of Science and Technology  
Vol. 7, No. 2, 2017

**Ordu Üniversitesi Adına Sahibi**

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sami Güler

**Editör**

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sami Güler

**Yayın Kurulu**

Prof. Dr. Fikri Balta

Prof Dr. Hasan Sevgili

Prof. Dr. Tahsin Tonkaz

Prof. Dr. İsmet Balık

Prof. Dr. Öznur Ergen Akçin

Doç. Dr. Cengiz Özyürek

Yrd. Doç. Dr. Mithat Akgün

**Editör Yardımcısı**

Yrd. Doç. Dr. Ömer Atabeyoğlu

Yrd. Doç. Dr. Yeliz Kaşko Arıcı

**Yazı İşleri Müdürü**

Arş. Gör. Mehmet Muharrem Özcan

**Dergi İçin Yayın Kurulu**

Prof. Dr. Fikri Balta

Prof Dr. Hasan Sevgili

Prof. Dr. Tahsin Tonkaz

Prof. Dr. İsmet Balık

Prof. Dr. Öznur Ergen Akçin

Doç. Dr. Cengiz Özyürek

Yrd. Doç. Dr. Mithat Akgün

**Yabancı Dil Sorumlusu**

Yrd. Doç. Dr. Cüneyt Özata

**Yayın Tarihi**

Aralık/2017

**İletişim**

Ordu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü,

Cumhuriyet Yerleşkesi

Ordu

Tel: 0452 234 50 10 / 1011

e-mail: btd@odu.edu.tr

Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi hakemli bir dergidir. Endekste taranmamaktadır. Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yılda iki kez elektronik ortamda yayınlanır. Dergide yayınlanan yazıların sorumluluğu yazarına aittir.

## Danışma Kurulu

<b>Prof. Dr. Abdullah MENZEK</b>	Atatürk Üniversitesi	<b>Doç. Dr. İlkey ŞİŞMAN</b>	Sakarya Üniversitesi
<b>Doç.Dr.Abdulsamet HAŞILOĞLU</b>	Atatürk Üniversitesi	<b>Doç. Dr. İ. Yasin ERDOĞAN</b>	Bingöl Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Adem ERSOY</b>	Çukurova Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Jose M. LEITAO</b>	Universidade do Algarve
<b>Prof. Dr. Adnan ERDAĞ</b>	Adnan Menderes Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Lütfi ÖZYÜZER</b>	İzmir Yüksek Teknolojileri Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ali İrfan İLBAŞ</b>	Erciyes Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mehmet AKBAŞ</b>	Karadeniz Teknik Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Aliye ALTUNDAŞ</b>	Gazi Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN</b>	Süleyman Demirel Üniversitesi
<b>Prof.Dr. Ahmet CANSIZ</b>	İstanbul Teknik Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ahmet DURMUŞ</b>	Karadeniz Teknik Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mehmet GAVGALI</b>	Atatürk Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ahmet KAZANKAYA</b>	Yüzüncü Yıl Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mehmet TÜMER</b>	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ayhan SARIOĞLUGİL</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mehmet ÜLKER</b>	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ahmet UYANIK</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Metin HÜSEM</b>	Karadeniz Teknik Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ahmet YARTAŞI</b>	Çankırı Karatekin Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mustafa BÜYÜKYILMAZ</b>	Namık Kemal Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Burhan ARSLAN</b>	Namık Kemal Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Mustafa ÇALIŞKAN</b>	Gazi Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Borris KRISKA</b>	Mendel University	<b>Prof. Dr. Osamu TERAİ</b>	Nagasaki Fruit Tree Experiment
<b>Prof. Dr. Celal TUNCER</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Ömer AKBULUT</b>	Atatürk Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Cemil YAPAR</b>	Ordu Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Ö. İrfan KÜFREVİOĞLU</b>	Atatürk Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Cevdet COŞKUN</b>	Giresun Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Refik KESKİN</b>	Sakarya Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Cumhuri ÇÖKMÜŞ</b>	Ankara Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU</b>	Çukurova Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Dürdane KOLONKAYA</b>	Hacettepe Üniversitesi	<b>Prof.Dr. Sadri ŞEN</b>	Atatürk Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ertunç GÜNDÜZ</b>	Hacettepe Üniversitesi	<b>Prof.Dr. S. Zeki BOSTAN</b>	Ordu Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Fahri YAVUZ</b>	Atatürk Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Sebahattin TÜZEMEN</b>	Atatürk Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Ferhan TÜMER</b>	Atatürk Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Shunguan LII</b>	College of Horticulture South Chine Agricultural Univ.
<b>Prof. Dr. Fikri BALTA</b>	Ordu Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Sinan UYANIK</b>	Harran Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Francesso CALABRESE</b>	Dipartimento di Colture Arbaee, Universitate di Palermo	<b>Prof. Dr. Suat AKBULUT</b>	Atatürk Üniversitesi
<b>Prof.Dr.F. Ekmel TEKİNTAŞ</b>	Adnan Menderes Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Şenol EREN</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Gençağa PÜRÇEK</b>	Karadeniz Teknik Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Ş. Metin KARA</b>	Ordu Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Halil KÜTÜK</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Tarık YARILGAÇ</b>	Ordu Üniversitesi
<b>Prof. Dr. Halim ÖZDEMİR</b>	Sakarya Üniversitesi	<b>Prof. Dr. Zehruni MESSAOUDI</b>	Department arboniculture-Viticulture Ecole Nationale d Agriculture de Meknes
<b>Prof. Dr. Halis AYGÜN</b>	Kocaeli Üniversitesi		
<b>Prof. Dr. Hasan GÜMÜŞ</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi		
<b>Prof. Dr. Hasan SEÇEN</b>	Atatürk Üniversitesi		
<b>Prof. Dr. İhsan ÜNVER</b>	Karadeniz Teknik Üniversitesi		

## İçindekiler (Contents)

	<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Bazı Fesleğen (<i>Ocimum basilicum</i> L.) Popülasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi</b> <i>Determination of Herb Yield and Essential Oil Content of Some Basil (<i>Ocimum basilicum</i> L.) Populations</i> M. KARACA, Ş. M. KARA, M. M. ÖZCAN .....	160-169
<b>İki Zamanlı Ters-Doğru Akışlı Benzinli Bir Motorun Performans Analizi</b> <i>Performance Analysis of a Two Stroke Reverse-Uniflow Gasoline Engine</i> G. KAYA, B. ÖZDALYAN.....	170-182
<b>Five New Records for the Ichthyofauna of Miliç River in Turkey</b> <i>Miliç Irmağı (Türkiye) İhtiyofaunası İçin Beş Yeni Kayıt</i> S. SAYGUN, F. SAYGUN, C. ÖNEL.....	183-195
<b>Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) ve Börülcede (<i>Vigna unguiculata</i> L.) Çimlenme Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi</b> <i>Determination of the Effects of Different Salt Concentrations on Germination in Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) and Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i> L.)</i> F. ÖZKORKMAZ, N. YILMAZ.....	196-200
<b>Kalça Protezinin Aşınma Özellikleri Üzerinde Çoklu Tabakalı Kaplanmasının Etkilerinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Nümerik Analizi</b> <i>Numerical Analysis of Effect of Multilayer Coating on the Wear Properties of Hip Prosthesis by Finite Element Method</i> E. BAHÇE, A. K. ASLAN, M. Sami GÜLER, N. ÇAKIR, E. EMİR.....	201-214
<b>RFLP Yönteminin Parazitolojide Uygulama Alanları</b> <i>The Application Fields in Parasitology of RFLP Technique</i> Z. KOLÖREN, E. ÇİL, E. AYAZ, Ü. KARAMAN.....	215-225
<b>Trabzon Bölgesi'nde Kullanılan Mezgit Uzatma Ağlarının Av Verimi ve Tür Kompozisyonunun Belirlenmesi</b> <i>Catch Efficiency and Catch Composition of the Whiting Gillnet in Trabzon Region</i> M. AYDIN, M. N. HACIOĞLU.....	226-238
<b>Yağ Güllü (<i>Rosa damascena</i> Mill.)'nün In Vitro Koşullarda Klonal Çoğaltımı</b> <i>In Vitro Clonal Micropropagation of Oil-Bearing Rose (<i>Rosa damascena</i> Mill.)</i> Ş. E. ARICI, B. ŞAN, S. KAZAZ.....	239-252
<b>Bitki Sıklığının Fesleğende (<i>Ocimum basilicum</i> L.) Herba Verimi ve Uçucu Yağ İçeriği Üzerine Etkisi</b> <i>The Effect of Plant Density on Herb Yield and Essential Oil Content of Basil (<i>Ocimum basilicum</i> L.)</i> İ. KÖSE, Ş. M. KARA, M. M. ÖZCAN.....	253-265
<b>Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile Kurutmanın Fındığın (<i>Corylus avellana</i> L.) Kuruma Karakteristiklerine Etkisi</b> <i>White Influence of Warm White (Yellow) Color LED Drying Technique on Drying Characteristics of Hazelnut (<i>Corylus avellana</i> L.)</i> M. AKGÜN, Ö. ŞENYURT, L. KANDEMİR.....	266-274
<b>Kop Tüneli Yapım Çalışmaları ve Metodolojisi</b> <i>Construction Works and Methodology of Kop Tunnel</i> E. ÇORUH, A. O. KÖKSAL, C. KAPLAN, M. DEMİRCİ.....	275-288
<b>Domuz Ayrığı (<i>Dactylis glomerata</i> L.) Popülasyonlarında Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi</b> <i>The Evaluation of Genetic Diversity in Orchardgrass (<i>Dactylis glomerata</i> L.) Populations</i> G. DEMİRKOL, Ö. ÖNAL AŞCI.....	289-294
<b>Yenilebilir Aljinat ve Zein Filmlerin Gıda Ambalajlamasında Kullanımı</b> <i>Using of Alginate and Zein Films in Food Packaging</i> G. SARITAŞ KÜÇÜK, Ö. F. ÇELİK, H. TÜRE.....	295-311
<b>Ordu İlinde Yetişen Sakarca (<i>Ornithogalum umbellatum</i>) Bitkisinin Antibakteriyel Aktivitesi ve Toplam Fenolik Madde İçeriği</b> <i>Antibacterial Activity and Total Phenolic Content of Sakarca (<i>Ornithogalum umbellatum</i>) Plant Growing in Ordu</i> M. DEMİRKOL, Ö. F. ÇELİK, Z. TARAKÇI.....	312-318



**On the Distribution of a Boundary Functional of the Semi-Markovian Random Walk Process with Two Delaying Barriers**

*İki Tutan Bariyerli Yarı-Markovian Rastgele Yürüyüş Sürecinin Bir Sınır Fonksiyonunun Dağılımı Hakkında*

S. MADEN.....319-329

**On Neutrosophic Continuity**

*Neutrosophic Süreklilik Üzerine*

S. ŞENYURT, G. KAYA.....330-339

**Fındık Bahçesi Topraklarının Bitkiye Yararışlı Fosfor Miktarlarının Belirlenmesinde Değişik Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması**

*An Investigation for Suitability of Plant Available Phosphorus with Different Extraction in Hazelnut Orchard Soils*

C. TARAKÇIOĞLU, İ. YILMAZ, S. KULAÇ.....340-352

**Tanjant Demet İzdüşümü ile Tanımlı Tensör Demetinin Pull-Back Demeti**

*A Pull-Back Bundle of Tensor Bundles Defined by Projection of The Tangent Bundle*

F. YILDIRIM.....353-366

**Operator (h,m)-Convexity and Hermite-Hadamard Type Inequalities**

*Operatör (h,m)-Konvekslik ve Hermite-Hadamard Tipi Eşitsizlikler*

S. SALAŞ, E. ÜNLÜYOL, D. YARDIMCIEL.....367-377

**Ordu Aktarlarında Satılan Tıbbi Bitkiler**

*Medicinal Plants Sold in Herbalists in Ordu District*

E. KARACA ÖNER, M. YEŞİL, G. GÜVELİ.....378-383

## Bazı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Popülasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi

Mehmet KARACA<sup>1</sup> , Şevket Metin KARA<sup>1\*</sup> , Mehmet Muharrem ÖZCAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 15.02.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 15.08.2017)

### Öz

Bu çalışma, bazı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) popülasyonlarının herba verimi ve uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Tesadüf Blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen tarla denemesinde bitkisel materyal olarak, bir TÜBİTAK projesi kapsamında Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanmış olan 80'den fazla fesleğen popülasyonu içinden seçilen, 9 genotip kullanılmıştır. Araştırmada her biri çiçeklenme döneminde olmak üzere 2 biçim yapılmış ve bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak verimi ve uçucu yağ oranı incelenmiştir. İncelenen bütün özelliklerde fesleğen genotipleri arasındaki farklılıklar çok önemli çıkmıştır. Bitki boyu 17,16-45,33 cm, yeşil herba verimi 195.00-383.99 g/bitki, kuru herba verimi 22.21-46.85 g/bitki, kuru yaprak herba verimi 12.46-25.99 g/bitki ve uçucu yağ oranı % 0,25-1,06 arasında değişmiştir. Tokat orijinli genotip yeşil ve kuru herba verimi bakımından, Adana orijinli genotip ise uçucu yağ oranı açısından dikkati çeken genotipler olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kuru yaprak verimi, Reyhan, Yeşil herba verimi

## Determination of Herb Yield and Essential Oil Content of Some Basil (*Ocimum basilicum* L.) Populations

### Abstract

This study was carried out to determine herb yield and volatile oil content of some sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) populations. A field experiment in randomized block design with three replications was carried using plant material of nine basil genotypes selected from a population including more than 80 genotypes collected from different regions of Turkey, within the scope of a TUBITAK project. In the study, the plants were harvested two times at flowering stage and plant height, fresh herb yield, dry herb yield, dry leaf yield and essential oil content were evaluated. Significant differences among the genotypes studied were determined for all traits evaluated. Plant height, fresh herb yield, dry herb yield and essential oil content values were found to be within the ranges of 17,16-45.33 cm, 195.00-383.99 g/plant, 22.21-46.85 g/plant, 12.46-25.99 g/plant and 0,25-1,06%, respectively. In terms of fresh herbage yield and essential oil content, the genotypes of Tokat and Adana were promising genotypes.

**Keywords:** Dry leaf yield, Fresh herb yield, Sweet basil

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: smkara58@hotmail.com

## 1. Giriş

Ülkemizde fesleğen ya da reyhan olarak bilinen *Ocimum basilicum* L. türü, dünyanın önemli uçucu yağ içeren bitkilerinden biri olup, birçok ülkede ticari şekilde ekimi yapılmaktadır. *Ocimum* cinsinin dünya genelinde 65 civarında türünün olduğu ve Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın sıcak ve ılıman bölgelerinde doğal olarak yayıldıkları bilinmektedir (Paton ve ark., 1999). Fesleğen Türkiye'de doğal yayılış göstermemekte ve özellikle Batı ve Güney Anadolu'da, çoğunlukla ev bahçelerinde ve hatta balkonlarda ve saksılarda yetiştirilmektedir. Bazı yörelerde özellikle doğu illerinde mor renkli tipler yaygındır ve reyhan olarak isimlendirilmektedir. Batı illerinde yaygın olan yabancı literatürde 'sweet basil' olarak bilinen yeşil renkli varyeteler, fesleğen olarak adlandırılmaktadır (Telci ve ark., 2005). Gıda sanayinde baharat veya uçucu yağ alkolsüz içecekler, fırın ürünleri, şekerlemeler, dondurmalar, sirkeler, et ve çeşni ürünlerinde, ayrıca parfümeri alanında kullanılmaktadır. Uçucu yağ bileşenleri taşıyan bitkiler çevre şartlarına daha duyarlı olup, uçucu yağın temel bileşenlerinin sayısı ve miktarı bakımından büyük bir varyasyon gösterirler. Fesleğen bitkisinde de uçucu yağ oranı % 0.62-% 1.00 arasında değişmektedir (Akgül, 1989; Arabacı ve Bayram; 2004). Fesleğen gibi bir vejetasyon döneminde birden fazla ürün alınan bitkilerde biçim dönemlerindeki iklimsel değişim, bitkilerin verim ve kimyasal içeriği üzerinde etkili olmaktadır (Telci 2005).

Diğer tarla bitkilerinde olduğu gibi, tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde de amaç kaliteli ve yüksek verim almaktır. Bunun için öncelikle, farklı ekolojik bölgelere uygun çeşitlerin geliştirilmesi ve modern yetiştirme tekniklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Türkiye'de farklı yörelerden temin edilen 80'den fazla yerel fesleğen genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik karakterizasyonunun yapıldığı bir araştırmaya göre; yerel fesleğenlerde gerek morfolojik ve gerekse kimyasal açıdan geniş bir varyasyonun olduğu belirlenmiş ve bazı genotiplerin verim ve uçucu yağ içeriği açısından ön plana çıktığı ifade edilmiştir (Telci ve ark., 2005). Bu bakımdan, farklı iklim ve toprak şartlarında ve farklı yetiştirme tekniği uygulamalarında uygun fesleğen genotiplerinin belirlenmesi konusu önem arz etmektedir.

Literatürde fesleğen konusunda yeterli sayıda araştırmanın bulunmadığı göz önüne alınarak bu çalışmanın amacı ülkemizin farklı bölgelerinden toplanan fesleğen tipleri içinden seçilen bazı fesleğen genotiplerinde herba verimi ve uçucu yağ içeriğinin tespit edilmesi olarak belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bazı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Popülasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma, 2014 yılında Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü uygulama alanında yürütülmüştür. Deneme yılına ve uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan denemede, bitki materyali olarak bir TÜBİTAK projesi kapsamında ülkemizin farklı yerlerinden toplanan (Telci ve ark., 2005) orijinleri Gaziantep (G1, G3, G8, G9), Tokat (G2), Sivas (G4), Adana (G5), Yozgat (G6), Antalya (G7) illeri olan 9 fesleğen genotipi

kullanılmıştır. Kullanılan genotiplere ait tohumlar torf ve perlit içeren viyollere 12.04.2014 tarihinde ekimi yapılmıştır. 8-10 cm boya ulaşan fideler parsel başına 3'er sıra, 3'er m uzunlukta olacak şekilde ve her sırada 16 bitki bulunacak biçimde sıra arası 40 cm ve sıra üzeri 30 cm olarak 26.05.2014 tarihinde tarlaya şaşırtılmıştır. Dikim öncesi deneme alanından farklı derinliklerden alınan toprak örnekleri Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında analiz edilmiş ve analiz sonucuna göre (Çizelge 2) göre 5 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 6 kg/da N uygulanmıştır. Bitkilerin çiçek açma döneminde biçimlere başlanmıştır. Birinci biçim sonrası bir sonraki biçim için tekrar aynı gübre ve dozları uygulanmıştır.

Her iki biçimden önce her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 örnek bitkinin toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasına kadar ki yükseklik cm olarak bitki boyları ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Parseldeki 10 bitki toprak seviyesinin 10 cm yüksekliğinden biçilip tartılarak yeşil heba verimi belirlenmiş bu bitkiler 35 °C'de kurutularak hesaplanan % nem kayıplarından faydalanarak bitki başına kuru herba verimleri hesaplanmıştır (Telci ve ark. 2005). Kuru herbadan yaprak ve saplar ayıklanarak yaprak oranları belirlenmiş bu oranlardan kuru yaprak verimleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Tarla denemesinin yürütüldüğü 2014 yılı ve uzun yıllar ortalamasına ait iklim değerleri\*

Aylar	2014 yılı					Uzun Yıllar				
	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)	Nem (%)
	Mak.	Min.	Ort.			Mak.	Min.	Ort.		
<b>Nisan</b>	13.6	12.7	12.8	21.9	72.4	15.1	8.3	11.4	74.3	76.1
<b>Mayıs</b>	22.9	17.5	19.1	27.2	73.1	19.1	12.3	15.6	55.6	76.7
<b>Haziran</b>	26.7	17.0	22.5	91.5	65.8	24.0	16.4	20.3	76.7	72.9
<b>Temmuz</b>	27.0	20.0	23.7	59.3	66.9	26.7	19.4	23.0	63.2	71.7
<b>Ağustos</b>	27.5	20.9	24.7	41.1	64.7	27.3	19.8	23.2	68.5	70.4
<b>Toplam</b>	117.7	88,1	102,9	241	342,9	112,2	76,2	93,5	338,3	367,8
<b>Ortalama</b>	23,54	17,62	20,58	48,2	68,58	22,44	15,24	18,7	67,66	73,56

\*Anonim, 2015; Ordu Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları

Uçucu yağ oranları ise 35 °C'de kurutulmuş yapraklarda su destilasyon yöntemine göre, Clevenger cihazı ile volumetrik olarak belirlenmiştir. Yapraktaki uçucu yağ oranı kuru madde üzerinden ml/100 g (%) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Tesadüf Bloklarında faktöriyel düzenlemelere göre yapılmıştır. Ancak biçimler toplamları

birleştirilerek yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak herba verimi Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre SAS-JMP-5.01 Programı'nda varyans analizine tabi tutulmuştur.

### Çizelge 2. Deneme alanı toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri\*

Derinlik (cm)	pH	Tekstür	Kireç (%)	Tuzluluk (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)	K <sub>2</sub> O (kg/da)	OM (%)	N (%)
0-30	6,93	Killi tınlı	0,57	0,05	5,12	26,82	2,72	0,09
30-60	7,06	Killi tınlı	0,49	0,03	4,35	39,19	2,39	0,08

\*: Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarı

Uçucu yağ oranları ise 35 °C'de kurutulmuş yapraklarda su destilasyon yöntemine göre, Clevenger cihazı ile volumetrik olarak belirlenmiştir. Yapraktaki uçucu yağ oranı kuru madde üzerinden ml/100 g (%) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Tesadüf Bloklarında faktöriyel düzenlemelere göre yapılmıştır. Ancak biçimler toplamları birleştirilerek yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak herba verimi Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre SAS-JMP-5.01 Programı'nda varyans analizine tabi tutulmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Seçilmiş bazı fesleğen genotiplerinin her biri çiçeklenme devresinde olmak üzere iki sefer biçilmiş her biçim zamanında bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak herba verimi ve uçucu yağ oranları belirlenmiştir. İncelenen özelliklere ait verilerin varyans analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'de görüldüğü gibi, incelenen tüm özelliklerde fesleğen genotipleri arasındaki farklılık istatistiki olarak % 1 düzeyinde önemli olmuştur. Çalışmada bitki boyuna göre genotip x biçim zamanı inter-

### Çizelge 3. Fesleğen genotiplerinde iki biçim zamanında ortalama değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S. D	Kareler ortalaması				
		Bitki boyu (cm)	Yeşil herba Verimi (g/Bitki)	Kuru herba Verimi (g/Bitki)	Kuru yaprak herba verimi (g/Bitki)	Uçucu yağ oranı (%)
Blok	2	10,91	742,16	1,72	0,88	1,525
Genotip	8	589,7**	5362,37**	106,13**	28,53**	0,022924**
Biçim	1	0,07	271,13	64,09	0,88	0,000007
Genotip x Biçim	8	51,7**	983,17	42,15	12,42	0,0007
Hata	34	10,1	1033,68	20,17	6,32	0,0016
Genel	53					
VK		9,3	12,8	26,63	26,84	26,7

\*\* , P<0,01 düzeyinde önemli

aksiyonunun önemli çıkmış bu durum biçim zamanına göre bitki boyunda ortaya çıkan değişimin genotiplere göre farklı olduğunu ortaya koymuştur. Diğer değerler istatistiki olarak önemsiz bulunmuş ele alınan genotiplerin farklı biçim zamanlarında bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak verimi ortalama değerleri, uçucu yağ oranları ve önemlilik grupları Çizelge 4’de verilmiştir. Her bir özellik ayrı başlıklar altında açıklanmış ve tartışılmıştır.

### 3.1. Bitki Boyu

Çizelge 3’te görüleceği üzere, fesleğen genotiplerinin bitki boyu, biçim zamanına göre önemli oranda etkilenmiş en yüksek değer birinci biçimde G6 genotipinde (52,33 cm) ikinci biçimde G2 genotipinde (45,00 cm); en düşük değerler ise her iki biçimde sırasıyla 15,66 ve 18,66 cm olarak G8 genotipinde ölçülmüştür. İki biçim ortalaması olarak bitki boyunda G6 genotipi 45,33 cm’le ilk sırayı almış, G2 genotipi ikinci, G7 genotipi üçüncü sırayı almıştır

Çalışmada genotip x biçim zamanı interaksiyonunun önemli çıkması biçim zamanına göre bitki boyunda ortaya çıkan değişimin genotiplere göre farklı olduğunu ortaya koymuştur. Çizelge 3’den G6, G4 ve G7 kodlu genotiplerde en yüksek bitki boyunun birinci biçimde alındığı, buna karşılık geri kalan altı genotipte en yüksek bitki boyu değerlerinin ikinci biçimde ölçüldüğü görülmektedir.

**Çizelge 4.** Ele alınan genotiplerin iki biçim zamanındaki ortalama değerleri ve önem grupları

Genotipler	Biçimler	Bitki boyu (cm)		Ortalama
		1	2	
G6		52,33	38,33	45,33 A
G2		44,66	45,00	44,83 A
G4		44,66	42,33	43,50 A
G7		38,66	37,33	38,00 B
G1		36,00	37,66	36,83 B
G3		26,33	31,66	29,00 C
G9		24,66	29,00	26,83 C
G5		24,00	27,66	25,83 C
G8		15,66	18,66	17,16 D
<i>Ortalama</i>		34,106	34,181	34,145
LSD <sub>0,01</sub>		Genotip= 3,73	Genotip x Biçim=5,27	
Genotipler	Biçimler	Yeşil Herba verimi (g/Bitki)		Toplam Verim
		1	2	
G2		183,66	200,33	383,99 A
G1		158,33	154,66	313,00 B
G4		154,00	156,00	310,00 B
G9		143,00	132,00	275,00 BC
G3		127,00	128,33	255,33 BCD
G5		96,33	151,00	247,33 BCD
G6		136,00	102,66	238,66 CD
G7		107,00	93,66	200,66 D
G8		84,00	111,00	195,00 D
		132,14	136,62	134,38
LSD <sub>0,01</sub>		Genotip= 66,33	Genotip xBiçim=53,34	

**Çizelge 4. Devamı**

Genotipler	Biçimler	<i>Kuru Herba Verimi (g/Bitki)</i>		<i>Toplam Verim</i>
		1	2	
G1		29,33	17,52	46,85 <b>A</b>
G2		20,95	22,67	43,62 <b>AB</b>
G4		20,56	18,76	39,32 <b>BC</b>
G3		21,52	14,80	36,33 <b>BC</b>
G9		18,08	14,67	32,74 <b>CD</b>
G6		16,88	11,91	28,79 <b>DE</b>
G5		11,24	16,91	28,15 <b>DE</b>
G7		13,20	12,23	25,44 <b>E</b>
G8		9,76	12,45	22,21 <b>E</b>
<i>Ortalama</i>		17,94	15,76	16,85
LSD <sub>0,01</sub>		Genotip= 7,29		Genotip x Biçim=7,43
Genotipler	Biçimler	<i>Kuru Yaprak Herba verimi (g/Bitki)</i>		<i>Toplam Verim</i>
		1	2	
G2		11,10	14,88	25,99 <b>A</b>
G1		13,67	10,07	23,73 <b>AB</b>
G4		9,51	11,09	20,60 <b>BC</b>
G9		11,26	7,80	19,15 <b>CD</b>
G5		7,54	11,49	19,03 <b>CDE</b>
G6		9,99	8,06	18,06 <b>CDE</b>
G3		7,39	7,43	14,82 <b>DEF</b>
G8		6,20	8,58	14,58 <b>EF</b>
G7		6,45	6,01	12,46 <b>F</b>
<i>Ortalama</i>		9,23	9,49	9,42
LSD <sub>0,01</sub>		Genotip= 4,45		Genotip x Biçim= 4,17
Genotipler	Biçimler	<i>Uçucu Yağ Oranı (%)</i>		<i>Ortalama</i>
		1	2	
G5		1,10	1,01	1,06 <b>A</b>
G8		0,73	0,90	0,82 <b>B</b>
G9		0,74	0,66	0,70 <b>B</b>
G2		0,65	0,62	0,64 <b>BC</b>
G3		0,58	0,58	0,58 <b>BCD</b>
G1		0,58	0,54	0,56 <b>BCD</b>
G4		0,45	0,44	0,44 <b>CD</b>
G6		0,28	0,38	0,33 <b>D</b>
G7		0,25	0,26	0,25 <b>D</b>
<i>Ortalama</i>		0,59	0,60	0,60
LSD <sub>0,01</sub>		Genotip= 0,0074		

Birinci biçim zamanına gelinceye kadarki reyhanın gelişme döneminin (Mayıs ve Haziran) daha yağışlı bir dönem olması değerlerin ikinci biçim zamanından yüksek çıkmasına sebep olmuş olabilir.

Ayrıca, ikinci biçim zamanında bitki boyu değerlerinin düşüklüğü, bu dönemde ışık yoğunluğu ve sıcaklığın yüksek olmasından kaynaklanabilir. Reyhanın bitki boyu ve gelişiminin, birçok faktöre (gübreleme, ekolojik faktörler, kullanılan materyal, sulama sıklığı, biçim zamanı, gece-gündüz sıcaklıkları ve gün uzunluğu) bağlı olarak önemli derecede etkilendiği Özgen (2014), Kulan (2013), Kaçar (2009), Arslan ve ark., (2009), Ekren ve ark., (2009) ve (Chang ve ark. 2005) tarafından da bildirilmiştir.

### 3.2. Yeşil Herba Verimi

Araştırma’da kullanılan reyhan genotiplerinde iki biçim zamanında elde edilen yeşil herba verimleri Çizelge 2’de görülmektedir. Buna göre Yeşil herba verimi birinci

biçimde 84.00-183.66 g/bitki, ikinci biçimde ise 93.66-200.33 g/bitki arasında değişmiş ve iki biçim zamanı ortalaması olarak sırasıyla 132.14 ve 136.62 g/bitki değerleri elde edilmiştir. Üzerinde çalışılan fesleğen genotipleri arasında en yüksek toplam yeşil herba verimi 383.99 gr/bitki değeri ile G2 genotipi, buna karşılık en düşük toplam yeşil herba verimi ise 195.00 gr/bitki değeriyle G8 genotipten elde edilmiştir. Her iki biçim zamanı verilerine göre genellikle en yüksek verimler ikinci biçim zamanından elde edilmiştir. Bizim çalışmamızdaki bulunan değerler Marotti ve ark., (1996) ve Chang ve ark., (2005) tarafından bildirilen değerlerin üstünde olup Lachowicz ve ark., (1997); Telci (2005) tarafından rapor edilen sonuçlara benzerlik gösterirken araştırmacılar, biçimler arasındaki farklılıkların sebeplerini iklimin etkisine, çeşitlerin sahip olduğu genetik farklılıklara, sıcaklığın etkisine ve dallanmayı teşvik ettiği biçimlerin buna paralel olarak yeni gövdeleri meydana gelmesiyle yeşil herba veriminin ikinci biçimde yüksek olabileceğini bildirmişlerdir.

### **3.3. Kuru Herba Verimi**

Fesleğen genotipleri kuru herba verimi yönünden önemli farklılıklara sahip olup iki biçim zamanı için ortalama ve toplam kuru herba verimi değerleri Çizelge 4'te görülmektedir. Kullanılan reyhan genotiplerinde kuru herba verimi birinci biçimde 9.76-29.33 g/bitki, ikinci biçimde 11,91-22,67 gr/bitki ve toplam kuru herba veriminde ise 11.10-23.42 g/bitki arasında değişmiştir. Birinci biçimde 29.33 g/bitki G1 genotipi, ikinci biçimde 22.67 g/bitki ile G2 genotipi en yüksek kuru herba verimlerini vermişlerdir. Toplam kuru herba veriminde ise, 46.85 g/bitki ile yine G1 genotipi en yüksek değere sahip olmuştur. Şekil 4.3'de, fesleğen genotiplerinin kuru herba veriminde biçim zamanına göre meydana gelen değişim ve toplam verimler gösterilmiştir. Fesleğen genotipleri ile biçim zamanlarına göre; G2 genotipi , G5 ve G7 genotipleri hariç diğer genotiplerde en yüksek kuru herba verimleri birinci biçim zamanından alınmıştır.

Farklı çalışmalarda kuru herba verimini Khalil ve ark., (2010) 7,26-10,78 g/bitki arasında, çalışmamıza göre oldukça düşük değerde, bulmuş ve bunun sebebi olarak su stresinden bahsetmiştir. Arslan ve ark., (2009) yaptıkları çalışmada kuru herba veriminin 24,3-55,2 gr/bitki arasında değiştiğini saptamışlardır. Görüldüğü gibi bu değerler bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz kuru herba verimlerinden kısmen daha yüksek çıkmıştır. Bunun tersine, Chang ve ark., (2005) yaptıkları bir çalışmada kuru herba verimini 5,5-7,1 g/bitki arasında bulduğunu rapor etmiştir ki bu sonuç bizim çalışmamızdan alınan kuru herba veriminden oldukça düşüktür.

### **3.4. Kuru Yaprak Herba Verimi**

Fesleğen genotiplerinden iki biçim zamanında ve toplam olarak elde edilen kuru yaprak herba verimleri incelendiğinde birinci biçimde 6.20-13.67 g/bitki, ikinci biçimde 6,01-14,88 g/bitki ve iki biçim toplam verimi olarak 12.46-25.99 g/bitki arasında değişmiştir (Çizelge 4). Tüm uygulamalar dikkate alındığında, en yüksek verimler birinci biçimde G1 genotipde 13,67 gr/bitki, ikinci biçimde G2 genotipde 14,88 gr/bitki olarak tespit edilmiştir. En düşük kuru yaprak herba verimleri ise, birinci biçimde 6.20 g/bitki ile G8, ikinci biçimde ise 6. 01 g/bitki ile G7 genotipinde tespit edilmiştir. Genotipler biçim zamanlarına göre karşılaştırıldığında G1, G9, ve G2 nolu genotiplerin birinci biçimde,



diğerlerinin ise ikinci biçimde en yüksek kuru herba verimlerine sahip oldukları görülmektedir. Nacar, (1997), Telci, (2005) genel olarak en yüksek verimlerin ikinci biçim döneminde gerçekleşmiş olmasını bu dönemdeki hava sıcaklığının etkili olmasından kaynaklı olabileceğini bildirmektedirler.

Literatürde fesleğen konusunda yapılan araştırmalarda kuru yaprak verimi, Chang ve ark., (2005) tarafından 4.0-4,7 g/bitki arasında bulunmuştur. Buna karşılık, Chang ve ark., (2008) tarafından yürütülen bir başka çalışmada ise, kuru yaprak verimini 0,67-2,01 g/bitki gibi oldukça düşük değerler rapor etmişlerdir.

### **3.5. Uçucu Yağ Oranı**

Biçim zamanı ve genotipler birlikte dikkate alındığında her iki biçimde en yüksek uçucu yağ oranları, G5 genotipinde sırasıyla % 1,10 ve % 1,01 olarak en düşük uçucu yağ oranları ise, G7 genotipinde birinci ve ikinci biçimde % 0,25 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4). Genotipler iki biçim zamanına göre karşılaştırıldığında G5, G9, G2, G1, ve G4 genotipleri dışındaki tüm genotiplerde, en yüksek uçucu yağ oranlarının ikinci biçim zamanında alınmış olduğu görülmektedir. G3 ve G7 genotipleri ise her iki biçim zamanında aynı uçucu yağ oranını vermişlerdir. Ceylan (1995), Nacar ve Tansı (1997) Chang ve ark. (2005), Simon ve ark. (1999) reyhan gibi uçucu yağ içeren bitkilerde özellikle ışık ve sıcaklığın arttığı dönemde uçucu yağ miktarının önemli derecede etkilendiğini ve güneşte yetişen reyhan bitkilerinin gölgede yetişenlere göre daha fazla uçucu yağ içerdiğini rapor etmektedirler. Uçucu yağ oranları Kulan (2013), farklı hasat saatleri ve iki biçim zamanında %0.50-0.94; Doneshian (2010), iki biçim zamanında (temmuz-ağustos) % 0.57-0.73; Uzun (2007), dört farklı Reyhan popülasyonunda %0.35-0.95; Ekren ve ark. (2009), dört farklı biçim zamanında (temmuz-temmuz-ağustos-eylül), %0.48-1.23 olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada bulduğumuz veriler genel olarak Kulan (2013), Doneshian (2010), Uzun (2007), Ekren ve ark. (2009)'un bildirdikleri değerlere büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

## **4. Sonuçlar**

Dokuz farklı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) genotipinde herba verimi ve uçucu yağ içeriği araştırılan bu çalışmada, incelenen özelliklerin tamamında genotipler arasında istatistikî olarak çok önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Biçim zamanları arasındaki farklılık hiçbir özellikte önemli çıkmamıştır. Genotip x biçim zamanı interaksyonu incelenen özelliklerden sadece bitki boyunda önemli bulunmuştur. Buna göre, reyhanda bu özellikte biçim zamanlarının etkisinin genotiplere göre değiştiği veya reyhan genotiplerinin biçim zamanlarından farklı şekilde etkilendiği ortaya konulabilir.

Çalışma sonucunda 9 reyhan genotipinde iki farklı biçim zamanı ortalaması veya toplamı olarak olarak bitki boyu 17,16-45.33 cm, yeşil herba verimi 195.00-383.99 g/bitki, kuru herba verimi 22.21-46.85 g/bitki, kuru yaprak herba verimi 12.46-25.99 g/bitki ve uçucu yağ oranı % 0,25-1,06 arasında değişmiştir. Genotiplere göre en yüksek değerler toplam yeşil herba veriminde Tokat orijinli G2 genotipinden, toplam kuru herba veriminde Gaziantep orijinli G1 genotipinden ve toplam kuru yaprak herba

veriminde Tokat orijinli G2 genotipinden alınmıştır. Aralarındaki fark önemsiz olmakla birlikte, biçim zamanları açısından kuru herba verimi hariç, incelen bütün özelliklerde ikinci biçimde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların genel değerlendirmesine göre; incelenen 9 reyhan genotipinden yeşil herba verimi ve kuru yaprak herba verimi olarak en yüksek değere sahip olan Tokat orijinli G2 genotiptir. Diğer taraftan genotipler arasında Adana orijinli G5 genotipi en yüksek uçucu yağ içeriğine sahip olmasıyla dikkati çekmektedir.

## Teşekkür

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TF 1449 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir. İlgili kurum ve çalışanlarına desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

## Kaynakça

1. Akgül, A. (1989). Volatile Oil Composition of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) Cultivating in Turkey. *Nahrung* 33 (1) : 87-88.
2. Anonim, (2015). Ordu Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları, Ordu.
3. Arabacı, O., Bayram, E. (2004). The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). *Journal of Agronomy*, 3(4): 255-262.
4. Arslan, M., Üremiş, İ., Sarıhan, E. Ve Mert, A. (2009). Doğu Akdeniz koşullarında yetiştirilen reyhan çeşitlerinin (*Ocimum basilicum* L.) herba verimi, uçucu yağ oranı ve bileşenleri. 8. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim 2009, Cilt II: 300-302, Hatay.
5. Ceylan, A. (1995). Tıbbi bitkiler I (III. Basım) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:312, İzmir, 285s.
6. Chang, X., Alderson, P. G., Wright, C. J. (2005). Effect of temperature integration on the growth and volatile oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(5): 593-600.
7. Chang, X., Peter G. Alderson, P.G. and Wright, C.J. (2008). Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany*. 63:216–223.
8. Daneshian Moghaddam, A. M. (2010). Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'de farklı bitki sıklığı ve azot dozlarının verim, verim öğeleri, uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Ankara.
9. Ekren, S. Sönmez, Ç. Sancaktaroğlu, S. Bayram, E. (2009). Farklı dikim sıklıklarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(3): 165-173.
10. Kacar, O. Goksu, E. Azkan, N. (2009). Agronomic properties and essential oil composition of basil varieties of landraces (*Ocimum basilicum* L.) in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*. 21( 4 ): 3151-3160.

11. Kulan, E.G. (2013). Eskişehir koşullarında yetiştirilen reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin bazı bitkisel özelliklerinin ve diurnal varyabilitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Eskişehir
12. Lachowicz, K.J., Jones, G.P., Briggs, D.R., Bienvenu, F.E., Palmer, N.V., Mishra, V. and Hunter, M.M., (1997). Characteristics of plants and plant extracts from five varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics. Journal Agricultural Food and Chemistry, (44), 3926-3929.
13. Marotti, M., Piccaglia, R., Giovanelli and E. (1996). Differences in Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian Cultivars Related to Morphological Characteristics. Journal Agricultural Food Chemistry, 44:3926-3929.
14. Nacar, Ş. Tansı. S. (1997). Essential oil composition at different basil (*Ocimum basilicum* L.) origins from Mediterranean Region. 28th International Symposium on Essential Oils, 1-3 Eylül 1997, Eskişehir.
15. Özgen Y. (2014). Farklı Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) Hatlarının Bazı Kimyasal Ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Çalışmalar Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
16. Paton, A., Harley, R.M. and Harley, M.M. (1999). Ocimum-an overview of relationships and classification. Medical and Aromatic Plants. Harwood Academic, 1-38, Amsterdam.
17. Simon, J.E. Morales, M. R. Phippen, W. B. Viera, R. F. HAO, Z. (1999). Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and the ornamental herb. American Society for Horticultural Science Press, 34: 499-505.
18. Telci, İ. (2005). Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinde uygun biçim yüksekliklerinin belirlenmesi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2): 77-83.
19. Telci, İ. Bayram E., Yılmaz G., Avcı A.B. (2005). Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen (*Ocimum* spp.) genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu (Sonuç Raporu), TOGTAG-3102 No’lu Proje. TÜBİTAK
20. Uzun, A. (2007). *Labiata* (Ballıbabagiller) familyasına mensup ilaç ve baharat olarak kullanılabilir fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) ve kekik (*Origanum vulgare* L.) türlerinin bazı özelliklerinin tespiti üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.

## İki Zamanlı Ters-Doğru Akışlı Benzinli Bir Motorun Performans Analizi

Göksel KAYA<sup>1\*</sup> , Bülent ÖZDALYAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, TBMYO, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Ordu

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Karabük

(Geliş Tarihi/Recived Date: 08.05.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 20.10.2017)

### Öz

Bu çalışmada, iki zamanlı ters-doğru akışlı, karbüratörlü, buji ile ateşlemeli bir motorun çevrim analizi teorik matematiksel model kullanılarak belirlenmiş ve yapılan deneylerle motorun performansı ve egzoz emisyonları incelenmiştir. Teorik çevrim analizi için motorun gerçek çevrim hesaplamalarını içeren termodinamik bir model geliştirilmiş ve bu modele göre MATLAB programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılarak motorun performansını ortaya koyan diyagramlar elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın deneysel aşamasında öncelikle, motor performans parametrelerinin belirlenmesi amacıyla, tam ve kısmi yüklerde, 1000 rpm ile 2000 rpm arasında 200 rpm aralıklarla motor devri değiştirilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, motor 1800 rpm'lik sabit hızda, tam ve kısmi yüklerde çalıştırılarak egzoz emisyon değerleri belirlenmiştir. Motor performans parametrelerinin, teorik analiz sonuçları ve deneysel verileri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen deneysel sonuçlar klasik iki zamanlı bir motorun ve dört zamanlı bir motorun performans değerleriyle kıyaslanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İki zamanlı motor, Motor performansı, Egzoz emisyonu, Benzinli motor, MATLAB

### Performance Analysis of a Two Stroke Reverse-Uniflow Gasoline Engine

#### Abstract

In this study, the cycle analysis of two stroke reverse-uniflow, carburettor, spark ignition engine was determined by using a theoretical mathematical model and the performance of the engine and the exhaust emissions were investigated by experiments. A thermodynamic model that includes real cycle calculations of the engine has been developed for theoretical cycle analysis and the diagrams that reveal the performance of the engine has been obtained by writing a computer program that was developed in MATLAB programming language. In the experimental stage of this study, firstly, the experiments were realized in order to determine the engine performance parameters at under full and low loads, between 1000 rpm and 2000 rpm engine revolution by changing it with 200 rpm interval. Then, the engine was started at 1800 rpm fixed speed with full and partial loads and the exhaust emission values were determined. The theoretical analysis results and empirical results of the engine performance parameters were compared to each other. Also, the empirical results have been compared with the performances of a classical two-stroke engine and a four-stroke engine.

**Keywords:** Two stroke engine, Engine performance, Exhaust emission, Gasoline engine, MATLAB

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: kayagoksel@odu.edu.tr

## 1. Giriş

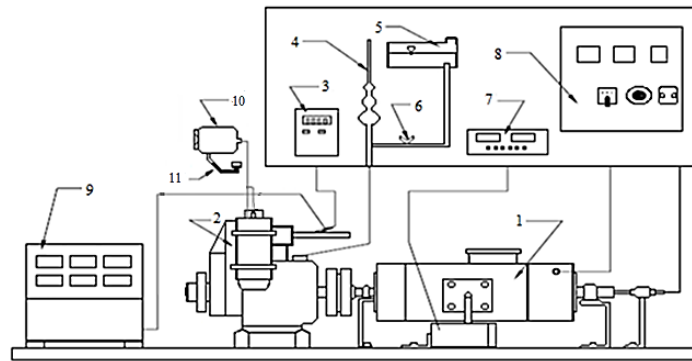
Klasik iki zamanlı buji ile ateşlemeli motorlar yüksek güç yoğunluğu ve tasarım basitliği gibi avantajlara sahiptir. Ancak, düşük yanma verimi ve özellikle düşük yüklerdeki aşırı HC ve CO emisyonları bu tip motorların kullanılabilirliğini azaltmaktadır (Tribotte et al 2012; Andrawi et al 2014; Payri et al 2001; Omid 2004). Bu kusurları önlemek için geliştirilen süpürme yöntemlerinden biri de ters-doğru akışlı süpürmedir. Bu süpürme yöntemine sahip iki zamanlı motorların temel karakteristiği silindir duvarından ziyade silindir kapağına yerleştirilmiş bir emme valfi ve bu emme valfinin karşı tarafındaki silindir duvarına yerleştirilmiş bir egzoz portuna sahip olmalarıdır. Bu motorlar üzerine yapılan çalışmaların çoğu akış süreçlerinin geliştirilmesi ve direk enjeksiyon sistemi kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmaya yönelik olmuştur (Bosman & Goldsborough 2008; Moriyoshi et al 2001; Moriyoshi et al 2001; Johnson & Goldsborough 2008; Moriyoshi et al 2002; Junpei & Yasuo 2004; Moriyoshi et al 2004; Moriyoshi et al 2004).

Bu çalışmada, literatürden farklı olarak iki zamanlı ters-doğru akışlı karbüratörlü buji ile ateşlemeli bir motorun performans analizi ortaya konulmuştur. Motor devrine bağlı olarak değişen döndürme momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranı gibi motor performansını gösteren büyüklüklerin, literatürde bu tip motorların performans karakteristiklerinin sayısal verilerine ait eksikliği tamamlaması beklenmektedir.

## 2. Deney Düzenegi ve Yöntemi

Deney düzenegi esas olarak elektrikli DC tip dinamometre, buji ile ateşlemeli motor ve egzoz gaz analizöründen oluşmaktadır. Deney sisteminin şematik görünüşü Şekil 1’de görülmektedir.

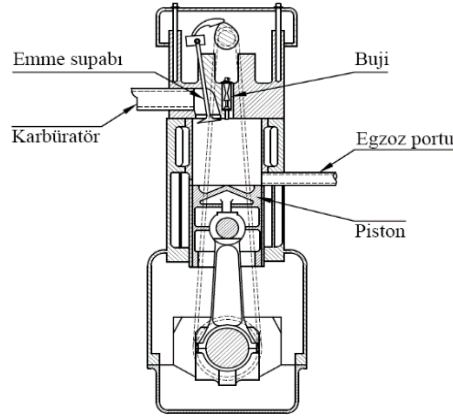
Deneylerde iki zamanlı ters-doğru akışlı buji ile ateşlemeli bir motor kullanılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri Çizelge 1’de, şematik görünümü ise Şekil 2’de görülmektedir.



**Şekil 1.** Deney düzeneginin şematik görünüşü (1- Dinamometre, 2- Motor, 3-Dijital termometre, 4-Yakıt ölçme ünitesi, 5-Yakıt tankı, 6-Yakıt akış kontrol valfi, 7-Yük hücresi göstergesi, 8-Kontrol paneli, 9-Egzoz gaz analizörü, 10-Hava tankı, 11-Eğik manometre)

Çizelge 1. Deney motorunun teknik özellikleri

Motor tipi	İki zamanlı, tek silindirli, benzinli motor
Süpürme tipi	Ters-doğru akışlı süpürme
Çap x kurs (mm)	50 x 49,5
Sıkıştırma oranı	6:1
Emme valfi açılma-kapanma	30 °KMA AÖN'dan önce – 70 °KMA AÖN'dan sonra
Egzoz portu açılma-kapanma	75 °KMA AÖN'dan önce – 75 °KMA AÖN'dan sonra
Ateşleme avansı	20 °KMA ÜÖN'dan önce



Şekil 2. Deney motorunun şematik görünüşü

DC dinamometre 4000 rpm'de 10 kW güç absorbe edebilmekte ve aynı zamanda deney motoruna ilk hareket vermek için de kullanılabilir. Dinamometre yükü yük hücresi kullanılarak ölçülmüştür. Motorun döndürme momentine karşılık gelen kuvvet dinamometre yapısında bulunan ESİT marka SP 100 kg C1 Load cell ve PWI-P marka gösterge ile okunmuştur. Yakıt tüketiminin tespiti için için BAYKON marka, 0,1 g hassasiyete sahip hassas bir terazi ve TİGA marka 1,100 s hassasiyete sahip dijital bir kronometre kullanılmıştır. Hava tüketimi, değişken orifis plakalı hava tankı ve eğik manometre aracılığıyla ölçülmüştür.

Motorun çalışması hakkında bilgi edinme yollarından biri de egzoz gazlarının analizidir. Bu amaçla egzoz emisyon değerlerinin belirlenmesi için ITALO PLUS marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz CO, CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub>'nin değerlerini yüzde olarak HC ve NO'nun değerlerini ise ppm olarak vermektedir.

Motor deneylerinde sıcaklığın, zamanın, motor hızının ölçülmesi sırasında, hem sabit hatalardan hem imalat hatalarından ve hem de rastgele hatalardan kaynaklanan hatalar etkili olabileceği için, ölçülen değerler dikkate alınarak motor deneyleri için bu değerlerden kaynaklanan belirsizliklerin hesaplanması gerekir. Bir parametrenin değerinin ölçülmesindeki belirsizlik hesabı Eşitlik (1) denklemindeki gibi yapılmaktadır. Farklı bağımsız değişkenlerden dolayı ortaya çıkan  $W_R$  belirsizliği aşağıdaki eşitlikten elde edilmiştir (Holman 1971);

$$W_R = \left[ \left( \frac{dR}{dx_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{dR}{dx_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{dR}{dx_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Çalışmada yapılan ölçüm parametrelerindeki doğruluk ve belirsizlik değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Doğruluk ve belirsizlik değerleri

Ölçülen parametre	Birim	Doğruluk	Belirsizlik
Zaman	s	± % 0.25	
Motor hızı	1 rpm	± % 0.05	
Sıcaklık	°C	± % 1	
Dinamometre yükü	N	± % 0.5	
Moment	Nm	-	± % 0,91
Güç	kW	-	± % 1.79
Yakıt tüketimi	g/h	-	± % 0,71
Özgül yakıt tüketimi	g/kWh	-	± % 1.27

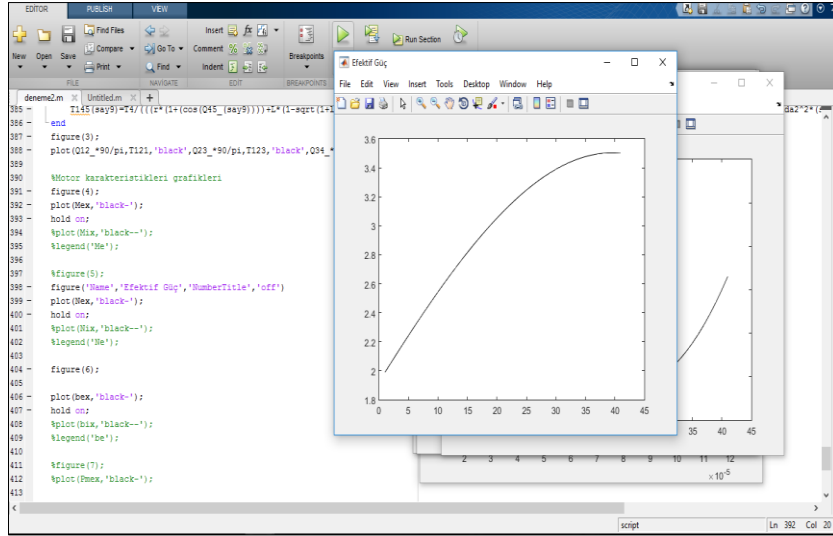
### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde deney motorunun, motor devrine ve yüküne bağlı olarak değişen performans ve emisyon karakteristiklerine ait sayısal veriler sunulmuştur.

#### 3.1 Motor Performansı

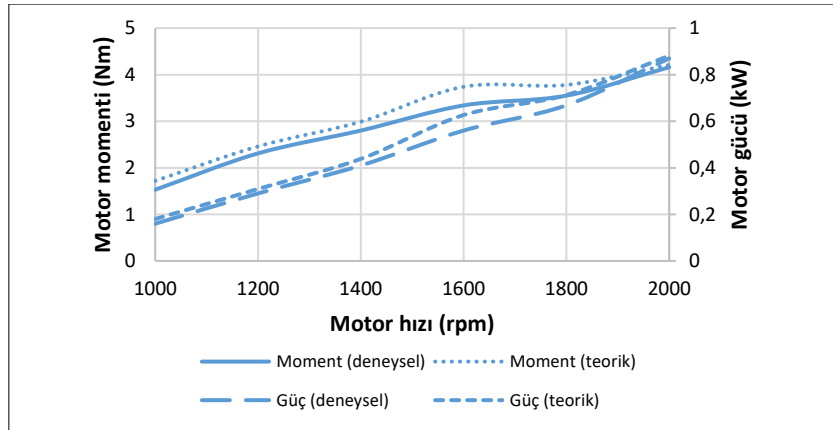
Performans parametrelerinin belirlenmesi amacıyla deney motoru ideal ateşleme avansında (ÜÖN’den önce 20 °KMA), tam ve kısmi yüklerde ve 200 rpm aralıklarla 1000-2000 rpm motor hızı aralığında çalıştırılmıştır. Deney motorunun maksimum hızı 2000 rpm’e kadar ulaşabildiği için performans testlerinde motor bu hız aralığında çalıştırılmıştır. Ayrıca, süpürme işlemi için taze dolguyu silindire daha basınçlı gönderecek bir kaynak kullanılmadığından motor hızı yüksek devirlere çıkamamış ve buna bağlı olarak da motor performans grafikleri literatürdeki klasik görünümünden daha farklı değişimler göstermiştir. Deneylerde ölçülen değerler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen döndürme momenti, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verim, süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranı gibi motor performansını gösteren büyüklükler teorik analiz sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak grafikler şeklinde gösterilmiştir. Elde edilen deneysel performans verileri klasik iki zamanlı bir motorun ve dört zamanlı bir motorun performans verileri ile kıyaslanmıştır. Ateşleme avansı 1000-2000 rpm devir aralığında sabit olup, ÜÖN’den önce 20 °KMA değerini almaktadır. Simülasyon programının değişken parametrelere karşı duyarlılığı ve gerçek motor test sonuçları ile uyuşması, programın hassasiyeti ve kabul edilebilirliği açısından da çok önemlidir. Şekil 3’de MATLAB programlama dilinde geliştirilen simülasyon programının sonuç ekranı görülmektedir.

Şekil 4’te motor gücü ve momentinin motor hızı ile değişimi görülmektedir. Motor gücü 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 0,71 kW olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 0,67 kW olarak ölçülmüştür. Motor momenti ise 1800 rpm’de teorik analiz



Şekil 3. MATLAB programlama dilinde geliştirilen simülasyon programına ait sonuç ekranı

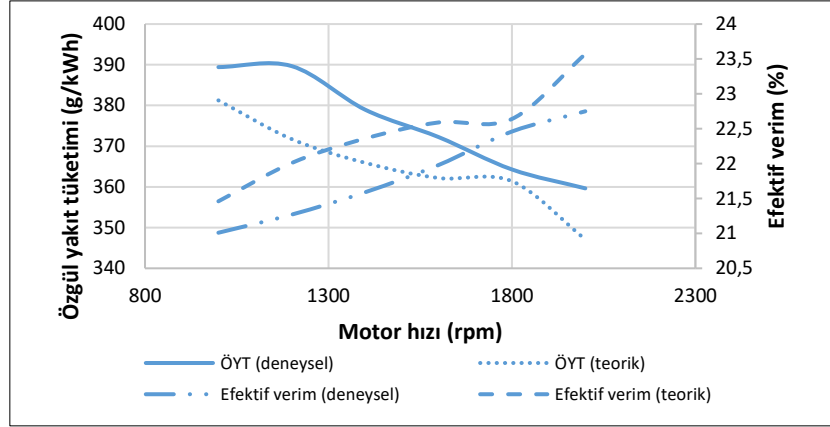
sonuçlarına göre 3,78 Nm olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 3,55 Nm olarak ölçülmüştür. Teorik sonuçlarla deneysel sonuçlar arasında motor gücünde %5,63, motor momentinde ise %6,08'lik bir farklılık oluşmuş olup kabul edilebilir seviyededir.



Şekil 4. Deney motorunun motor gücü ve momentinin motor hızı ile değişimi

Şekil 5’de özgül yakıt tüketimi ve efektif verimin motor hızı ile değişimi görülmektedir. Özgül yakıt tüketimi deneysel ve teorik sonuçların en çok yakınsadığı 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 361,38 g k/Wh olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 364,24 g/kWh olarak ölçülmüştür. Efektif verim ise 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına %22,64 olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre %22,46 olarak ölçülmüştür.





Şekil 5. Deney motorunun özgül yakıt tüketimi ve efektif verimi değerlerinin motor hızı ile değişimi

### 3.1.1 Deney Motorunun Performansının İki Zamanlı Bir Motorun Performansı İle Karşılaştırılması

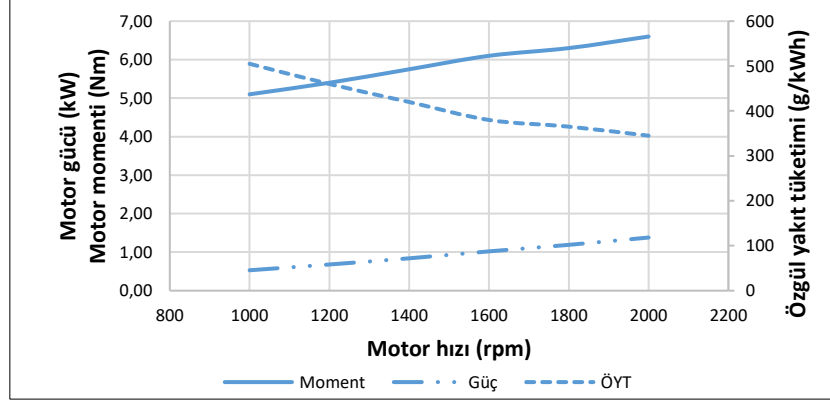
Literatürde tasarımı yapılan iki zamanlı ters-doğru akışlı motor ile aynı ana boyutlara sahip iki zamanlı bir motorun performans verilerine ulaşamamıştır. Deney motorunun ana boyutlarına yakın ana boyutlarda olması ve karşı-akışlı süpürme yöntemine sahip olması nedeni ile ROBIN ENGINES firmasının ürettiği iki zamanlı benzinli EX 13D motoru tercih edilmiştir. Bu motorun çeşitli teknik özellikleri Çizelge 3'de ve motor hızına bağlı moment, güç ve özgül yakıt tüketimi grafikleri Şekil 6'da görülmektedir.

Çizelge 3. 2 zamanlı EX 13D motorunun teknik özellikleri [Alahmer et al 2016]

<b>Motor tipi</b>	İki zamanlı karşı-akışlı, tek silindirli, benzinli motor
<b>Yakıt sistemi</b>	Karbüratör
<b>Çap x kurs (mm)</b>	58 x 48
<b>Silindir hacmi</b>	126 cm <sup>3</sup>
<b>Sıkıştırma oranı</b>	8,5:1
<b>Maksimum güç</b>	4000 rpm'de 3,1 kW
<b>Maksimum tork</b>	2500 rpm'de 8,1 Nm

Şekil 6'da görüldüğü gibi ROBIN ENGINES firmasının ürettiği EX 13D modelinin motor gücü, moment ve özgül yakıt tüketimi 1800 rpm'de sırasıyla 1,19 kW, 6,30 Nm ve 365,18 g/kWh değerlerini almaktadır. Deney motoru ile kıyaslandığında, daha büyük silindir hacmi ve sıkıştırma oranı değerine sahip EX 13D modelinin moment ve güç değerlerinin beklenildiği gibi deney motorunun moment ve güç değerlerinden (1800 rpm'de sırasıyla 0,67 kW ve 3,55 Nm) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Deney motorunun özgül yakıt tüketimi (1800 rpm'de 364,24 g/kWh) EX 13D modelinin özgül yakıt tüketimi değerine çok yakındır. Bunun sebebi olarak seçilen süpürme yöntemi ve buna bağlı olarak dolgu kaçağı olayının azaltılması söylenebilir. Deney motoru ters-doğru akışlı süpürme yöntemine, EX 13D modeli ise karşı akışlı tip süpürme yöntemine sahiptir. İki zamanlı motorlar arasında dolgu kaçağı olayının en az meydana geldiği ve buna bağlı

olarak yakıt tüketiminin en düşük olduğu süpürme yönteminin doğru akışlı ve ters-doğru akışlı tip süpürme yöntemleri olduğu bilinmektedir (Savioli et al 2017).



Şekil 6. 2 zamanlı EX13D motorunun motor gücü, momentini ve özgül yakıt tüketiminin motor hızı ile değişimi [Alahmer et al 2016]

### 3.1.2 Deney Motorunun Performansının Dört Zamanlı Bir Motorun Performansı İle Karşılaştırılması

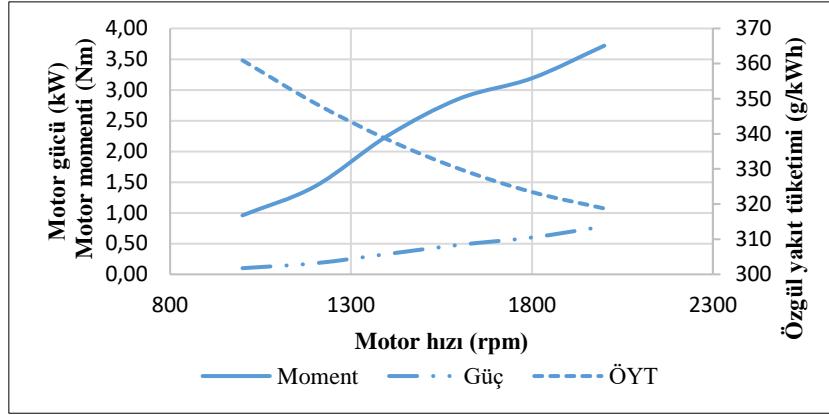
HONDA firması tarafından üretilen ve deney motoruyla aynı ana boyutlara sahip, dört zamanlı benzinli GX100 modelinin teknik özellikleri Çizelge 4'te verilmiştir. Bu motorun motor hızına bağlı moment, güç ve özgül yakıt tüketimi grafikleri Şekil 7'de görülmektedir.

Çizelge 4. Dört zamanlı HONDA-GX100 motorunun teknik özellikleri [Anh et al 2013]

<b>Motor tipi</b>	Dört zamanlı, tek silindirli, benzinli motor
<b>Yakıt sistemi</b>	Karbüratör
<b>Çap x kurs (mm)</b>	50 x 49,5
<b>Silindir hacmi</b>	97 cm <sup>3</sup>
<b>Sıkıştırma oranı</b>	7:1

Şekil 7'de görüldüğü gibi HONDA firmasının ürettiği GX100 modelinin motor gücü, momentini ve özgül yakıt tüketimi 1800 rpm'de sırasıyla 0,60 kW, 3,19 Nm ve 323,43 g/kWh değerlerini almıştır. Deney motoru ile kıyaslandığında aynı ana boyutlara sahip GX100 modelinin moment ve güç değerlerinin deney motorunun moment ve güç değerlerinden (1800 rpm'de sırasıyla 0,67 kW, 3,55 Nm) daha düşük değerler aldığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak deney motorunun her devirde bir iş yapmasının bir avantajı olduğu söylenebilir. Deney motorunun özgül yakıt tüketimi (1800 rpm'de 364,24 g/kWh) GX100 modelinin özgül yakıt tüketimi değerinden daha yüksek bir değer

almıştır. Bunun sebebi iki zamanlı motorlarda dolgu kaçağı olarak isimlendirilen ve silindire alınan karışımın bir kısmının yanmadan egzoz portundan dışarı atılması olayıdır.



Şekil 7. 4 zamanlı HONDA-GX100 motorunun motor gücü, momenti ve özgül yakıt tüketiminin motor hızı ile değişimi [Anh et al 2013]

### 3.2 Süpürme İşlemi

İki zamanlı motorlarda süpürme işlemini tanımlamak için süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranı gibi parametreler kullanılmaktadır (Liu et al 2016). Süpürme verimi Eşitlik 2'de görüldüğü gibi silindire alınan taze karışım kütlelerinin (süpürme karışımı) referans kütleyle oranıdır. Referans kütle, silindir hacmi ile giriş havası yoğunluğunun çarpımı ile bulunabilir (Ghazikhani et al 2014).

$$\eta_{sc} = \frac{m_s}{m_R} \quad (2)$$

Burada;

- $\eta_{sc}$  : Süpürme verimi (%)
- $m_s$  : Silindire her çevrimde alınan karışım kütlesi (kg)
- $m_R$  : Referans kütle (kg)

Dolgu tutma verimi, silindire verilen karışımın fraksiyonunu göstermektedir. Silindirden atılan dolgu miktarının, silindire alınan dolgu miktarına oranı olarak da tanımlanmaktadır. Egzoz gaz analizörünün kullanılmasıyla Eşitlik 3 yardımı ile bulunabilir (Carlucci et al 2015).

$$\eta_{tr} = 1 - \frac{[O_2]_{eg}}{[O_2]_{atm}} \quad (3)$$

Burada;

$\eta_{tr}$  : Dolgu tutma verimi (%)

$[O_2]_{eg}$  : Egzoz gazları içindeki oksijen konsantrasyonu (%)

$[O_2]_{atm}$  : Giriş havası içindeki oksijen konsantrasyonu (%)

Dağıtım oranı, Eşitlik 4’de görüldüğü gibi süpürme veriminin dolgu tutma verimine oranından bulunabilir (Carlucci et al 2015).

$$\Lambda = \frac{\eta_{sc}}{\eta_{tr}} \quad (4)$$

Burada;

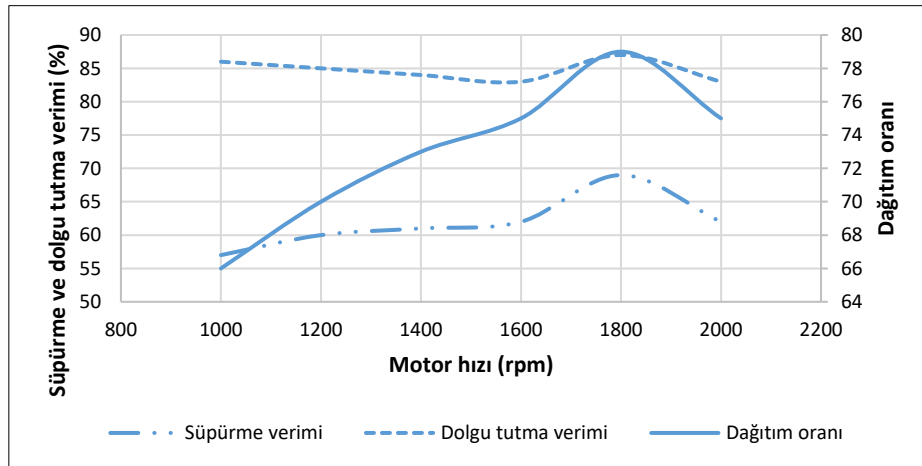
$\Lambda$  : Dağıtım oranı

$\eta_{sc}$  : Süpürme verimi (%)

$\eta_{tr}$  : Dolgu tutma verimi (%)

Şekil 8’de süpürme verimi, dolgu tutma verimi ve dağıtım oranının motor hızı ile değişimi görülmektedir.

İki zamanlı doğru akışlı ve ters-doğru akışlı motorlarda, dağıtım oranının 1’den küçüktür ve yakıtla havanın tam karıştığı durumlarda süpürme verimi %60 ila %90 aralığındadır (Carlucci et al 2015). Deney motorunda ise süpürme veriminin maksimum değeri, 1800 rpm’de 0,78’lik dağıtım oranı değeri için %69 değerini almıştır.



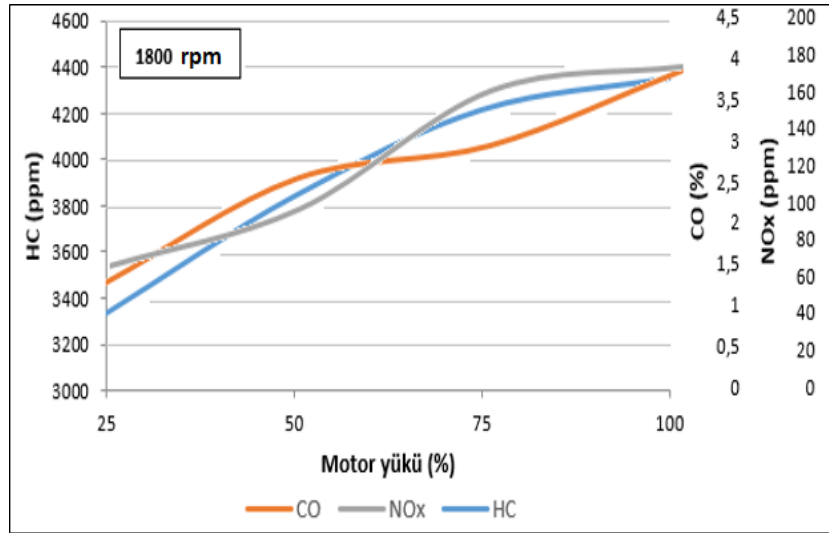
Şekil 8. Dağıtım oranı, süpürme verimi ve dolgu tutma veriminin motor hızı ile değişimi

#### 4. Egzoz Emisyonları

Bu bölümde deney motoru, egzoz emisyonlarının belirlenmesi amacıyla ideal ateşleme avansında, 1800 rpm'lik sabit motor devrinde ve dört farklı motor yükünde (%25, %50, %75 ve %100) çalıştırılmıştır. Deneyler sonucunda motor yüküne bağlı olarak HC, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının değişimleri Şekil 9'da görülmektedir.

Düşük yük şartlarında motor fakir karışımla çalıştığından, silindir içinde yanma işleminin tamamlanması için yeterli oksijen bulunmakta ve HC emisyonu düşük değerler almaktadır. Yük artırıldıkça karışımın zenginleşmesi ve cidarlarda biriken yakıt miktarının artması HC emisyonlarında artış görülmesine neden olmaktadır. Şekil 9'da görüldüğü gibi HC emisyonu 1800 rpm'de tam yükte 4356 ppm olarak ölçülmüştür. İki zamanlı motorlarda ise buna ek olarak süpürme işlemi boyunca meydana gelen dolgu kaçağı olayı hidrokarbon emisyonu oluşumuna neden olmaktadır.

Karbonmonoksit (CO) emisyonu, yanmanın tamamlanması için yeteri kadar zamanın bulunamaması ya da yakıtın tamamen yanabilmesi için hava-yakıt karışımının içerisinde gerekli miktarda havanın bulunamaması sonucu oluşan bir eksik yanma ürünüdür. Şekil 9'da görüldüğü gibi motor yükünün artışı ile karışım zenginleşmekte ve yanma yetersiz oksijen ortamı içinde olduğundan yakıttaki karbonun tümü karbondioksit dönüşemeyerek bir kısmı karbonmonoksidi oluşturmaktadır. Ayrıca motor yükünün artması ile yanma süresinin kısalması da CO emisyonunun artışına neden olmaktadır. Şekil 9'da görüldüğü gibi CO emisyonu tam yükte % 4,16 değerini almıştır.



Şekil 9. HC, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının motor yükü ile değişimi

İki zamanlı motorlarda silindir içinde bir önceki çevrimden kalan art gaz miktarının fazlalığı NO<sub>x</sub> emisyonunu azaltıcı yönde etki etmektedir. Art gazlar karışıma seyreltici olarak etki ederler ve art gaz miktarının artmasıyla yanma sonu sıcaklıkları düşmektedir. Sonuç olarak art gaz miktarının artması NO<sub>x</sub> emisyonları azaltmaktadır. Şekil 9'da görüldüğü gibi motor yükünün artışı ile silindir içi gaz sıcaklıkları artmakta ve buna bağlı

olarak azot oksit emisyonları da artmaktadır. Şekil 9’da görüldüğü gibi NO<sub>x</sub> emisyonu 1800 rpm’de tam yükte 179 ppm olarak ölçülmüştür.

Yük arttıkça CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının artış göstermesindeki neden olarak gösterilen egzoz gazları içindeki oksijen yüzdeleri, 1800 rpm sabit motor devrinde dört farklı motor yükü (%25, %50, %75 ve %100 ) için sırasıyla %0,38, %0,23, %0,17 ve %0,08 olarak ölçülmüştür.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, piyasada kullanılması mümkün olabilecek 97 cm<sup>3</sup>’lük iki zamanlı ters-doğru akışlı, karbüratörlü, buji ile ateşlemeli bir motorun performansı ortaya konulmuştur. Çalışmada şu sonuçlara varılmıştır;

- Motor gücü 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 0,71 kW olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 0,67 kW olarak ölçülmüştür. Motor momenti ise 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 3,78 Nm olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 3,55 Nm olarak ölçülmüştür. Teorik analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar uyuşmaktadır.
- Özgül yakıt tüketiminin teorik ve deneysel sonuçların en çok yakınsadığı 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına göre 361,38 g/kWh olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre 364,24 g/kWh olarak ölçülmüştür. Efektif verim ise 1800 rpm’de teorik analiz sonuçlarına %22,64 olarak hesaplanırken, deneysel sonuçlara göre %22,46 olarak ölçülmüştür. Teorik analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar uyuşmaktadır.
- Deneysel motorunun moment ve güç değerleri, aynı ana boyutlara sahip dört zamanlı bir motorun moment ve güç değerlerinden daha yüksek değerler almıştır. Deneysel motorunun özgül yakıt tüketimi değeri ise özellikle süpürme işlemi boyunca meydana gelen dolgu kaçağı olayından dolayı aynı ana boyutlara sahip dört zamanlı bir motorun özgül yakıt tüketimi değerinden daha yüksektir.
- 1800 rpm’de ve tam yükte, deneysel motorunun HC emisyonu 4356 ppm, CO emisyonu % 4.16 ve NO<sub>x</sub> emisyonu 179 ppm olarak ölçülmüştür.

## Teşekkür

Bu deneysel çalışma TÜBİTAK tarafından 113M788 No’lu proje ile desteklenmiştir.

## Kaynakça

1. Alahmer, A. and Aladayleh, W., (2016). “Effect two grades of octane numbers on the performance, exhaust and acoustic emissions of spark ignition engine”, Fuel, 180, 80-89
2. Anh, T., Duc, T., Thu, H. and Van, T., (2013). “Improving performance and reducing pollution emissions of a carburetor gasoline engine by adding HHO gas into the intake manifold”, SAE Technical Paper, 2013-01-0104

3. Andrawi, A., M., Aziz, A., A., Said, M., F., M. and Latiff, Z., A., (2014). An Experimental Study On The Influence Of EGR Rate and Fuel Octane Number On The Combustion Characteristics Of A CAI Two-Stroke Cycle Engine, *Applied Thermal Engineering*, 71, 248-258
4. Bosman, C.B. and Goldsborough, S., 2008, Developing A 10 cc Single-Valve, Reverse Uniflow, 2S Engine, SAE, Paper No: 2008-01-0953
5. Carlucci, A. P., Ficarella, A., Laforgia, D. and Renna, A., (2015). “Supercharging system behavior for high altitude operation of an aircraft 2-stroke diesel engine”, *Energy Conversion and Management*, 101, 470-480
6. Carlucci, A. P., Ficarella, A., Laforgia, D. and Longo, M., (2015). “An easy and inexpensive to estimate the trapping efficiency of a two stroke engine”, *Energy Procedia*, 82, 17-22
7. Ghazikhani, M., Hatammi, M., Safaria, B. and Ganji, D. D., (2014). “Experimental investigation of exhaust temperature and delivery ratio effect on emissions and performance of a gasoline–ethanol two-stroke engine”, *Case Studies in Thermal Engineering*, 2, 82-90
8. Holman J.P., (1971). *Experimental Methods for Engineers*, McGrawHill Book Company, New York, 37-52
9. Johnson, M.V. and Goldsborough, S.S., (2008) A small-Scale Flow Rig for Swirl Studies of A Single-Valve, Reverse Uniflow 2S Engine, SAE, Paper No: 2008-01-0609
10. Junpei, K. and Yasuo, M., (2004) Performance Tests of Reverse-Uniflow Type 2-Stroke Direct Injection Gasoline Engine. World Automotive Congress. Spain
11. Liu, Y., Zhang, F., Zhao, Z., Dong, Y., Ma, F. and Zhang, S., (2016). “Study on the synthetic scavenging model validation method of opposed-piston two-stroke diesel engine”, *Applied Thermal Engineering*, 104, 184-192
12. Moriyoshi, Y., Kukuchi, K., Morikawa, K. and Takimoto, H., (2001). Numerical Analysis of Mixture Preparation in a Reverse Uniflow-Type Two-Stroke Gasoline DI Engine, SAE, Paper No: 2001-01-1815
13. Moriyoshi, Y., Kukuchi, K., Morikawa, K. and Takimoto, H., (2001). Development and Evaluation of A Reverse Uniflow-Type Two-Stroke Gasoline DI Engine, SAE, Paper No: 2001-01-1839
14. Moriyoshi, Y., Morikawa, K. and Takimoto, H., (2002). Analysis of a Mixture Formation Process In A Reverse Uniflow-Type Two-Stroke Gasoline DI Engine, SAE, Paper No: 2002-32-1774
15. Moriyoshi, Y., Arai, M., Katsuta, J. and Morikawa, K., (2004). Performance Tests of Reverse-Uniflow Type 2-Stroke Direct Injection Gasoline Engine, SAE, Paper No: 2004-32-0040
16. Moriyoshi, Y., Arai, M., Katsuta, J. and Morikawa, K., (2004). Performance Analysis of Reverse-Uniflow Type 2-Stroke Direct Injection Gasoline Engine, SAE, Paper No: 2004-08-0088

- 17.** Omidi Kashani, B., (2004). The Improvement Of Combustion Process and Reduction Of Unburned Hydrocarbon Emission In A Two-Stroke Motorcycle, Iranian Journal of science & Technology, Transaction B: Engineering, 28, 505-508
- 18.** Payri, F., Galindo, J., Climent, H., Pastor, J.M. and Gaia, C., (2001). Optimisation Of The Scavenging And Injection Processes Of An Air-Assisted Direct Fuel Injection 50cc 2-Stroke S.I. Engine By Means Of Modeling, SAE, Paper No: 2001-01-1814
- 19.** Savioli, T., Zardin, B., and Borghi, M., (2017). “Development of a 2-Stroke GDI Engine”, Energy Procedia, 126, 1091-1098
- 20.** Tribotte, P., Ravet, F., Dugue, V., Obernesser and P., Quechon, N., (2012). Two Strokes Diesel Engine –Promising Solution to Reduce CO2 Emissions, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 48, 2295-2314



## Five New Records for the Ichthyofauna of Miliç River in Turkey

Serkan SAYGUN<sup>1\*</sup> , Filiz SAYGUN<sup>1</sup> , Can ÖNEL<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ordu University, Faculty of Fatsa Marine Sciences, Department of Fisheries Technology Engineering,  
Fatsa - Ordu/Turkey

<sup>2</sup>Dereçi Dist. Aktaş Site B block 3/10 Perşembe-Ordu/ Turkey

(Geliş Tarihi/Recived Date: 21.07.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 12.11.2017)

### Abstract

This study was carried out seasonally by three months intervals in the flood channel associated with Miliç River (Terme-Samsun) between 2014 and 2015. Some of the fish sampled in this study have not been recorded in the previous studies. These newly recorded species were *Petroleuciscus borysthenicus* (Kessler, 1859), *Alburnus derjugini* Berg, 1923; *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758; *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *Gambusia holbrooki* Girard, 1859, placed in Cyprinidae, Gasterosteidae, Atherinidae and Poecilidae families.

**Keywords:** Taxonomy, New record, Inland waters, Biodiversity, Fish fauna

## Miliç Irmağı (Türkiye) İhtiyofaunası İçin Beş Yeni Kayıt

### Öz

Bu çalışma, Miliç Irmağı (Terme-Samsun) ile bağlantılı taşkın kanalında 2014-2015 yılları arasında mevsimsel olarak üç aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen balık türlerinin daha önceki çalışmalarda bildirilmemiş olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, familyasında mensup iki tür, *Petroleuciscus borysthenicus*, *Alburnus derjugini* ve Cyprinidae, Gasterosteidae, Atherinidae ve Poecilidae familyalarından birer tür, *Gasterosteus aculeatus*, *Atherina boyeri* ve *Gambusia holbrooki* olmak üzere listeye beş yeni tür eklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taksonomi, Yeni kayıt, İç sular, Biyoçeşitlilik, Balık faunası

### Introduction

In a previous study, the number of identified fish taxa, either at species or subspecies levels in different freshwater types in Turkey, stated as 236 (Kuru 2004) and this number was revised as 371 by Kuru et al (2014). More recently Çiçek et al (2015; 2016) reported the presence of 377 taxa in inland waters of which close to 42% (153 species) were endemic even if this has been stated as 384 species in total by another reference (FishBase 2017). It is clear that the inland waters of Turkey possess a significant biodiversity both in terms of species richness and number of endemic species. A number of new fish species have been identified in studies carried out until present time (Kuru et al 2004; Kuru et al 2014; Çiçek et al 2015; 2016) and new record species have been recorded by many researchers such as Bayçelebi et al (2015), Ekmekçi et al (2015), Turan et al (2016) and others for Turkish freshwater fish fauna.

\* Corresponding Author / Sorumlu Yazar: serkan\_saygun@hotmail.com

Many ichthyo-faunal studies have been carried out in the literature related to river Miliç and its adjacent region (Kosswig & Battalgil 1942; Ladiges 1960; Kuru 1972; Kuru 1975; Erk'akan & Akgül 1986; Uğurlu Helli & Polat 2002; 2003; Uğurlu & Polat 2006). The ichthyofauna of Samsun Province latest revealed by Polat et al (2008); 34 rivers, 11 ponds, 5 reservoirs, a lake and five lagoons were sampled in this comprehensive faunistic exploration and 41 genera, 48 species and 4 subspecies of 19 families were identified (Polat et al 2008). There were also three more taxonomic studies in Miliç River conducted by Kuru (1972), Uğurlu & Polat (2006) and Polat et al (2008), in which 20 species of 6 families (Cyprinidae, Esocidae, Mugilidae, Syngnathidae, Blenniidae and Gobiidae) listed.

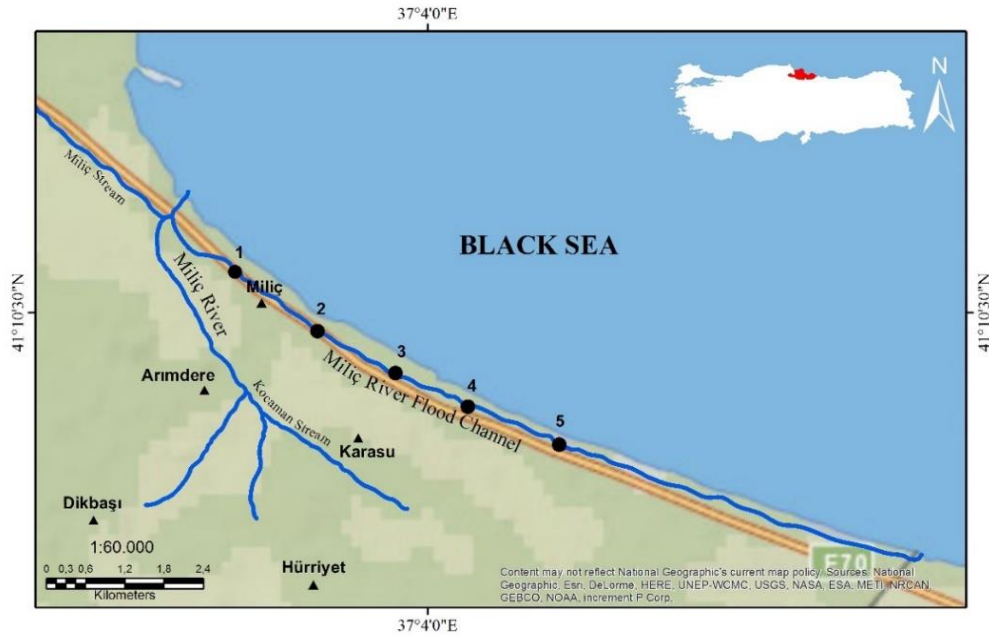
This study recorded the presence of new fish species of the families Cyprinidae, Atherinidae, Poeciliidae, and Gasterosteidae, which were not recorded in previous studies of Miliç River.

## Material and Method

It was reported that the channel, in which the research was conducted, constructed parallel to the seaside to avoid torrent, in about 450 m of the sea from the merger of two streams (Miliç and Kocaman Streams were shown in official maps) which were the tributaries of the Miliç River (Polat et al 2008). The channel deepens along the axis and the length of the channel is about 11-12 km. The channel flows into the sea from one other side to the other during periods of heavy precipitation and stagnates in the non-precipitation periods, hence becomes a drainage channel with shallow, marsh and reed features. The study was conducted seasonally, sampling with three months intervals in five fixed stations (3-4 km in the west-east direction) in 2014-2015 (Figure 1). Coordinates of the sampling points (from the west to the east: 41°10'45.944"N 37°2'24.687"E, 41°10'23.818"N 37°3'5.788"E, 41°9'56.254"N 37°4'20.284"E, 41°9'41.889"N 37°5'5.495"E) were detected by a GPS.

Because trawling and casting nets were not effectively used for sampling due to the fact that a large part of the drainage channel was covered with reeds, swamps or aquatic plants especially, *Myriophyllum spicatum*, defined as invasive species by Hussner & Champion (2012) and GISD (2015). Therefore fishes were collected by an electroshocker device (Samus 725MP) on local fishing boats.

After the fixation with a 4% formalin solution, fish species were identified according to metric and meristic characters indicated by Bănărescu & Bogutskaya (2003), Kottelat & Freyhof (2007). Metric and meristic characters used in fish specimens. These morphological characters were as follows: D- Dorsal fin, A- Anal fin, P- Pectoral fin, V- Ventral fin (Pelvic fin), K- Caudal fin, LL- Lateral line scales; Standart length (*Sl*), Predorsal distance (*pD*), Length of head (*lc*), Preorbital distance (snout length) (*prO*), Horizontal diameter of eye (*Oh*), Postorbital distance (*poO*), Length of dorsal head (*Dhl*), Length of pectoral fin (*lP*), Depth of dorsal fin (*hD*), Length of dorsal fin base (*lD*), Postdorsal distance (*poD*), Preventral distance (*pV*), Length of ventral (pelvic) fin (*lV*), Preanal distance (*pA*), Depth of Anal fin (*hA*), Length of anal fin base (*lA*), Length of caudal peduncle (*lpc*), Depth of caudal peduncle (*hpc*), Body depth (*H*), Interorbital



**Figure 1.** Sampling stations in drainage channel of Miliç River (Terme- Samsun)

distance (*io*). Although some metric characters vary depending on fish species, above most of the parameters were measured and mean values ( $\bar{x}$ ) were given in Table 1 for each species separately. In addition the proportion of some morphometric measurements to the standard length (*Sl*) and head length (*lc*) were calculated, and corresponding standard deviation “SD” ( $\pm$ ) was obtained in terms of some characters used by Bănărescu & Bogutskaya (2003), Turan et al (2009), Petřtýl et al (2014). Taxonomic classification of fish species, which were detected for the first time in this study, were done according to Van Der Laan et al (2014) and Nelson et al (2016).

Depending on the age, the size of fish varies. However, when the morphometric ratios were compared (e.g., head length/total length), a lot can be learned about fish. For example, compared to head-to-body, fins may be smaller in length but in benthic species, these ratios may be larger (Elnabris 2014). Some researchers in Turkey used such ratios for the morphometric characters of the species in the ichthyofaunistic studies (Uğurlu Helli & Polat 2002; 2003; Uğurlu & Polat 2006; 2007; Uğurlu et al 2008; 2009; Bostancı et al 2016). These rates were declared by Torcu and Mater (2000) as follows, standard length/body depth (*Sl/H*), standard length/length of head (*Sl/lc*), length of head/ horizontal diameter of eye (*lc/Oh*), length of head/ interorbital distance (*lc/io*), interorbital distance/ horizontal diameter of eye (*io/Oh*). These ratios symbols were arranged as to our abbreviations used in this work. In some species, these ratios were compared with results of other works, although these ratios were not used in the world taxonomic literature.

## Results

At the end of sampling studies, a total of 9 species belong to Cyprinidae, Gasterosteidae, Atherinidae, Mugilidae, Poecilidae and Gobiidae families were obtained

in the Miliç River drainage channel. These species were identified as follows: *Carassius gibelio*, *Alburnus derjugini*, *Petroleuciscus borysthenicus*, *Rhodeus amarus*, *Gasterosteus aculeatus*, *Atherina boyeri*, *Mugil cephalus*, *Gambusia holbrooki* and *Proterorhinus marmoratus*. It was determined that five of these species were not listed in the previous studies. These species were *P. borysthenicus* and *A. derjugini* from Cyprinidae, *A. boyeri* from Atherinidae, *G. aculeatus* from Gasterosteidae and *G. holbrooki* from Poeciliidae.

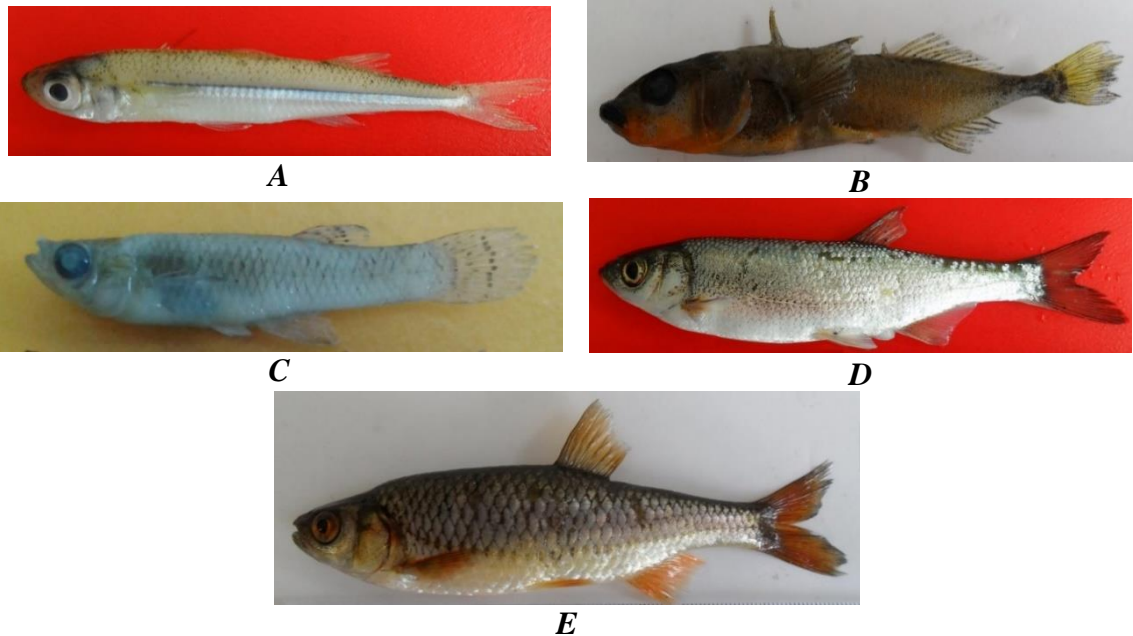
The proportions, according to standard length (*Sl*) and head length (*lc*), of some morphometric measurements of the newly recorded fish species in the study, were calculated according to Table 1 and given in Table 2, for each species. Species information was summarized as follows.

**Familia:** Atherinidae

***Atherina boyeri* Risso, 1810**

**Common Name:** Big-scale sand smelt **Turkish Name:** Aterina, Gümüş Balığı

One sample of big-scale sand smelt was obtained during the sampling studies (in station 3). Metric features were shown in this specimen in Table 1. Some of the diagnostic results were identified as D1 VI, D2 II / 11, A II / 12, P II / 14, V I / 5. This single sample was found to have a standard length of 50 mm (Figure 2a). The percentages (%) of some morphometric metrics of *A. boyeri* according to *Sl* and *lc* were shown in Table 2. Some morphometric ratios of a single *A. boyeri* specimen were determined as 4.35 (*Sl/H*), 2.94 (*Sl/lc*), 1.31 (*lc/Oh*), 3.09 (*lc/io*), 2.62 (*io/Oh*) and 0.42 (*lc/prO*).



**Figure 2.** New record fish species determined in the research; **A** - *Atherina boyeri*, *Sl*: 50 mm, **B** - *Gasterosteus aculeatus*, *Sl*: 63 mm, **C** - *Gambusia holbrooki*, *Sl*: 31 mm, **D** - *Alburnus derjugini*, *Sl*: 97 mm, **E** - *Petroleuciscus borysthenicus*, *Sl*: 74 mm (Originals)

**Familia:** Gasterosteidae

***Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758**

**Common Name:** Three-spine Stickleback **Turkish Name:** Dikence

Meristic features of this species were identified as D II-IV / 12-14 A I/8-10, P 9-11 V I/1. In the study, three in dorsal and one pair of spinous rays in the pectoral region of the sticklebacks commonly found in this river channel were identified (Figure 2b). It's observed that three of the five specimens obtained in the river were male individuals, other two were female, and standard lengths (*Sl*) vary between 47 and 58 mm (Table 1). The percentages of some morphometric measures, according to standard length and head length, of *G. aculeatus* were shown in Table 2. Some morphometric ratios of *G. aculeatus* specimens were found to be in the ranges of 3.33-3.87 (*Sl/H*), 2.36-2.97 (*Sl/lc*), 2.57-3.14 (*lc/Oh*), 3.27-3.67 (*lc/io*), 0.79-0.86 (*lc/io*) and 2.88-3.19 (*lc/prO*).

**Familia:** Poeciliidae

***Gambusia holbrooki* Girard, 1859**

**Common Name:** Eastern mosquitofish **Turkish Name:** Sivrisinek Balığı

Mosquitofish specimens, obtained in the study area, were determined to be *Gambusia holbrooki* of the Poeciliidae family (Figure 2c). It was specified that none of the obtained samples were found to be gonopodium. The metric measurements of the two *G. holbrooki* specimens obtained in the study were shown in Table 1, while the meristic data were specified as D I-II 5-6, A II-III 7-8, P 7, V 4-5, LL 29-31. The percentages of some measured morphometric features of mosquito species according to standard length (*Sl*) and head length (*lc*) were given in Table 2. Ratios of some morphometric measurements of *G. holbrooki* (*Sl*, 26.00-31.00 mm) obtained in the study were found to be in the ranges of 3.71-3.88 (*Sl/H*), 2.60-3.10 (*Sl/lc*), 2.50-2.71 (*lc/Oh*), 2.00-2.11 (*lc/io*), 1.25-1.29 (*io/Oh*) and 2.00-3.33 (*lc/prO*).

**Familia:** Cyprinidae

***Alburnus derjugini* Berg, 1923**

**Common Name:** Georgian shemaya **Turkish Name:** İnci Balığı

Some morphometric characters of *A. derjugini* specimens, a fast and timid fish found in this drainage channel in the study, were given in Table 1. Meristic features were as follows: D I-II/8-9, A I/12-15, P I, 9-13, V I, 8-9, LL 65-70. When the nine *A. derjugini* vouchers, ranging from 57 to 83 mm in standard length (*Sl*), were examined morphologically (Figure 2d). The rates (%) of some morphometric characters of *A. derjugini* according to *Sl* and *lc* were shown in Table 2. The ratios for some morphometric properties of *A. derjugini* vary in ranges of 3.77-6.38 (*Sl/H*), 3.22-3.63 (*Sl/lc*), 2.43-2.93 (*lc/Oh*), 0.07-0.11 (*lc/io*), 0.75-1.00 (*io/Oh*) and 2.71-3.19 (*lc/prO*).

**Familia:** Cyprinidae

***Petroleuciscus borysthenicus* (Kessler, 1859)**

**Common Name:** Dnieper chub **Turkish Name:** Tatlısu kefali

Morphometric characteristics of *Petroleuciscus borysthenicus* (Figure 2e), a new record for the Miliç River were given in Table 1. Some of the meristic features obtained from 23 fish specimens ranging from 83-103 mm in standard length were found as D III-IV/8-10 A III-IV/9-10, P I/9-11, V I-II/8-9, LL 33-40. Some morphometric ratios of *P. borysthenicus* specimens were found to vary between 3.33-3.55 ( $Sl/H$ ), 3.61-3.68 ( $Sl/lc$ ), 2.56-3.11 ( $lc/Oh$ ), 2.17-2.33 ( $lc/io$ ), 1.11-1.33 ( $io/Oh$ ) and 3.25-3.50 ( $lc/prO$ ).

### Discussion and Conclusion

The first study in Miliç River, conducted by Kuru (1972), ten taxa, including *Abramis brama*, *Leuciscus cephalus (orientalis)*, *Rhodeus sericeus (amarus)*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Vimba vimba (tenella)*, *Esox Lucius*, *Mugil (Liza) auratus*, *Gobius gymnotrachelus* and *Syngathus nigrolienatus* were reported. In other previous work, Uğurlu & Polat (2006) stated that species of *A. brama*, *M. auratus*, and *E. lucius* declared by Kuru (1972) were not found (Table 3), but where 10 additional species were detected in addition to seven taxa except three species in the study of Kuru (1972). According to information learned from local fishermen during this study, it was noted that the Pike (*E. lucius*) was catching often. However, neither in the present study nor in the previous studies, this species was found. The two species of cyprinid, *Alburnus derjugini* and *Petroleuciscus borysthenicus* identified in the study were new recorded species. If it was considered that only a 3-4 km square area of the channel is searched, it would be acceptable to that no species, that inhabits fast and clean waters, were found. *Gasterosteus aculeatus* and *Atherina boyeri*, both of which are euryhaline species and were not also recorded in previous studies, were identified in the river since the sampled channel area was close to the area where the Miliç River split into the sea and is relatively a stagnant stream, this is an unexpected situation.

*Gasterosteus aculeatus*, which was declared as the first record in some streams and lagoons such as (Kargalı Lagoon, Simenit-Akgöl Lagoon, and Taflan Stream) in Samsun Province by Polat et al (2008) and Uğurlu et al (2008; 2009), was also recorded for Miliç River for the first time. In the finding of meristic examinations, the dorsal spinous rays, which are characteristic for sticklebacks, were designated to be between two and four. Uğurlu et al (2008, 2009) reported that they change between 3 and 4 in the samples they obtained. Despite being away from the sea, the presence of a stickleback (*G. aculeatus*) was also registered in the İznik Lake (Özuluğ et al 2005; Yağcı et al 2008). Ratios of the ranges obtained by Uğurlu et al (2008) were 4.29-4.92 ( $Sl/H$ ), 3.11-3.67 ( $Sl/lc$ ), 2.36-2.96 ( $lc/Oh$ ), 4.72-5.68 ( $lc/io$ ) and 0.52-0.75 ( $io/Oh$ ) and were not similar with ranges of our conducted study.

**Table 3.** Previous and present fish species records\* of Miliç River.

Species	S <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	S <sup>3</sup>	S <sup>0</sup>	Species	S <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	S <sup>3</sup>	S <sup>0</sup>
<b>Cyprinidae</b>					<b>Mugilidae</b>				
<i>Abramis brama</i>	×	–	–	–	<i>Mugil cephalus</i>	–	×	×	×
<i>Barbus tauricus</i>	–	×	×	–	<i>Mugil auratus</i>	×	–	–	–
<i>Capoeta tinca</i>	–	×	×	–	<b>Syngnathidae</b>				
<i>Carassius gibelio</i>	–	×	×	×	<i>Syngnathus nigrolineatus</i>	×	–	–	–
<i>Chalcalburnus chalcoides</i>	–	×	×	–	<i>Syngnathus abaster</i>	–	×	×	–
<i>Leuciscus cephalus (orientalis)</i>	×	×	×	–	<i>Syngnathus acus</i>	–	×	×	–
<i>Rhodeus sericeus (amarus)</i>	×	×	×	–	<b>Blenniidae</b>				
<i>Rhodeus amarus</i>	–	–	–	×	<i>Salaria fluviatilis</i>	–	×	×	–
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	×	×	×	–	<b>Gobiidae</b>				
<i>Vimba vimba (tenella)</i>	×	×	×	–	<i>Neogobius constructor</i>	–	×	×	–
<i>Rutilus rutilus</i>	×	–	–	–	<i>Neogobius fluviatilis</i>	–	×	×	–
<i>Petroleuciscus borysthenicus</i>	–	–	–	×	<i>Neogobius gymnotrachelus</i>	×	×	×	–
<i>Alburnus derjugini</i>	–	–	–	×	<i>Proterorhinus marmoratus</i>	–	×	×	×
<b>Gasterosteidae</b>					<b>Esocidae</b>				
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	–	–	–	×	<i>Esox lucius</i>	×	–	–	–
<b>Atherinidae</b>					<b>Poeciliidae</b>				
<i>Atherina boyeri</i>	–	–	–	×	<i>Gambusia holbrooki</i>	–	–	–	×

\*S<sup>0</sup>: This study, S<sup>1</sup>: Kuru (1972), S<sup>2</sup>: Uğurlu & Polat (2006), S<sup>3</sup>: Polat et al (2008)

*Petroleuciscus borysthenicus* was first declared to belong to the genus *Squalius* (Bogutskaya 1996). It has been accepted later as valid species belonging to the new genus *Petroleuciscus* by many scientists and authorities (Bogutskaya 2002; Freyhof & Kottelat 2008; Romanov & Luna 2017; GBIF 2017). *P. borysthenicus* was detected only in the Karaboğaz Lagoon in Samsun Province (Polat et al 2008; Uğurlu et al 2008; 2009). The meristic and some metric characters reported in these studies were similar to those found in the Miliç River. Especially, in ratios of 3.39-4.32 (*Sl/H*) 3.19-4.68 (*Sl/lc*), 3.06-3.67 (*lc/Oh*), 2.27-2.59 (*lc/io*) and 1.22-1.53 (*io/Oh*) reported by Uğurlu et al (2008), there were a few differences from the same ratios of this study. Furthermore, *P. borysthenicus* has been noticed to locate in rivers and lakes in the Marmara Region and the Aegean Region except for the Black Sea region (GBIF 2017). For example; it was noted that *P. borysthenicus* is identified in Bakacak Stream (Biga Peninsula) and in Lake Apolyont (Uluabat Lake / Bursa) by Sarı et al (2006) and Berber et al (2011). The results found out by Berber et al (2011) were related to the diagnostic properties of these species, were consistent with the results of this study.

It was seen that the *Alburnus derjugini*, which was defined in this study, was not found in the previous studies conducted in Samsun province. It was reported that *A. derjugini* was in the Çoruh River draining to the Black Sea from Georgia (Bayçelebi et al 2015). Similarities were shown with the meristic characters mentioned in the present study, although the findings of previous studies were not exact. Rates of some morphological measurements found by Özuluğ & Freyhof (2007) were head length (*lc*) 23-27 % *Sl*, predorsal length (*pD*) 54-58 % *Sl*, caudal peduncle depth (*hpc*) 8.2-9.0 % *Sl*, 2.0-2.5 times in its length, eye diameter (*Oh*) 5.9-7.9 % *Sl*, 0.9-1.2 times in interorbital distance (*io*), 26-31 % head length (*lc%*), body depth (*H*) 20-23 % *Sl*. According to the results, even though they were not exactly similar to their values, the percentages of *lc*, *pD*, *hpc* and *H* by the *Sl* of *A. derjugini* obtained in this study showed compatibility compared to those mentioned in the Table -3.



It was determined that *Atherina boyeri* first encountered at Altinkaya Dam Lake, Kargalı Lagoon and Simenit - Akgöl Lagoon (Polat et al 2008; Uğurlu et al 2008; 2009). However, the studies proved that *A. boyeri* widely spread in the Turkish inland waters. The presence of big scale sand smelt was reported from many localities such as Eşen Brook (Muğla) (Onaran et al 2006) Gölbaşı Pond/Adapazarı (İlhan & Balık 2008), and Lake İznik (Yağcı et al 2008). The detected reproductive biology and growth performance of this species were reported to form Lake (Küçük et al 2012). It was notified that big scale sand smelt is found in the Büyük Menderes River in the Aegean Region (Güçlü et al 2013). Findings of the *A. boyeri*'s meristic features in this study were similar to results of studies conducted in other parts of Turkey (Onaran et al 2006; Güçlü et al 2013). In addition, Uğurlu et al (2008) reported that some morphometric ratios of *A. boyeri* caught in the Lagoons of Kargalı and Simenit-Akgöl were ranged; 6.27-6.64 (*Sl/H*), 4.56-4.80 (*Sl/lc*), 2.22-2.47 (*lc/Oh*), 3.48-3.70 (*lc/io*), 0.58-0.71 (*io/Oh*). Most of these morphometric ratios were not similar to the values stated in this study.

According to studies conducted, mosquito fish (*G. holbrooki*) was declared to be found in 40 different freshwaters localities of Turkey, especially invasive in the Aegean and Marmara regions, and they were less frequent in the Central Anatolia and in the east of the Mediterranean Region (Özuluğ et al 2013). The reason for the high number of these reports were considered to be the releasing of this North America originated species into inland waters of Turkey for the struggle against malaria disease (Polat et al 2008; Özuluğ et al 2013). As it was clear in literature, *G. holbrooki* was widely spread in Turkish inland waters (Vidal et al 2010). The morphometric and meristic findings of *G. holbrooki* obtained in this study particularly agree with some of the results obtained by Uğurlu & Polat (2007) from the Kızılırmak River, Taflan, and Yurtluk Streams. These results were as: 4.00-4.51 (*Sl/H*), 3.98-4.56 (*Sl/lc*), 2.23-2.97 (*lc/oh*), and 1.89-2.10 (*lc/io*). Besides, there was only a little difference in terms of *lc/Oh*, between the calculated value of our study and of the study performed by Birecikligil & Çiçek (2011).

As a result, although many taxonomic and faunistic studies were done in the area where the study was conducted, a small contribution to the biodiversity of Turkey has been made with the newly recorded species found. Three species belonging to three different families (Atherinidae, Poecilidae and Gasterosteidae) and two new Cyprinid members were added to the fish fauna of the Miliç River. However, fish taxa with this result in the river have been a total of 26 species, except *Rhodeus sericeus* renewed as *R. amarus* (Bektaş et al 2013, Çiçek et al 2015).

### Acknowledgements

This study (P. No AR-1332) was supported by the Scientific Research Projects Coord. Unit of Ordu Univ.

### References

1. Bănărescu P M & Bogutskaya N G (2003). *Barbus* Cuvier, 1816. In: Bănărescu P M & Bogutskaya N G (Eds.), *the Freshwater Fishes of Europe, Vol. 5/II, Cyprinidae 2/II*. AULA-Verlag GmbH, Wiebelsheim, pp. 1-10



2. Bayçelebi E, Turan D & Japoshvili, B (2015). Fish Fauna of Çoruh River and Two First Record for Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **15**(1-2): 1-12
3. Bektaş Y, Beldüz A O & Turan D (2013). The phylogenetic position of Turkish populations within the European Bitterling, *Rhodeus amarus* (Osteichthyes: Cyprinidae), *Zoology in the Middle East* **59**(1): 39-50
4. Berber S, Şaşı H, Topkara E T & Cengiz, Ö (2011). The Fish Fauna of Apolyont Lake (Bursa). *Istanbul University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* **26**: 27-55
5. Birecikligil S & Çiçek E (2011). Gaziantep İl'i sınırları içindeki Fırat ve Asi akarsuları havzası akarsuları balık faunası. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* **4**(2): 29-34
6. Bogutskaya N G (1996). Contribution to the knowledge of leuciscine fishes of Asia Minor. Part 1. Morphology and taxonomic relationships of *Leuciscus borysthenicus* (Kessler, 1859), *L. smyrnaeus* Boulenger, 1896 and *Ladigesocypris ghigii* (Gianferrari, 1927). *Publicaciones especiales del Instituto Español de Oceanografía* **21**: 25-44
7. Bogutskaya N G (2002). *Petroleuciscus*, a new genus for the *Leuciscus borysthenicus* species group (Teleostei: Cyprinidae). *Zoosystematica Rossica* **11**: 235-237
8. Bostancı D, Darçın M & Helli, S (2016). Yalıköy Deresi (Ordu) Balık Faunasının Tespiti Üzerine Bir Araştırma. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* **6**(2), 146-157
9. Coad B W & Bogutskaya N G (2010). *Petroleuciscus esfahani*, a new species of fish from central Iran (Actinopterygii: Cyprinidae). *Zootaxa* **2534**: 37-47
10. Çiçek E, Sungur Birecikligil S & Fricke R (2015). Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist. *Biharean Biologist* **9**(2): 141-157
11. Çiçek E, Sungur Birecikligil, S & Fricke R (2016). Addenda and errata of Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist. *FishTaxa* **1**(2): 116-117
12. Ekmekçi F G, Atalay, M A, Yoğurtçuoğlu B, Turan D & Küçük F (2015). A new species of *Pseudophoxinus* (Teleostei: Cyprinidae) from Southwestern Anatolia, Turkey. *Zootaxa* **4033**: 117-128
13. Elnabris K J A (2014). Quantitative Characters Morphometric and Meristics laboratory Taxonomic Characters. Marine Biology Laboratory Notes. Retrieved from [http://site.iugaza.edu.ps/el nabris/files/2014/12/2\\_Morphometric-Meristics-laboratory.pdf](http://site.iugaza.edu.ps/el nabris/files/2014/12/2_Morphometric-Meristics-laboratory.pdf) [Accessed 12 December 2016]
14. Erk'akan F & Akgül M (1986). Kızılırmak Havzası Ekonomik Balık Stoklarının Belirlenmesi. *Doğa Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi* **10**(3): 239-250
15. FishBase (2017). List of Freshwater Fishes reported from Turkey. [http://www.fishbase.org/Country/CountryChecklist.php?c\\_code=792&vhabitat=fresh&csub\\_code=](http://www.fishbase.org/Country/CountryChecklist.php?c_code=792&vhabitat=fresh&csub_code=) [Accessed 28 December 2017]
16. Freyhof J & Kottelat M (2008). *Petroleuciscus borysthenicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T61395A12461180. pp. 1-7
17. GBIF-Global Biodiversity Information Facility (2017). *Petroleuciscus borysthenicus* (Kessler, 1859) Species in GBIF Backbone Taxonomy. Retrieved from <http://www.gbif.org/species/2362496> [Accessed 06 November 2017]
18. GISD-Global Invasive Species Database (2015). Species profile *Myriophyllum spicatum*. Retrieved from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=278> [Accessed 06 November 2017]

19. Güçlü S S, Küçük F, Ertan Ö O & Güçlü Z (2013). The Fish Fauna of the Büyük Menderes River (Turkey): Taxonomic and Zoogeographic Features. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **13**: 685-698
20. Hussner A & Champion P D (2012). *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdcourt (parrot feather). In: Francis R A, ed., *A handbook of global freshwater invasive species*. Earthscan, Taylor & Francis Group, Abingdon, Oxon, pp. 103-112
21. İlhan A & Balık S (2008). Fish fauna of the inland waters in Western Black Sea Region. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **25**(1): 75–82
22. Kosswig C & Battalgil F (1942). Zoogeographie der Türkischen Süßwasserfische. *Istanbul University Journal of Faculty of Science, Seri: B* **7**(3): 145-164
23. Kottelat M & Freyhof J (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Publications Kottelat, Imprimerie du Democrate SA, Dclemont, Switzerland
24. Kuru M (1972). The freshwater fish in the Terme-Bafra region (Black Sea coast). *Istanbul University Journal of The Faculty of Science, Seri: B*, **37**(1-2): 109-117
25. Kuru M (1975). *Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası Tatlısularında Yaşayan Balıkların (Pisces) Sistematik ve Zoocoğrafik Yönden İncelenmesi*. Doçentlik Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
26. Kuru M (2004). Recent Systematic Status of Inland Water Fishes of Turkey. *Gazi University Journal of The Faculty of Education* **24**(3): 1–21
27. Kuru M, Yerli S V, Mangıt F, Ünlü E & Alp A (2014). Fish Biodiversity in Inland Waters of Turkey. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture* **3**: 93-120
28. Küçük F, Güçlü S S, Gülle İ, Güçlü Z, Çiçek N L & Diken G (2012). Reproductive Features of Big Scale-Sand Smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), an Exotic Fish in Lake Eğirdir (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **12**: 729-733
29. Ladiges W (1960). Süßwasserfische der Türkei. 1. Teil: Cyprinidae. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* **58**: 105-150
30. Nelson J S, Grande T C & Wilson M V H (2016). *Fishes of the World* (5<sup>th</sup> Ed). John Wiley and Sons Inc., New York
31. Onaran M A, Özdemir N & Yılmaz F (2006). The Fish Fauna of Eşen Stream (Fethiye-Muğla). *International Journal of Science and Technology* **1**(1): 35-41
32. Özuluğ M & Freyhof J (2007). Rediagnosis of four species of *Alburnus* from Turkey and description of two new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* **18**(3): 233-246
33. Özuluğ M, Altun Ö & Meriç N (2005). On the Fish Fauna of Lake İznik (Turkey). *Turkish Journal of Zoology* **29**: 371-375
34. Özuluğ M, Saç G & Gaygusuz Ö (2013). New Distribution Areas For Invasive *Gambusia holbrooki*, *Carassius gibelio* ve *Pseudorasbora parva* (Teleostei) From Turkey. *Istanbul University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* **28**: 1-22
35. Petrtýl M, Kalous L & Memiş D (2014). Comparison of manual measurements and computer-assisted image analysis in fish morphometry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **38**: 88-94

36. Polat N, Kurtoğlu Z, Uğurlu S, Kandemir Ő, Gümüş A & Yılmaz S (2008). Determination of Fish Faunas of Samsun. Central Fisheries Research Institute, Project Result Report of no TAGEM/HAYSÜD/2003/12, Trabzon
37. Romanov E V & Luna S (2017). *Petroleuciscus borysthenicus* (Kessler, 1859), Dnieper chub. Retrieved from <http://www.fishbase.org/summary/25956> [Accessed 06 August 2017]
38. Sarı H M, Balık S, Ustaogđlu M R & İlhan A (2006). Distribution and Ecology of Freshwater Ichthyofauna of the Biga Peninsula, North-western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Zoology* **30**: 35-45
39. Torcu H & Mater S (2000). Lessepsian Fishes Spreading on the coasts of the Mediterranean Sea and Southern-Aegean Sea of Turkey. *Turkish Journal of Zoology* **24**(2): 139-148
40. Turan D, Bektaş Y, Kaya C & Bayçelebi E (2016). *Alburnoides diclensis* (Actinopterygii: Cyprinidae), a new species of cyprinid fish from the upper Tigris River, Turkey. *Zootaxa* **4067**(1): 79-87
41. Turan D, Kottelat M & Engin S (2009). Two new species of trouts, resident and migratory, sympatric in streams of northern Anatolia (Salmoniformes: Salmonidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* **20**(4): 333-364
42. Uğurlu Helli S & Polat N (2002). An investigation on fish fauna of the River Mert (Samsun). *Turkish Journal of Zoology* **26**: 63-75
43. Uğurlu Helli S & Polat N (2003). An investigation on fish fauna of in Lake Simentit (Terme-Samsun). *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* **15**(4): 485-494
44. Uğurlu S & Polat N (2006). Fish fauna of the River Miliç (Terme, Samsun). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **23**(3-4): 441-444
45. Uğurlu S & Polat N (2007). Exotic fish species inhabiting in freshwater sources within the province of Samsun. *Journal of FisheriesSciences.com* **1**(3): 139-151
46. Uğurlu S, Polat N & Kandemir Ő (2008). Fish fauna of lagoons within the Kızılırmak and Yeşilirmak Deltas (Samsun-Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com* **2**(3): 475-483
47. Uğurlu S, Polat N & Kandemir Ő (2009). First records for the ichthyofauna of Samsun. *Journal of Applied Biological Sciences* **3**(3): 81-84
48. Van Der Laan R, Eschmeyer W N & Fricke R (2014). Family-group names of recent fishes. *Zootaxa*, **3882**(2): 1-230
49. Vidal O, García-Berthou E, Tedesco P A & García-Marin, J -L (2010). Origin and genetic diversity of mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) introduced to Europe. *Biological Invasions* **12**: 841-851
50. Yağcı M, Yeğen, V, Uysal R, Yağcı A, Cesur M, Bostan H & Çetinkaya S (2008). Fish fauna and fisheries of Lake İznik (Bursa-Turkey). *Review of Hydrobiology* **2**: 159-168

**Table 1.** Morphometric measurements (mm) of newly recorded species,  $\bar{X}$ : mean,  $\pm$ : Standard Deviation (SD), *m*: Minimum, *M*: Maximum

Species		<i>Sl</i>	<i>pD</i>	<i>lc</i>	<i>prO</i>	<i>Oh</i>	<i>poO</i>	<i>Dhl</i>	<i>lP</i>	<i>hD</i>	<i>lD</i>	<i>poD</i>	<i>pV</i>	<i>IV</i>	<i>pA</i>	<i>hA</i>	<i>lA</i>	<i>lpc</i>	<i>hpc</i>	<i>H</i>	<i>io</i>
<i>P. borysthenicus</i> n=3	$\bar{X}$	93.67	53.50	25.67	7.67	9.00	12.33	17.33	16.67	18.67	12.17	34.83	48.17	16.67	67.83	13.67	13.50	20.33	12.17	27.17	11.33
	$\pm$	4.75	2.48	1.19	0.27	0.00	0.76	0.98	1.09	0.72	0.59	1.77	3.04	0.98	2.75	0.27	0.85	1.44	0.36	1.30	0.54
	<i>m</i>	83.00	48.00	23.00	7.00	9.00	10.50	15.00	14.00	17.00	11.00	31.00	41.00	15.00	61.50	13.00	12.00	17.00	11.50	24.00	10.00
	<i>M</i>	103.00	58.50	28.00	8.00	9.00	13.50	19.00	18.00	20.00	13.50	38.50	53.50	19.00	73.00	14.00	15.50	23.00	13.00	29.00	12.00
<i>A. derjugini</i> n=9	$\bar{X}$	69.33	42.56	20.33	6.83	7.67	9.89	14.61	14.44	14.39	9.72	26.89	35.56	12.44	49.39	10.33	12.28	15.61	7.94	15.33	6.56
	$\pm$	2.99	2.30	0.84	0.24	0.21	0.35	0.69	0.72	0.48	0.28	1.31	2.36	0.77	2.06	0.50	0.75	0.70	0.83	0.89	0.23
	<i>m</i>	57.00	35.00	17.00	6.00	7.00	8.50	12.00	11.00	12.00	8.50	21.50	20.00	10.00	41.00	7.00	9.00	12.50	6.00	13.00	5.50
	<i>M</i>	83.00	56.00	25.50	8.00	9.00	11.50	19.50	18.00	16.50	11.50	35.00	46.00	17.00	60.00	12.00	16.00	20.00	14.50	22.00	8.00
<i>G. aculeatus</i> n=5	$\bar{X}$	53.00	37.20	20.30	7.50	7.00	10.10	16.80	11.70	8.40	15.00	9.40	30.00	10.30	41.10	7.20	9.70	9.30	3.90	14.50	5.70
	$\pm$	1.62	1.00	0.69	0.20	0.00	0.30	0.64	0.39	0.33	0.75	0.46	0.71	0.33	1.58	0.36	0.33	0.67	0.09	0.58	0.11
	<i>m</i>	47.00	33.00	18.00	7.00	7.00	9.00	15.00	10.50	7.00	13.00	8.00	27.00	9.00	35.00	6.00	9.00	7.50	3.50	12.50	5.50
	<i>M</i>	58.00	39.00	22.00	8.00	7.00	11.00	19.00	13.00	9.00	17.00	11.00	31.50	11.00	45.00	8.50	11.00	12.00	4.00	16.50	6.00
<i>G. holbrooki</i> n=2	$\bar{X}$	28.50	21.00	9.75	4.00	3.75	5.50	7.50	7.75	7.50	4.50	10.75	13.50	5.50	18.00	8.00	4.50	13.00	4.50	7.50	4.75
	$\pm$	0.83	0.67	0.08	0.33	0.08	0.17	0.50	0.08	0.17	0.17	0.08	0.17	0.17	0.67	0.33	0.17	0.33	0.17	0.17	0.08
	<i>m</i>	26.00	19.00	9.50	3.00	3.50	5.00	6.00	7.50	7.00	4.00	10.50	13.00	5.00	16.00	7.00	4.00	12.00	4.00	7.00	4.50
	<i>M</i>	31.00	23.00	10.00	5.00	4.00	6.00	9.00	8.00	8.00	5.00	11.00	14.00	6.00	20.00	9.00	5.00	14.00	5.00	8.00	5.00
<i>A. boyeri</i> n=1	$\bar{X}$	50.00	27.00	17.00	6.50	13.00	11.00	14.00	12.00	2.00	9.00	30.00	23.00	10.00	40.00	9.00	8.00	24.00	5.00	11.50	5.50

**Table 2.** Morphometric rates of newly recorded species by standard length (*Sl*) and head length (*lc*),  
 $\bar{X}$ : mean,  $\pm$ : Standard Deviation (SD), *m*: Minimum, *M*: Maximum

Species	<i>Sl</i>	<i>Sl</i> %											<i>lc</i> %				
		<i>lc</i>	<i>H</i>	<i>pD</i>	<i>poD</i>	<i>lpc</i>	<i>hD</i>	<i>ID</i>	<i>IP</i>	<i>IV</i>	<i>hA</i>	<i>lA</i>	<i>prO</i>	<i>Oh</i>	<i>poO</i>	<i>io</i>	
<i>P. borysthenicus</i> n=3	$\bar{X}$	93.67	27.42	29.02	57.16	37.19	21.64	19.97	13.00	17.76	17.79	14.66	14.40	29.93	35.30	47.96	44.16
	$\pm$	4.75	0.13	0.44	0.28	0.14	0.48	0.25	0.15	0.50	0.40	0.49	0.32	0.56	1.67	1.03	0.83
	<i>m</i>	83.00	27.18	28.16	56.80	36.84	20.48	19.42	12.63	16.87	16.84	13.59	13.68	28.57	32.14	45.65	42.86
	<i>M</i>	103.00	27.71	30.00	57.83	37.38	22.33	20.48	13.25	18.95	18.45	15.66	15.05	30.77	39.13	50.00	46.15
<i>A. derjugini</i> n=9	$\bar{X}$	69.33	29.38	22.20	61.23	38.75	22.54	20.85	14.14	20.81	17.90	14.91	17.63	33.72	37.95	48.77	32.41
	$\pm$	2.99	0.40	0.91	1.21	0.57	0.37	0.39	0.43	0.46	0.61	0.43	0.47	0.55	0.86	0.74	0.86
	<i>m</i>	57.00	27.54	15.66	55.07	36.23	21.01	19.28	12.00	18.75	15.22	12.07	15.79	31.37	34.09	45.10	28.26
	<i>M</i>	83.00	31.03	26.51	67.47	42.17	24.14	22.73	16.67	22.81	21.21	16.41	19.83	36.84	41.18	52.63	36.84
<i>G. aculeatus</i> n=5	$\bar{X}$	53.00	38.39	27.35	70.27	17.86	17.59	15.84	28.29	22.09	19.45	13.55	18.33	37.07	34.68	49.80	28.16
	$\pm$	1.62	1.28	0.63	1.15	1.11	1.29	0.37	1.02	0.47	0.38	0.28	0.51	1.14	1.19	0.51	0.56
	<i>m</i>	47.00	33.62	25.86	67.24	13.79	15.45	14.89	24.53	20.69	18.87	12.77	16.98	34.09	31.82	47.73	27.27
	<i>M</i>	58.00	42.31	30.00	75.00	20.75	23.08	17.31	30.91	23.64	21.15	14.66	20.00	41.03	38.89	51.28	30.56
<i>G. holbrooki</i> n=2	$\bar{X}$	28.50	34.40	26.36	73.64	37.93	45.66	26.36	16.07	27.33	19.29	27.98	16.07	40.79	38.42	56.32	48.68
	$\pm$	0.83	0.71	0.19	0.19	0.82	0.17	0.19	1.05	0.51	0.02	0.35	1.05	3.07	0.53	1.23	0.44
	<i>m</i>	26.00	32.26	25.81	73.08	35.48	45.16	25.81	12.90	25.81	19.23	26.92	12.90	31.58	36.84	52.63	47.37
	<i>M</i>	31.00	36.54	26.92	74.19	40.38	46.15	26.92	19.23	28.85	19.35	29.03	19.23	50.00	40.00	60.00	50.00
<i>A. boyeri</i> n=1	$\bar{X}$	50.00	34.00	23.00	54.00	60.00	10.00	4.00	18.00	24.00	20.00	18.00	16.00	38.24	76.47	64.71	14.47

## Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve Börülcede (*Vigna unguiculata* L.) Çimlenme Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Ferda ÖZKORKMAZ<sup>1\*</sup> , Nuri YILMAZ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 08.11.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.12.2017)

### Öz

Havanın serbest azotunu toprağa bağlama özellikleri, çevrecilik ve sürdürülebilir tarımın öneminin arttığı günümüzde baklagil bitkilerinin önemi daha da artmaktadır. Baklagiller yılda ortalama 5-20 kg/da azotu toprağa bağlayabilmektedirler. Yemelik tane baklagiller içerisinde Fasulye, dünyada ekim alanı ve üretimi yönünden ilk sırada yer almaktadır. Börülce bitkisi yetiştiricilik ve tüketim açısından fasulyeye benzeyen bir baklagil bitkisidir. İnsan beslenmesi yanında hayvan yemi olarak da değerlendirilebilmektedir. Tuz stresi özellikle kurak ve yarı kurak yerlerde verimi oldukça sınırlayan bir etkidir. Fazla gübre kullanımı toprakta tuzluluğa sebep olmaktadır. Türkiye'de 1.5 milyon hektarlık alanda tuzluluk ve alkalilik sorunları vardır. Bu alan sulama için uygun arazinin yaklaşık % 32.5' ine eşdeğerdir. Bu çalışmada farklı dozlarda tuz solüsyonlarının (0-50-100-150-200 mM) fasulye ve börülce tohumlarında çimlenme özelliklerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmada, söz konusu dozların çimlenme oranı (%), radikula uzunluğu (cm), plumula uzunluğu (cm), radikula yaş ve kuru ağırlığı (gr), ve plumula yaş ve kuru ağırlığı (gr), üzerine etkileri incelenmiştir, değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda artan tuz dozlarının çimlenme oranları ve diğer incelenen karakterlerde önemli düşümlere neden olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuz; Çimlenme, Fasulye, Börülce

### Determination of the Effects of Different Salt Concentrations on Germination in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.)

#### Abstract

Today, the importance of legumes is even more important as the weather's ability to bind free nitrogen to the soil, environmentalism and the importance of sustainable agriculture. The amount of nitrogen the edible legumes attach to the soil varies depending on the variety and environmental conditions, generally around 5-20 kg / ha per year. Beans are in the first place among edible grain legumes in terms of planting area and production in the world. Cowpea is a leguminous plant with a consumption shape like bean, and it is a plant that will not live in harmony with the consumer's consumption in the regions where beans are grown. Cowpea is a plant that is regarded as animal feed besides human nutrition. Salt stress limits product yield by affecting plant growth, especially in arid and semi-arid regions. The amount of excess fertilizer which is used in the construction of agriculture can not be taken by plants and causes to be salted. In Turkey, there are about 1.5 million hectares of salinity and alkalinity problems. This is equivalent to about 32.5% of the land suitable for irrigation. This study was undertaken to determine the physiological responses of the bean and cowpea, to show that the salt stress faced in increasingly salty soils has been shown during the germination phase. In this study, the effects of 5 different salt doses (0-50-100-150-200 mM) on germination were tried to be determined in cowpea and bean. The germination rate, plume

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: ferda.ozkorkmaz@hotmail.com

la fresh and dry weight, radicle fresh and dry weight, plumula length and radicle length characteristics were investigated. As a result of the study, a decrease in germination rate was observed in increasing salt concentrations.

**Keywords:** Salinity; Germination; Bean; Cowpea

## 1. Giriş

Beslenmede bitkisel proteinin ana kaynağını oluşturan yemeklik tane baklagiller, dünya ve ülkemiz için çok önemlidirler. Tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ekim alanı ve üretim bakımından tahıllardan sonra yemeklik tane baklagiller yetiştirilmektedir (FAO, 2014). Besin değerleri bakımından zengin oldukları gibi yetiştirildikleri toprağa da olumlu etkilerde bulunmaktadırlar. Havanın serbest azotunu toprağa bağlama özellikleri, çevrecilik ve sürdürülebilir tarımın önemini arttığı günümüzde bu bitkilerin önemleri daha da artmaktadır. Yemeklik baklagillerin toprağa bağladıkları azot miktarı çeşide ve çevre koşullarına göre değişmekle beraber, yılda genel olarak 5-20 kg/da dolaylarındadır (Şehirli,1988).

Fasulye, dünyada ekim alanı ve üretimi yönünden yemeklik tane baklagiller içerisinde ilk sırada yer almaktadır. Kuru tane yanında taze sebze olarak da yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Tane, yeşil olgunluk döneminde yüksek miktarda A ve C vitamini içermektedir. Kuru tanelerinde ham protein oranı çeşit ve yetiştirme tekniğine göre değişmekle birlikte ortalama % 22 dir. Ülkemizde insan beslenmesi bakımından börülcenin önemi tam olarak bilinmemektedir. Börülce birebir fasulye gibi tüketim şekline sahip bir baklagil bitkisi olup fasulyenin sevilerek yetiştirildiği bölgelerde tüketicinin bitkiye alışmasında sorun yaşamayacak bir bitkidir. Kuru maddenin % 20-30'nu proteinler oluşturur (Sert, 2011). Salatası ve yemekleri özellikle Ege Bölgesi'nde sevilerek tüketilir. Börülce, insan beslenmesinin yanında hayvan yemi olarak da değerlendirilen bir bitkidir. Tuzluluk, artan insan nüfusu ile birlikte dünyamızda verimli tarımı tehlikeye atarak besin ürünlerinin üretimini önemli düzeyde kısıtlayan çevresel faktörlerden birisidir (Botella ve ark, 1997). Tuz stresi, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkilerin gelişimini etkileyerek ürün verimliliğini sınırlandırır. Dünyada her yıl 10 milyon hektar arazi tuzluluk nedeniyle elden çıkmaktadır (Akgül, 2003). Tarım yapılırken kullanılan aşırı gübrelerin bitkiler tarafından alınamayan miktarları toprakta kalarak tuzlanmaya sebep olur. Türkiye'de, yaklaşık 1.5 milyon hektarda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32,5'ine denktir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Fasulye çeşitlerinin tuza dayanıklılığı çok farklılık gösterirken Börülce çeşitlerinin ise tuz stresinden çok etkilenmediği tuza karşı fasulye te oranla daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Daşgan ve ark, 2006). Bu çalışma, ülkemiz bakliyat üretiminde önemli bir yere sahip olan fasulye ve börülcenin giderek tuzluluk oranı artan topraklarımızda karşı karşıya kaldığı tuz stresinin çimlenme aşamasında göstermiş olduğu fizyolojik tepkilerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak 2017 yılında Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında kurulmuştur. Araştırmada; çimlenme oranı (%), plumula yaş ve kuru ağırlığı (gr), radicle yaş ve kuru ağırlığı (gr), plumula uzunluğu ve radicle uzunluğu (cm) tespit edilmiştir. Araştırmada Akkuş şeker fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşidi ve Amazon börülce (*Vigna unguiculata* L.) çeşidi kullanılmıştır. Tohumlar % 5'lik sodyum hidroksit çözeltisinde 5 dakika

dezenfekte edilmiştir. Ardından saf sudan geçirilmiştir. 5 farklı tuz konsantrasyonu ( 0, 50, 100, 150, 200 ) mM, 500 ml'lik steril kavanozlarda saf su ile çözülmüştür. Denemede 20 adet petri, her petride 20 adet tohum kullanılmıştır. Tohumlar hazırlanan çözeltiler ile ıslatılmıştır ve inkübatöre 25°C çimlenmeye bırakılmıştır. 24 saatte bir olacak şekilde 7 gün boyunca çimlenen tohumlar sayılmıştır. Kuruyan petrilere aynı dozlarda çözeltiden ilave edilmiştir. 8. gün radikula ve plumula uzunlukları ölçülmüştür. Radikula ve plumulalar ayrı ayrı yaş ağırlıkları tartılmıştır ve kese kâğıtlarına koyulup kurutma dolabına kurumaya bırakılmıştır. 2 gün kurutma dolabında durup ağırlıkları sabitlenince kuru ağırlıkları tartılmıştır. Tüm veriler SAA-JMP 5.0 istatistik paket programında analiz edilmiş, çoklu karşılaştırma testlerinden LSD testi kullanılmıştır.

### 3. Bulgular

Farklı konsantrasyonlarda uygulanan tuzun (NaCl), fasulye ve börülce tohumlarının ölçümleri üzerindeki etkileri çizelge 1 ve çizelge 2'de verilmiştir. Fasulye tohumlarında çimlenme oranları %90 ile %27,5 arasında bulunmuş, en yüksek değer 50 mM konsantrasyonunda, en düşük değer ise 150 ve 200 mM konsantrasyonunda gözlemlenmiştir. Tuz dozlarının çimlenme oranlarına etkisi çok önemli çıkmıştır. Radikula uzunlukları 3,21 cm (0 mM) ile 0,05 cm (150 ve 200 mM) arasında çıkmış ve ortalamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. Plumula uzunluklarında en yüksek değer 2,32 cm olarak 50 mM dozunda, en düşük değer ise 0,05 cm olarak 150 ve 200 mM dozunda ölçülmüştür. Radikula yaş ağırlık ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak önemli çıkmış ve değerler 0,36 ile 1,36 cm arasında değişim göstermiştir. Plumula yaş ağırlıkları ise 0,40 cm ile 2,55 cm arasında ölçülmüştür, uygulanan dozlar arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Radikula kuru ağırlıklarında en yüksek değer 50 mM tuz dozunda 0,21cm, en düşük değer ise 200 mM dozunda 0,05 cm olarak bulunmuş ve uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak da çok önemli olmuştur. Benzer şekilde plumula kuru ağırlık ortalamaları arasındaki farkta önemli bulunmuş ve en yüksek değer 50 mM dozunda 0,21 gr olarak elde edilmiştir. Börülce tohumlarında ise çimlenme oranlarında en yüksek değer 50 ve 100mM konsantrasyonunda, en düşük değer ise 200 mM konsantrasyonunda gözlemlenmiş ve çimlenme oranları %10 ile % 87,5 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Yapılan analiz sonucu tuz dozlarının börülce bitkisinin çimlenme oranı üzerinde çok önemli etkisi görülmüştür. Tuz dozlarının börülce bitkisinin radikula uzunlukları üzerine etkisi çok önemli olup radikula uzunluğu 0,05 (200 mM) ile 4,33 cm (50 mM) arasında değişim göstermiştir. Plumula uzunluklarında en yüksek değer 4,05 cm olarak kontrol grubunda ölçülürken en düşük değer ise 0,05 cm olarak 200 mM dozunda ölçülmüş ve tuz dozlarının etkisi istatistiki açıdan çok önemli bulunmuştur.

**Çizelge 1.** Farklı tuz dozlarının Fasulyede çimlenme oranı (%), radikula uzunluğu (cm), plumula uzunluğu (cm), radikula yaş ve kuru ağırlık (gr), plumula yaş ve kuru ağırlık(gr) değerlerine etkileri

Tuz (NaCl) Oranları (mM)	Çimlenme** Oranları (%)	Radikula* Uzunluk (cm)	Plumula* Uzunluk (cm)	Radikula* Kuru Ağırlık (gr)	Plumula* Kuru Ağırlık (gr)	Radikula* Yaş Ağırlık (gr)	Plumula** Yaş Ağırlık (gr)
0 (distile su)	82,5 ab	3,21 a	2,10 a	0,18 ab	0,26 a	1,34 a	2,40 a
50 mM	90,0 a	2,37 ab	2,32 a	0,21 a	0,26 a	1,36 a	2,55 a
100 mM	67,5 b	1,32 b	1,49 b	0,06 c	0,07 b	0,41 b	1,05 b
150 mM	40,0 c	0,05 b	0,05 c	0,07 c	0,05 b	0,44 b	0,46 b
200 mM	27,5 c	0,05 b	0,05 c	0,05 c	0,05 b	0,36 b	0,40 b

\*\* P<0.01 düzeyinde önemli, \*P<0.05 düzeyinde önemli



Radikula yaş ağırlıkları 0,05 ile 1,57 gr arasında bulunurken en yüksek değer kontrol grubunda, en düşük değer ise 200 mM dozunda ölçülmüştür (Çizelge 2). Tuz dozlarının radikula yaş ağırlıklarına bu etkisi istatistiki açıdan da önemli bulunmuştur. Radikula kuru ağırlıkları 0,05 gr (200 mM) ile 0,16 gr (100 mM) arasında ölçülmüş, değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Plumula yaş ağırlıkları 0,25 gr ile 2,94 gr arasında değişim göstermiş olup ortalamalar arasındaki farkın istatistiki açıdan çok önemli olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değer kontrol grubunda, en düşük değer ise 200 mM dozunda gözlemlenmiştir. Plumula kuru ağırlığı bakımından en yüksek değer 0,30 gr ile 100 mM dozunda, en düşük değer 0,05 gr ile 200 mM dozunda ölçülmüştür. Tuz dozlarının plumula kuru ağırlıklarına etkisi çok önemli olmuştur.

**Çizelge 2.** Farklı tuz dozlarının Börülcede çimlenme oranı (%), radikula uzunluğu (cm), plumula uzunluğu (cm), radikula yaş ve kuru ağırlık (gr), plumula yaş ve kuru ağırlık(gr) değerlerine etkileri

Tuz (NaCl) Oranları (mM)	Çimlenme** Oranları (%)	Radikula** Uzunluk (cm)	Plumula** Uzunluk (cm)	Radikula Kuru Ağırlık (gr)	Plumula** Kuru Ağırlık (gr)	Radikula* Yaş Ağırlık (gr)	Plumula** Yaş Ağırlık (gr)
0 (distile su)	67,5 ab	3,30 ab	4,05 a	0,15	0,28 ab	1,57 a	2,94 a
50 mM	87,5 a	4,33 a	3,26 ab	0,13	0,25 ab	1,32 ab	2,34 ab
100 mM	87,5 a	3,13 ab	3,75 a	0,16	0,30 a	1,30 a b	2,41 ab
150 mM	52,5 b	2,16 b	1,85 bc	0,07	0,12 bc	0,43 bc	0,97 bc
200 mM	10 c	0,05 b	0,05 c	0,05	0,05 c	0,05 c	0,25 c

\*\* P<0.01 düzeyinde önemli, \*P<0.05 düzeyinde önemli

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Elkoca ve ark. 2003 yılında yaptıkları çalışmada 3 farklı tuz dozunun (0,0, -0,9 ve-1,5 MPa) fasulyede çimlenme özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda çimlenme oranı %94 ile %26 arasında bulunmuştur. Kök kuru ağırlık değerleri ise sırasıyla 229 mg, 131 mg ve 41 mg olarak hesaplanmıştır. Artan tuz dozlarının hesaplanan değerlerde meydana getirdiği düşüş bizim çalışmamızla uyum göstermektedir. Eroğlu 2007 yılında 4 farklı tuz dozunu (0-50-100-150-200 mM) fasulyede tohum çimlenmesi üzerine olan etkilerini araştırdığı bir çalışmada uygulanan tuz konsantrasyonu artışına paralel olarak, incelenen tüm fasulye kültür çeşitlerinde tohum çimlenme oranının düştüğünü gözlemlemiştir. Kök uzunluğu en yüksek 15,78 cm ile 50 mM dozunda en düşük değer ise 5,87 cm ile 150 mM tuz dozunda ölçülmüştür. Wignarajah (1990) çalışmasında 3 farklı tuz dozunu (48, 72, 96 mM) fasulye tohumlarına uygulamıştır. Uygulama sonucu artan tuz dozlarında osmatik basınçta düşüşler olmuş ve tohumun su alması engellenmiştir. Çalışma sonucunda tuzluluğun radikuladan ziyade plumula üzerinde etki gösterdiğini gözlemlemiştir. Taffou ve ark. 2009 yılında börülce de 4 farklı tuz dozunun tohumun çimlenme özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında artan tuz dozunun çimlenme oranı ve kök uzunluğunda düşümlere sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Costa (2007), 100 ve 200 mM tuz dozlarının börülcede etkilerini araştırdığı çalışmasında tuz dozunun arttıkça protein oranında düşüş meydana geldiğini gözlemlemiştir. Diğer taraftan Lobato ve ark. 2009 yılında yaptıkları çalışmada 3 farklı tuz dozu (0, 75, 150 mM) uygulamışlar ve çalışma sonucunda artan tuz dozlarıyla birlikte çimlenme oranı, tohumların kuru ve yaş ağırlıkları, kök uzunluklarında düşümler meydana geldiğini belirlemişlerdir. Söz konusunu bu araştırmada radikula uzunlukları 10 cm, 5,8 cm ve 2,8 cm olarak ölçülmüştür. Bizim çalışmamızda artan tuz konsantrasyonları

karşısında börülce ve fasulye tohumlarında çimlenme oranı düşüş göstermiştir. Yani tuz konsantrasyonu ile çimlenme oranı arasında ters orantı söz konusudur. Fasulyede artarak uygulanan tuz konsantrasyonları 50mM dozundan sonra radikula uzunluğu, radikula kuru ve yaş ağırlıkları ile plumula yaş ve kuru ağırlığı karakterlerine ait değerleri çok önemli derecede düşürmüştür. Plumula uzunluğundaki düşüş ise 100 mM dozundan sonra çok bariz olmuştur. Uygulanan dozların börülcedeki etkisi fasulye ye göre biraz daha farklı seyir izlemiştir. İncelenen özelliklere ait değerlerdeki azalmalar 100 mM dozundan sonra çok büyük olmuştur. Araştırmadan elde edilen söz konusu bulgular bu denemede kullanılan çeşitler için geçerli olabilir, ancak daha doğru sonuçlar elde edebilmek için çalışmanın farklı çeşitlerle devam ettirilmesi gerekmektedir.

## Kaynakça

1. Akgül H (2003). Tuzluluk Ziraat Mühendisliği Dergisi Sayı 340. Ankara
2. Botella M A, Martinez J & Cerda A (1997). Salinity Induces Potassium Deficiency in Maize Plants. Journal Plant Physiol 50: 200-205
3. Costa JH, Jolivet Y, Hasenfratz-Sauder M-P, Orellano EG, Lima MS, Dizengremel P, & Melo DF (2007). Alternative oxidase regulation in roots of *Vigna unguiculata* cultivars differing in drought/salt tolerance. J Plant Physiol; 164:718-27.
4. Daşgan HY, Koç S, Ekici B, Aktaş H ve Abak K (2006). Bazı fasulye ve börülce genotiplerinin tuz stresine tepkileri Alatarım 5 (1) : 23-31
5. Elkoca E, Kantar F & Güvenç İ (2003). Değişik NaCl konsantrasyonlarının kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin çimlenme ve fide gelişmesine etkileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (1): 1-8
6. Eroğlu İ (2007). Tuz stresine bazı fasulye ( *phaseolus vulgaris* L.) kültür çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Bornova-İzmir
7. Kalefetoğlu T & Ekmekçi Y (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. J. Sci. 18: 723-740
8. Lobato AKS, Santos Filho BG, Costa RCL, Goncalva-Vidigal MC, Moraes EC, Oliveira Neto CF, Rodrigues VLF, Cruz FJR, Ferreira AS, Pita JD & Barreto AGT (2009). Morphological, physiological and biochemical responses during germination of the cowpea (*Vigna unguiculata* cv. Pitiuba) seeds under salt stress. World J Agric Sci 5:590–596
9. Sert H (2011). Hatay İli Ekolojik Şartlarında Börülce (*Vigna sinensis* (L.) Savi) Çeşitlerinin Tane Verimi ve Bazı Tarımsal Özellikleri Üzerine Farklı Bitki Sıklıklarının Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 45s
10. Şehirali S (1988). Yemeklik tane baklagiller Ders Kitabı (Seed Legumes, Lecture Notes), Publication No. 1089 pp. 314–35 Faculty of Agriculture, University of Ankara, Turkey (In Turkish)
11. Taffouo V D, Wamba, O F, Yombi E, Nono G V & Akoe A (2010.) Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) verdc.) landraces grown under saline conditions Int. J. Bot. 6 (1) pp. 53-58
12. Wignarajah K (1992). Growth response of *Phaseolus vulgaris* to varying salinity regimes. Environ. Exp. Bot. 2: 141-147

## Kalça Protezinin Aşınma Özellikleri Üzerinde Çoklu Tabakalı Kaplanması Etkilerinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Nümerik Analizi

Erkan BAHÇE<sup>1</sup> , A. Kemal ASLAN<sup>2\*</sup> , M. Sami GÜLER<sup>3</sup> , Neşe ÇAKIR<sup>1</sup> ,  
Ender EMİR<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Inönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya

<sup>2</sup>Munzur Üniversitesi, Tunceli MYO, Tunceli

<sup>3</sup>Ordu Üniversitesi, TBMYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 22.05.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 08.10.2017)

### Öz

Total kalça protezi uygulamalarında kullanılan metal alaşımlarının kullanım sürelerinin artırılmasına yönelik çalışmalar gelişen tıp ve malzeme teknolojileriyle beraber devam etmektedir. Metal alaşımları vücut sıvısı içerisinde bulunan çeşitli iyonlar, mineraller ve proteinlerle etkileşime girerek korozyon ve metal iyonizasyonuna uğramaktadır. Bunun sonucunda ise polietilen bileşen kullanım ömründen erken aşınmaya maruz kalmaktadır. Kalça protezlerinde kullanılan metal bileşenlerin korozyon dayanımının artırılması ve iyonizasyonun önlenmesi için seramik bileşenlerle kaplanmaktadır. Bu çalışmada kalça protezlerinde yaygın olarak kullanılan metal-polietilen çifti Ti6Al4V-ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen bileşenlerinin aşınma özellikleri incelenmiştir. Metal femur başının çoklu tabakalı kaplanması ve tabaka sayısının polietilen asetabular linerin aşınması üzerindeki etkileri nümerik olarak ANSYS programı yardımıyla incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, metal femur başının çoklu tabakalı kaplanması polietilen bileşeninin aşınma dayanımını artıracak görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kalça Protezi, Bio malzeme, Ti6Al4V, Çoklu tabakalı kaplama, Aşınma, ANSYS

### Numerical Analysis of Effect of Multilayer Coating on the Wear Properties of Hip Prosthesis by Finite Element Method

### Abstract

Researches on increasing the lifetime of metal alloys used in total hip replacement applications, continue in parallel with developing medicine and material engineering. Metal alloys expose to the corrosion and ionization by interacting with the ions, proteins, and minerals in the body fluid. As a result of this, polyethylene component of the hip prosthesis exposes to early wear. Metal components of the hip prosthesis are coated with ceramic materials in order to avoid metal ionization and enhance the corrosion resistance. In this study, the wear properties of widely used Ti6Al4V-UHMWPE metal-polyethylene couple in the hip prosthesis is investigated. The effect of the coating of metal femoral head and the effect of layer number on the wear of polyethylene acetabular liner is numerically studied by ANSYS software. Results showed that the multilayer coating of metal femoral head will increase the wear resistance of the polyethylene component.

**Keywords:** Hip; Bio material, Ti6Al4V, Multilayer coating, Wear, ANSYS

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: akaslan@munzur.edu.tr

## **1.Giriş**

Dünya nüfusunda yaşam sürelerinin artması ile birlikte, kalça protezi kullanımı artmakta ve dünya genelinde her yıl ortalama bir milyon üzerinde kalça protezi operasyonu yapılmaktadır (Holzwarth & Cotogno,2012). Uygun cerrahi teknik ve modern protez tasarımları kullanılarak yapılan kalça protezlerinin ömürleri başarılı operasyonlarda günümüzde 15 ile 20 yıl arasındadır.

Protez ömrü; cerrahi hatalar, protezin kişiye göre uyumluluğu, kişinin yaşamındaki hareket sıklığı ve yönleri, malzemedeki aşınma, korozyon direnci, imalat esnasında oluşan form hataları ve malzemenin biyouyumluluğu ve metal iyonizasyonuna bağlı olarak azalmaktadır (Hesketh ve ark., 2013). Protezin ömrü üzerinde, bu faktörlerden metal-metal ve metal-polietilen malzeme çiftinde oluşan metal iyonizasyonu önemli bir etkiye sahiptir (Silva ve ark. 2005). Total kalça protezinde kullanılan metal alaşımları vücut sıvısı içinde metal iyonizasyonuna uğrayarak hem vücutta alerjik reaksiyonlara, hemde metalin korozyona uğrayarak erken aşınmasına neden olmaktadır. Aşınma sonucu ortaya çıkan partiküller kemik implant birleşim bölgesinde dokuların içinde ve çevresinde birikerek zamanla osteolize neden olmakta ve bunun sonucunda implant gevşemektedir. Metal iyonizasyonu ve korozyondan kaynaklanan bu tür sorunların giderilmesi için implantlarda kullanılan metal ve alaşımları seramik malzemelerle kaplanmaktadır (Rahaman ve ark., 2007).

Kalça protezlerinde metal malzemeler olarak paslanmaz çelik ve alaşımları, titanyum ve alaşımları, CoCr ve alaşımları yaygın olarak kullanılmaktadır (Mckee ve ark., 1996; Long&Rack, 1998). İfade edilen bu metallerin aşınma ve korozyon dayanımlarını artırmak, metal iyonizasyonunu indirmek için yüzeyleri seramik ince filmlerle kaplamalar uygulanmaktadır (Rahaman ve ark., 2007 ; McEntire ve ark., 2015). Ayrıca femur bileşeninde biyouyumluluk ve yüksek aşınma direncine sahip olan TiN, CrN, elmas benzeri karbon (DLC) kaplama gibi nitrürlü seramik kaplamalarda uygulanmaktadır (Cui ve ark., 2017; Gilewicz ve ark., 2016). Son zamanlarda özellikle metal iyonizasyonunu önlemek, bununla beraber metal bileşenlerin korozyon direncini artırmak ve implant bileşenlerinin temas halinde olan parçalarının aşınma dayanımını artırmak için çok daha düşük sürtünme katsayıları veren nitrürlü ve çok tabakalı kaplamalar üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Ortega-Saenz ve ark. CoCr femur başı kalça protezine tabakalı TiN / CrN bilayerına sahip 3 periyotlu , CrN tek katmanlı ve DLC (elmas benzeri karbon) tek katmanlı kaplama olmak üzere 3 ayrı şekilde çok katmanlı kaplamaları PVD kaplama yöntemiyle uygulamışlardır. Çalışmaları sonucunda kaplanmış femur başının aşınma oranının kaplanmamışa göre, DLC kaplamayla 5 kat, TiN/CrN kaplamayla 28 kat ve CrN kaplamayla 55 kat azaldığını tespit etmişlerdir (Ortega-Saenz ve ark., 2013).

Khanna ve ark. Ti6Al4V alaşımı üzerine Al-metal tozlarını N<sub>2</sub> atmosferinde soğuk püskürtme ile biriktirme yöntemiyle kaplama yapmışlardır. Bu çalışma ile geliştirilen yeni yoğun ve sert  $\alpha$ -alumina/Ti alaşımının, yapay kalça eklemine güvenilir yatak yüzeylerini üretmek için potansiyel olarak kullanılabilirliğini belirlemişlerdir (Khanna ve ark., 2015). Yine Khanna ve ark. bir diğer çalışmalarında kalça protez rulmanlarının

yüzeylerinin iyileştirilmesi amacıyla yüksek tokluğa sahip Ti-6Al-4V alaşımı üzerine yoğun ince bir  $\alpha$ -alumina tabakası kaplayarak,  $\alpha$ -alumina /Ti, hibrid alaşımı tasarlamışlardır. Al metaline ısıl işlemi uygulandıktan sonra soğuk püskürtme ile femur başını yapışkan özelliği gösterecek şekilde  $\alpha$ -alumina tabakasıyla kaplamışlardır. Bu kaplamayı, seramik-seramik tipi çimentosuz yapay kalça eklemine yatak yüzeyleri olarak potansiyel kullanımı için geliştirmişlerdir (Khanna ve ark. 2016).

Good ve ark. düşük kırılma riski ve mükemmel abrasif aşınma direnci sağlayan, oksidasyon işlemiyle yüzeyi seramiğe dönüştürerek, OxZr (oksitlenmiş zirkonyum) metali ile kalça protezi üretmişlerdir. Ürettikleri bu kalça protezi ile CoCr kalça protezine testler uygulamışlar ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Bu testlerin sonucunda, OxZr kalça protezinin daha fazla aşınma direnci gösterdiğini ve daha uzun kullanım ömrü sağladığını belirlemişlerdir (Good ve ark., 2005).

Bal ve ark. kalça implantlarının aşınma özelliğini azaltmak amacıyla  $Al_2O_3$  femur başı ve asetabular yuva, Co-Cr femur başı ve  $Si_3N_4$  asetabular yuva üreterek farklı kombinler şeklinde deneyler gerçekleştirmişlerdir. Kalça simülasyonu ile yapılan testler sonucu  $Si_3N_4$  bileşeninin  $Al_2O_3$  bileşenine göre daha iyi bir kırılma tokluğu gösterdiği görülmüştür. CoCr alaşımının femur başı olarak ve  $Si_3N_4$ 'ün asetabular yuva olarak seçildiği kombinasyon yatak aşınmasının azaltılmasına yardımcı olmuştur (Bal ve ark., 2008).

Perumal ve ark. ortopedik implantlarda biouyumluluk açısından çok tercih edilen Ti elementine  $Al_2O_3$ , %8 İtiryum stabilize edilmiş zirconia (8YSZ), ağırlıkça %40  $Al_2O_3$ - ve %8 YSZ katkılı olarak üç ayrı plazma püskürtmeyle kaplama yapmışlar ve yaptıkları kaplamaların aşınma direncini belirlemek için testler yapmışlardır. Testler sonucunda en yüksek aşınma direncini ağırlıkça %40  $Al_2O_3$ - ve %8 YSZ gösterdiğini belirlemişlerdir (Perumal ve ark., 2014).

Bunun yanında günümüzde, belirli koşullar altında malzeme davranışlarını belirlemek amacıyla birçok çalışmalar yapılmaktadır ve bu çalışmalar içinde ANSYS analizleri deneysel işlemlere göre daha az maliyet ve zaman sunmaktadır. Özellikle biyomedikal anlamda canlı üzerinde veya laboratuvarında deneyler yapılmak yerine gerçeğe yakın değerler sunan ANSYS analizleri daha çok tercih edilmektedirler (Taylor&Prendergast, 2015). Artroplasti alanında kullanılan implant malzemelerinin belirli yükler altında statik ve dinamik analizleri yapılarak aşınma özelliklerinin sonlu elemanlar yöntemiyle incelendiği birçok çalışmalar yapılmıştır (Pakhaliuk ve ark., 2015; Zameer &Haneef, 2015; Lin ve ark., 2016). Bu konu üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ise;

Pakhaliuk ve ark. kalça protezlerinde kullanılan ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) malzemeli asetabular liner ile seramik veya metal malzemeli femur başı kombinasyonlarını ANSYS ile modellemişler ve belirli koşullar altında analizi gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları analizler sonucunda elde ettikleri aşınma miktarlarıyla ve matematiksel olarak hesaplanmış aşınma miktarları karşılaştırıldığında tutarlı sonuçlar elde etmişlerdir (Pakhaliuk ve ark., 2015).

Zhang ve ark. Total diz protezlerinde insert aşınmasını belirlemek için femur insert eklemine ANSYS ile modellemişlerdir. Modellemeye belirli yükler uygulayarak elde

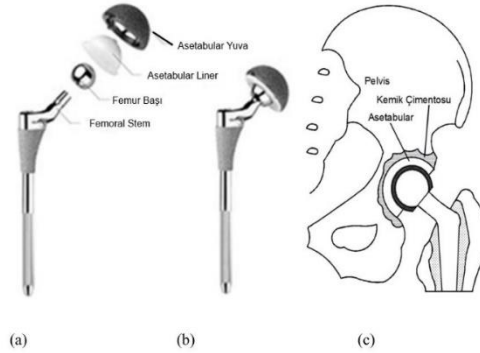
ettikleri sonuçları, matematiksel olarak hesaplanmış aşınma sonuçlarıyla karşılaştırarak modelin ve analizlerinin doğruluğunu kanıtlamışlardır (Zhang ve ark., 2017).

Bu çalışmada ise kalça protezlerinde metal-polietilen çifti olarak kullanılan Ti6Al4V-ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen bileşenlerinin aşınma özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın amacı; bu kalça protezi çiftine değişen katman sayılarında ve periyotlarda nitrür bileşikli seramik kaplamalar yapılarak, kaplamaların polietilenin aşınma özellikleri üzerine etkilerinin sonlu elemanlar yöntemiyle ANSYS programında analiz edilmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Total kalça artroplastisi (TKA) bileşenleri; (uyluk kemiği) femura sabitlenen stem, stem ucuna takılan doğal kemikteki femur başının yerini alan femur kafası, karşı tarafta ise femur kafasının içine girdiği asetabular liner bileşeni ve bu linere yataklık yapan kalça kemiğine çimentolu ya da çimentosuz sabitlenmiş asetabular bileşen olmak üzere dört parçadan oluşmaktadır. Bu bileşenlerin tek tek ve eklemlenmiş hali Şekil 1. 'de verilmiştir.



Şekil 1: Kalça Protezi bileşenleri a) Patlatılmış görüntüsü b) Montaj görüntüsü c) Eklemlenmiş görüntü  
Figure 1: Components of hip prosthesis a) Exploded b) Assembled c) Jointed image

Bu çalışmada, asetabular bileşen malzemesi olarak ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen kullanıldı. Femur başının, kaplamasız, tek tabakalı, çok tabakalı kaplanması ve çok tabakalı kaplamaların periyotlarının değiştirilmesi durumunda aşınma üzerindeki etkileri analitik olarak incelenmiştir. Analizlerde kullanılan total kalça implantı bileşenlerinin malzemeleri olarak Ti6Al4V alaşımı femur bileşeniyle ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen asetabular liner, yapılan literatür incelemelerine dayanarak uygulamada ki kullanım yaygınlıkları da dikkate alınarak seçilmiştir. Femur başı bileşenin tek tabakalı ve çok tabakalı kaplanmasında malzeme seçimi için ise literatürde yapılan çalışmalar dikkate alınarak yüksek aşınma direnci ve iyi korozyon dayanımı gibi özelliklerinden dolayı CrN ve TiN malzemeleri seçilmiştir (Li ve ark., 2006; Okumiya &

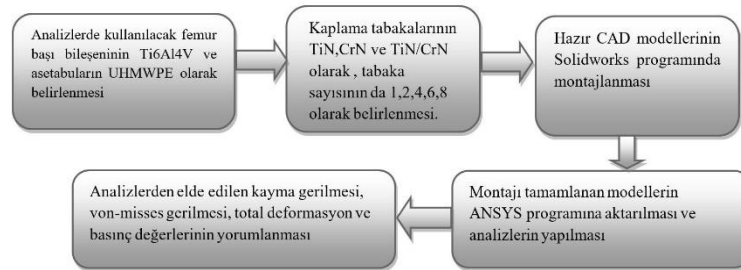
Griepentrog, 1999; Holleck&Schier,1995; Z.G. Zhang ve ark., 2009; Aihua ve ark., 2012; Hübler ve ark., 2001). TiN/CrN ve CrN/TiN periyodu ise, bu periyotla yapılan çok tabakalı kaplamalarda yüksek aşınma direnci ve yüksek sertliğinden dolayı tercih edilmiştir (Ou ve ark., 2016; Huang ve ark., 2013; Ou ve ark., 2015; Gallegos-Cantú ve ark., 2015). Analizlerde kullanılan malzemelere ait mekanik özellikler Çizelge 1.'de verilmiştir.

**Çizelge 1:** Analizlerde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri (Davim, 2013; Fahrenheitz,2014)  
*Chart 1: Mechanical Properties of materials which were used in the analyzes (Davim, 2013; Fahrenheitz,2014)*

Malzeme	Young Modülü(Gpa)	Poisson oranı
Ti6Al4V	110	0.342
TiN	590	0.25
CrN	290	0.22
UHMWPE	69	0.29

## 2.2 Metot

Bu çalışmada, Ti6Al4V alaşımından yapılmış femur başı ile eklenmiş ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen malzemesinden yapılmış asetabular bileşenin aşınması, sonlu elemanlar metoduyla yapısal analizi gerçekleştirilerek, kaplamaların aşınmaya etkilerinin nümerik analizi ANSYS ile araştırıldı. Çalışmanın organizasyon şeması Şekil 2.' de verilmiştir.



**Şekil 2:** Çalışmanın akış şeması  
*Figure 2: Flowchart of the study*

Ticari bir firmadan alınan analizlerde kullanılan femur- asetabular bileşenlerinin CAD modelleri Solidworks programına taşınarak burada montaj ilişkileri tanımlandı. Ardından elde edilen montajlı model ANSYS 2016 programının Workbench arayüzüne

yüklenildi. Ansys programında, kaplama analizlerinin yapılabilmesi amacıyla ACP (ANSYS Composite PrepPost) kompozit arayüzü kullanılarak, femur başı bileşeni üzerine belirli kalınlıklarda ve tabaka sayılarında katmanlama yoluyla kaplama yapıldı. Analizler için malzeme seçiminde izotropik malzeme seçimi yapılarak tüm kaplama tabakaları da dahil tüm malzemeler için bir elastikiyet modülü değeri ve poisson oranı kullanıldı. Daha sonra model programın Static Structural ara yüzüne aktarılıp burada 1 mm boyutunda meshleme işlemi yapıldı ve sabitleme noktaları belirlendi. Meşleme metodu polietilen bileşen için tetrahedrons, kaplanan parça için ise triangels metoduyla iki parçaya da farklı metotlarda iki farklı tipte meşleme yapıldı. İşlem sonucunda 67964 element sayısında, 101526 düğüm noktası oluşturularak analizler gerçekleştirildi. Şekil 3a.'da meshlemenin ekran görüntüsü Şekil 3b' de ise montajlanmış halde sabitleme noktalarının ekran görüntüleri verilmiştir. Analizler için asetabular bileşenden femur bileşenine doğru Y ekseninde aksenal olarak ISO 14242-2 standartına uygun olarak 800 N değerinde statik kuvvet uygulandı kuvvetin uygulanması şekil 3c'de görülebilmektedir.

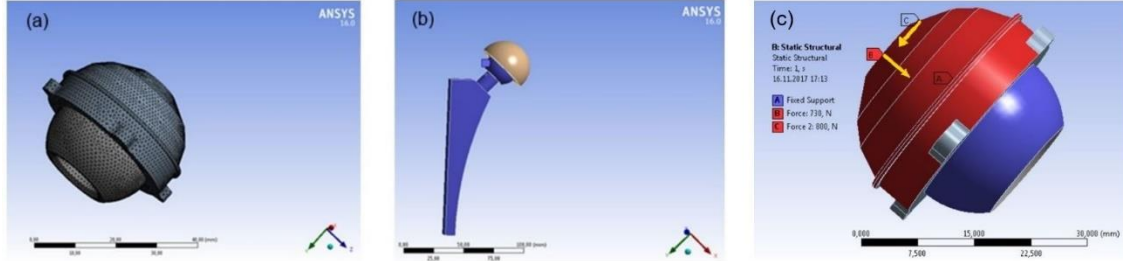
Uygulanan statik kuvvet altında asetabular bileşende meydana gelen kontak basıncı, kayma gerilmesi, Von-Mises gerilme değerleri ve toplam deformasyon değerleri elde edilerek; kaplama ve kaplama tabaka sırası ve sayılarının bu dört ayrı değere etkileri incelenilmiştir. Kaplamasız, TiN kaplamalı, CrN kaplamalı femur başlarının polietilen bileşende oluşturduğu yapısal özelliklerinin analiz sonuçları sırasıyla A1, A2, A3 olarak kodlanmıştır. Çok tabakalı kaplamalı TiN/CrN serilerinden oluşan femur bileşenlerinin polietilene etkilerinin analiz sonuçları periyot numaralarına göre B1, B2, B3 ve B4 olarak

**Çizelge 2:** Analiz kodları ve kaplama özellikleri  
*Chart 2: Codes of the Analyzes and properties of the coatings*

Kod	Kaplama Malzemesi	Kaplama kalınlığı(μm)	Kaplamanın periyodu
A1	Kaplamasız	-	-
A2	TiN	4	-
A3	CrN	4	-
B1	TiN/CrN	2/2	1
B2	TiN/CrN	1/1	2
B3	TiN/CrN	0.66/0.66	3
B4	TiN/CrN	0.5/0.5	4
C1	CrN/TiN	2/2	1
C2	CrN/TiN	1/1	2
C3	CrN/TiN	0.66/0.66	3
C4	CrN/TiN	0.5/0.5	4



kodlanmışken, kaplama dizini sırası değiştirilerek elde edilen CrN/TiN kaplamalarının periyotlarına göre polietilende oluşan analiz sonuçları ise C1, C2, C3 ve C4 olarak kodlanmıştır. Çizelge 2.'de analiz kodlamaları, malzemeleri, kalınlık ve periyotları görülmektedir.



Şekil 3: Modelin a) meşlenmiş b) sabitlenmiş montajlanmış ekran görüntüsü c) Kuvvetlerin uygulanması  
Figure 3: a) meshed b) fixed and assembled, screen image of the model c) Applying the forces

### 3. Bulgular ve Tartışmalar

#### 3.1. Kayma gerilmesi

Analizler sonucunda elde edilen maksimum kayma gerilmesi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Femur başının kaplanmadığı A1 analizi için ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilende meydana gelen kayma gerilmesi değeri 2.902 MPa olarak hesaplanmıştır. TiN kaplamalı A2 analizinde bu değer 0.879 MPa iken, CrN kaplamalı A3 için ise bu değer 0.942 MPa olarak elde edilmiştir. Kayma gerilmesi değerlerinin, A1 analizinden elde edilen sonuca kıyasla; tek tabaka kaplamalı A2 analizinde yaklaşık % 69 oranında , A3 analizinde ise yaklaşık %67 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 3: Kayma gerilmeleri analizleri sonuçları  
Chart 3: Results of Shear Stress Analyzes

Analiz	Kayma Gerilmesi (Mpa)	Analiz	Kayma Gerilmesi (Mpa)	Analiz	Kayma Gerilmesi (Mpa)
A1	2,9029	B1	0,92042	C1	0,88114
A2	0,87968	B2	0,62671	C2	0,84967
A3	0,94251	B3	0,60433	C3	0,58665
		B4	0,85467	C4	0,8182

Polietilenin, TiN/CrN kaplama sırasına sahip femur başı bileşeniyle etkileşimde olduğu B serisi numunelerinde kayma gerilmeleri değerleri B1, B2, B3 ve B4 analizleri için sırasıyla 0.920 MPa, 0.626 MPa, 0.604 MPa ve 0.854 MPa olarak hesaplanmıştır. Periyot sayısının 3 'ün üzerine çıkması durumunda sabit toplam kalınlıkta kayma gerilme değerinin tekrar artmaya başladığı görülmüştür.

CrN/TiN kaplama sırasına ait serisi numunelerde ise bu değerler yine C1, C2, C3, C4 analizleri için sırasıyla 0.881 MPa, 0.849 MPa, 0.586 MPa ve 0.818 MPa olarak hesaplanmıştır. Kullanılan kaplama nitrürlerinin sırası değiştirildiğinde de polietilende meydana gelen kayma gerilme değerlerinin kaplamasız femur başlı bileşenli polietilenin kayma gerilmesi değerine göre belirgin biçimde düştüğü görülmüştür.

B ve C serileri için kayma gerilmeleri değerleri karşılaştırıldığında, aynı tabaka sayısına sahip numuneler arasında 2 numaralı numuneler dışında CrN/TiN dizilimli C grubunun kayma gerilmesi değerlerinin daha düşük çıktığı görülmektedir.

Yapılan kayma gerilmeleri analizleri sonucunda kaplama yapılmasının ve kaplama tabaka sayısının belli oranda artırılmasının polietilen bileşende oluşan kayma gerilmesi değerlerini belirgin oranlarda düşürdüğü görülmüştür. Analizler incelendiğinde, B ve C serilerinin her ikisinde de kaplama tabaka sayısının 6 olduğu durumda en düşük kayma gerilmesi değerleri elde edilmiştir.

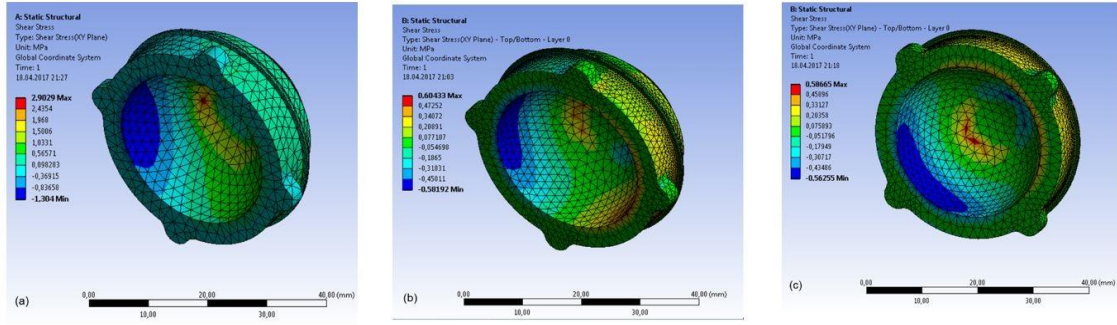
### 3.2. Von-Mises Gerilmeleri

Analizlerde elde edilen von-Mises gerilmeleri bu bölümde incelenmiş ve analizlerin sonuçları Çizelge 4. 'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kaplama yapılmamış femur başı ile eklemli polietilenin analizi A1 için elde edilen von-Mises eşdeğer gerilme değeri 6,593 MPa' dır. Tek tabaka TiN kaplamalı femur başı ile eklemli A2 için 1.866 MPa değerinde iken CrN kaplamalı A3 analizinde ise bu değer 1.999 MPa olarak hesaplanmıştır. Femur başına kaplama yapılmasıyla von-Mises değerlerinin kaplamasız duruma göre A2 için % 71 oranında, A3 için ise % 69 oranında düştüğü görülmüştür.

**Çizelge 4:** Von-Mises gerilmeleri analiz sonuçları  
Chart 4: Results of Von-Mises Stress analyzes

Analiz	Von – Mises (MPa)	Analiz	Von – Mises (MPa)	Analiz	Von – Misses (MPa)
A1	6,593	B1	1,866	C1	1,866
A2	1,866	B2	1,781	C2	1,799
A3	1,999	B3	1,718	C3	1,755
		B4	1,733	C4	1,732

Analizlerde polietilen bileşenlerde meydana gelen von-Mises eşdeğer gerilmelerinin ekran görüntüleri Şekil 4.' te verilmiştir. Şekiller incelendiğinde A1 numunesinde meydana gelen eşdeğer gerilme yuvarının iç kısmında belirli bir bölgede yoğunlaşmışken, kaplamanın etkisiyle diğer iki analizde de %70 oranlarında düşen değerlerle birlikte eşdeğer gerilme yuvarının içerisinde daha yayılı bir hal almış olup, maksimum değerler aldığı bölgelerin ise asetabular linerin tam çapı boyunca iç kısımlarında düzenli bir şekilde yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 4: von-Mises Gerilme Analizi Ekran Görüntüleri a) A1 b) A2 c) A3  
Figure 4: Screen images of von-Mises Stress Analyze of a) A1 b) A2 c) A3

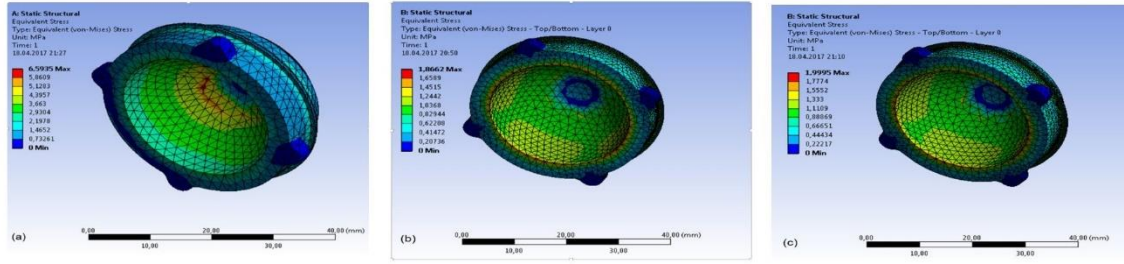
B serisi analizlerin sonuçları incelendiğinde, kaplamasız femurla eklemli A1 numunesine göre sıra ile B1, B2, B3 ve B4 için Von-Mises gerilmesi değerleri yaklaşık olarak %71, %73, %74 ve %73,5 oranlarında düştüğü belirlenmiştir. B serisi analiz sonuçları kendi içinde değerlendirildiğinde ise Von-Mises eşdeğer gerilme değerlerinin artan tabaka sayısı ile beraber 6 tabakaya kadar azaldığı görülmektedir. CrN/TiN kaplama periyotlu analizlerin olduğu C serisi numunelerde ise artan tabaka sayısına paralel olarak gerilme değerleri azalmıştır.

B serisi için en düşük von-Mises değeri 1,7181 MPa ile B3 analizinde elde edilirken C serisi için ise 1,7329 MPa değeriyle C4’ de elde edilmiştir. B ve C serileri karşılaştırıldığında ise elde edilen eşdeğer gerilme sonuçlarının aynı numaralı numuneler için çok yakın değerler olduğu gözle çarpılmaktadır.

### 3.3. Toplam Deformasyon

Analiz sonuçları incelendiğinde, A1 analizinde polietilen bileşende meydana gelen toplam deformasyon miktarı 3,976 µm olarak hesaplanmışken, A2 analizi sonucunda bu değer kaplamanın etkisiyle %57 oranında azaldığı görülmüş olup benzer şekilde A3 analizinde CrN tek tabakalı kaplamalı femur başıyla eklemli polietilenin deformasyon oranı da %68 azaldığı görülmektedir.

Şekil 5. ‘ de analizlerde elde edilen deformasyon sonuçlarının ANSYS ekran görüntüleri verilmiştir. A1 analizinde deformasyon bölgeleri yuvanın orta kısmından içeri doğru yayılmışken kaplama yapılmasının etkisiyle deformasyon yayılımı özellikle polietilen linerin çevresini saran kemer çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Deformasyonların bu bölgede yoğunlaşması burada kullanılan kemer sayesinde deformasyonların önlenmesini sağlayacaktır.



Şekil 5: Deformasyon analizi ekran görüntüleri a) A1 b) A2 c) A3  
Figure 5: Screen images of total deformation analyzes of a) A1 b) A2 c) A3

Çoklu tabakalı kaplamalı B grubunun sonuçları incelenildiğinde; TiN/CrN kaplamalı femur başıyla eklemli polietilenin analizi B1’de deformasyon oranı 1,691  $\mu\text{m}$  iken, bu değer B2 için 1,437  $\mu\text{m}$ , B3 için 1,386  $\mu\text{m}$  ve B4 için ise 1,57  $\mu\text{m}$  olarak hesaplanmıştır. Kaplama bileşenini ve toplam kalınlığını değiştirmeden tabaka sayısını değiştirmiş altı tabakalı kaplamaya kadar deformasyon oranının belirgin bir şekilde düştüğü, bundan sonraki sekiz tabakalı kaplamada ise bu oranın tekrar yükselmeye başladığı görülmüştür. Kaplamasız femur başının polietilen bileşende meydana getirdiği deformasyon oranı ile karşılaştırıldığında ise ciddi bir düşüşün olduğu görülmüştür.

C serisi için elde edilen deformasyon oranları incelendiğinde; B serisinde elde edilen sonuçlara benzer şekilde artan tabaka sayısı ile beraber 6 tabakaya kadar deformasyon miktarları azalmakta ve tabaka sayısı 8 olduğunda ise tekrar deformasyon miktarlarının artmakta olduğu görülmektedir. Bunun dışındaki serilerde çok fazla bir farkın olmadığı görülmüştür. Kaplama bileşenlerinin sırasının değiştirilmesi halinde de deformasyon oranının kaplamasız femur başına göre belirgin bir oranda düştüğü görülmüştür. En düşük deformasyon oranlarının elde edildiği B3 ve C3 analizlerinin sonuçları birbirine oldukça yakın değerlerde bulunmuştur. Analizlerden elde edilen toplam deformasyon oranları sonuçları Çizelge 5. de verilmiştir.

Çizelge 5: Toplam deformasyon analizi sonuçları  
Chart 5: Results of the total deformation analyzes

Analiz	Toplam Deformasyon ( $\mu\text{m}$ )	Analiz	Toplam Deformasyon ( $\mu\text{m}$ )	Analiz	Toplam Deformasyon ( $\mu\text{m}$ )
A1	3,976	B1	1,691	C1	1,699
A2	1,691	B2	1,437	C2	1,63
A3	1,812	B3	1,386	C3	1,353
		B4	1,57	C4	1,57

### 3.4. Basınç

Aşınma mekanizmasında etkili olan diğer bir parametre femur ile asetabular ara yüzündeki temas basıncıdır. Bu basınç değerinin artması durumunda UHMWPE ‘de aşınma derinliği ve sürtünme kuvvetleri artacağından yaptığımız analizlerde oluşan basınç değerlerinin aşınma üzerindeki etkisi bu başlıkta incelenmiştir. Analizler sonucu elde edilen kontak basınç değerleri Çizelge 6.’da verilmiştir.

**Çizelge 6:** Kontak basıncı analizi sonuçları  
Chart 6: Results of contact pressure analyzes

Analiz	Basıncı (MPa)	Analiz	Basıncı (MPa)	Analiz	Basıncı (MPa)
A1	4.593	B1	2.886	C1	2.862
A2	2.873	B2	2.863	C2	2.760
A3	3.078	B3	2.760	C3	2.826
		B4	2.680	C4	2.658

Kontak basınçları incelendiğinde kaplamasız femur başı A1 için basınç değeri 4.593 MPa olarak hesaplanmıştır. Kaplama yapılan A2 'de basınç değeri 2.873 MPa iken A3 'de bu değer 3.078 MPa olarak hesaplanmıştır.

B serisi için elde edilen sonuçlara bakıldığında zaman çizelge de görüleceği üzere tabaka sayısı arttıkça polietilende oluşan basıncında azaldığı görülmüştür. C serisi için elde edilen değerler incelendiğinde ise; en iyi basınç değerinin kaplama sayısının sekiz olduğunda elde edildiği diğer kaplama sayılarında ise genel bir yargıya ulaşılamadığı görülmüştür.

#### 4.Sonuç

Bu çalışmada kalça protezlerinde kullanılan metal-polietilen çiftinde metal femur başına sabit kaplama kalınlığında kaplama yapılması ve kaplama periyotlarının değiştirilmesi ile polietilen bileşende zamanla oluşan aşınmayı etkileyen faktörler sonlu elemanlar yazılımı olan ANSYS programında incelenmiştir.

Kontak basıncı analiz sonuçlarına bakılarak, kaplama yapılmasıyla düşen basınç değerlerinin birbiriyle temas halinde olan parçalar arasında sürtünme kuvvetlerini azaltacağından polietilen bileşende meydana gelecek aşınma hızını azaltacağı düşünülmektedir. Tabaka sayısının basınca etkileri, TiN/CrN periyotlu B serisinde artan tabaka sayısına ters orantılı olarak basıncın azaldığı ve böylelikle aşınma hızını görece düşük miktarlarda azaltacağı düşünülmektedir. CrN/TiN periyotlu seri için ise 6 tabakalı kaplama dışında benzer yorum yapılabilir. Lucia Mendizabal ve ark. saf Titanyum altlık malzemeler üzerine tekli ve çoklu tabakalı TaN kaplamaları HPPMS (Yüksek güçlü puls manyetik sıçratma) fiziksel buhar biriktirme yöntemiyle kaplama yaptıkları çalışma sonucunda; tribokorozyon testlerinde malzeme kaybını saf titanyum için 0,4 mm<sup>3</sup> iken çoklu tabakalı TaN kaplamalı numunede 1,55x10<sup>-3</sup> mm<sup>3</sup> ' e kadar düştüğünü tespit etmişlerdir (Mendizabal ve ark., 2015). Analizlerde elde edilen sonuçlar literatürde yapılmış çoklu tabakalı kaplama çalışmalarında elde edilen sonuçlarla tutarlılık göstermektedir (Hübler ve ark. 2001; Li ve ark., 2006).

Polietilen bileşende meydana gelen maksimum kayma gerilme analizleri sonuçları incelendiğinde, kaplama yapılmasının kayma gerilmelerini belirgin biçimde düşürdüğü görülmüştür. Kaplama tabaka sayısının ise analizlerden elde edilen sonuçlara göre 6 seçilmesi durumunda en düşük kayma gerilme değerleri verdiği görüldü. Maksimum kayma gerilmesi değerleri aşıldıktan sonra malzemede plastik şekil değişimi başladığından ve aşınma da bir tür plastik şekil değişimi olduğundan, çalışmada seçili

malzeme çiftinde femur başına kaplama yapılmasının polietilenin aşınma ömrünü artıracakı düşünölmektedir. Ortega Saenz ve arkadaşlarının bu kaplama periyoduyla yaptıkları çalışma sonucunda CoCr alaşımı altlık malzemenin aşınma dayanımının 28 kat azaldığını tespit etmiş olmaları bu bulguları destekler niteliktedir. Von-Mises gerilme analizleri ve toplam deformasyon analizi sonuçlarında bu gözlemleri desteklemektedir.

Çalışma sonucunda;

\*Yapılan nümerik analizlerin sonuçlarına dayanarak, total kalça protezlerinde kullanılan ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenle eklemli Ti6Al4V femur başı bileşenine kaplama yapılmasının polietilen aşınma hızını azaltacağı, elde edilen verilere dayanarak öngörülmektedir

\*Kaplama bileşenlerinin sırasının değıştirilmesinin (TiN/CrN veya CrN/TiN şeklinde) tek tabakalı kaplamada aşınma üzerinde belirgin bir etki yaratmayacağı düşünölmektedir

\*Çoklu tabakalı kaplama yapılmasının ise, analiz sonuçlarına dayanarak hem TiN/CrN ve hem de CrN/TiN serilerinde optimum 6 tabaka sayısında en iyi aşınma özellikleri sağlayacağı öngörülmektedir.

## Kaynakça

1. Aihua L, Jianxin D, Haibing C, Yangyang C & Jun Z (2012). Friction and wear properties of TiN, TiAlN, AlTiN and CrAlN PVD nitride coatings. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 31: 82–88
2. Bal B S, Khandkar A, Lakshminarayanan R, Clarke I, Hoffman A A & Rahaman M N (2008). Testing of silicon nitride ceramic bearings for total hip arthroplasty. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 87(2): 447-454
3. Cui W, Qin G, Duan J & Wang H (2017). A graded nano-TiN coating on biomedical Ti alloy: Low friction coefficient, good bonding and biocompatibility. *Materials Science and Engineering: C* 71: 520-528
4. Davim J P (2013). *Biomaterials and Medical Tribology*. Woodhead Publishing, UK
5. Fahrenholtz W G, Wuchina E J, Lee W E & Zhaou Y (2014). *Ultra-High Temperature Ceramics Materials for Extreme Environment Applications*. John Wiley & Sons, New Jersey
6. Gallegos-Cantú S, Hernandez-Rodriguez M A L, Garcia-Sanchez E, Juarez-Hernandez A, Hernandez-Sandoval J & Cue-Sampedro R (2015). Tribological study of TiN monolayer and TiN/CrN (multilayer and superlattice) onCo–Cr alloy. *Wear* 330-331: 439–447
7. Gilewicz A, Chmielewska P, Murzynski D, Dobruchowska E & Warcholinski B (2016). Corrosion resistance of CrN and CrCN/CrN coatings deposited using cathodic arc evaporation in Ringer's and Hank's solutions. *Surface and Coatings Technology* 299: 7-14

8. Good V, Widding K, Hunter G & Heuer D (2005). Oxidized zirconium: a potentially longer lasting hip implant. *Materials & Design* 26 (7) : 618-622
9. Hesketh J, Meng Q, Dowson D & Neville A (2013). Biotribocorrosion of metal-on-metal hip replacements: How surface degradation can influence metal ion formation. *Tribology International* 65: 128-137
10. Holleck H, Schier V (1995). Multilayer PVD coatings for wear protection. *Surface and Coatings Technology* 76-77: 328-336
11. Holzwarth U & Cotogno G (2012). Total hip arthroplasty- State of the Art, Challenges and Prospects, Publications Office of the European Union
12. Huang M D, Liu Y, Meng F Y, Tong L N & Li P (2013). Thick CrN/TiN multilayers deposited by arc ion plating. *Vacuum* 89: 101-104
13. Hübler R, Cozza A, Marcondes T L, Souza R B & Fiori F F (2001). Wear and corrosion protection of 316-L femoral implants by deposition of thin films. *Surface and Coatings Technology* 142-144: 1078-1083
14. Khanna R, Kokubo T, Matsushita T, Nomura Y, Nose N, Oomori Y & Takadama H (2015). Novel artificial hip joint: A layer of alumina on Ti-6Al-4V alloy formed by micro-arc oxidation. *Materials Science and Engineering: C*, 55: 393-400
15. Khanna R, Kokubo T, Matsushita T & Takadama H (2016). Fabrication of dense  $\alpha$ -alumina layer on Ti-6Al-4V alloy hybrid for bearing surfaces of artificial hip joint. *Materials Science and Engineering: C* 69: 1229-1239
16. Li D.J., Liu F, Wang M X, Zhang J J & Liu Q X (2006). Structural and mechanical properties of multilayered gradient CrN/ZrN coatings. *Thin Solid Films* 506– 507: 202 – 206
17. Lin Y T, Wu J S S & Chen J H (2016). The study of wear behaviours on abducted hip joint prostheses by an alternate finite element approach. *Computer methods and programs in biomedicine* 131: 143-155
18. Long M & Rack, H J (1998). Titanium alloys in total joint replacement—a materials science perspective. *Biomaterials* 19 (18): 1621-1639
19. McEntire B J, Bal B S, Rahaman M N, Chevalier J & Pezzotti G (2015). Ceramics and ceramic coatings in orthopaedics. *Journal of the European Ceramic Society* 35 (16): 4327-4369
20. Mckee GK & Ferrar J. W J (1996). *Bone Jt. Surg*, 48: 245
21. Mendizabal L., Lopez A., Bayón R., Herrero-Fernandez P., Javier Barriga J., Javier J. Gonzalez J.J. (2016). Tribocorrosion response in biological environments of multilayer TaN films deposited by HPPMS. *Surface and Coatings Technology* 295: 60-69.
22. Ortega-Saenz J A, Alvarez-Vera M & Hernandez-Rodriguez M A L (2013). Biotribological study of multilayer coated metal-on-metal hip prostheses in a hip joint simulator. *Wear* 301(1) : 234-242

23. Okumiya M & Griepentrog M (1999). Mechanical properties and tribological behavior of TiN–CrAlN and CrN–CrAlN multilayer coatings. *Surface and Coatings Technology* 112: 123–128
24. Ou Y X , Lin J, Che H L, Moore J J, Sproul W D & Lei M K (2015). Mechanical and tribological properties of CrN/TiN superlattice coatings deposited by a combination of arc-free deep oscillation magnetron sputtering with pulsed dc magnetron sputtering. *Thin Solid Films* 594:147–155
25. Ou Y X, Lin J, Tonga S, Sproul W D & Lei M K (2016). Structure, adhesion and corrosion behavior of CrN/TiN superlattice coatings deposited by the combined deep oscillation magnetron sputtering and pulsed dc magnetron sputtering. *Surface & Coatings Technology* 293: 21–27
26. Pakhaliuk V, Polyakov A, Kalinin M & Kramar V (2015). Improving the Finite Element Simulation of Wear of Total Hip Prosthesis' Spherical Joint with the Polymeric Component. *Procedia Engineering* 100: 539-548
27. Perumal G, Geetha M, Asokamani R & Alagumurthi N (2014). Wear studies on plasma sprayed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–40wt% 8YSZ composite ceramic coating on Ti–6Al–4V alloy used for biomedical applications. *Wear* 311(1): 101-113
28. Rahaman M N, Yao A, Bal B S, Garino J P & Ries M D (2007). Ceramics for prosthetic hip and knee joint replacement. *Journal of the American Ceramic Society* 90(7): 1965-1988
29. Silva M, Heisel C & Schmalzried T P (2005). Metal-on-metal total hip replacement. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 430: 53-61
30. Taylor M & Prendergast P J (2015). Four decades of finite element analysis of orthopaedic devices: where are we now and what are the opportunities?. *Journal of biomechanics* 48(5): 767-778
31. Zameer S, & Haneef M (2015). Fatigue Life Estimation of Artificial Hip Joint Model Using Finite Element Method. *Materials Today: Proceedings* 2(4-5): 2137-2145
32. Zhang J, Chen Z, Wang L, Li D & Jin Z A (2017). Patient-specific wear prediction framework for an artificial knee joint with coupled musculoskeletal multibody-dynamics and finite element analysis. *Tribology International* 109: 382-389
33. Zhang Z G, Rapaud O, Allain N, Mercs D, Baraket M, Dong C & Coddet C (2009). Microstructures and tribological properties of CrN/ZrN nanoscale multilayer coatings. *Applied Surface Science* 255: 4020–4026



## RFLP Yönteminin Parazitolojide Uygulama Alanları

Zeynep KOLÖREN<sup>1\*</sup> , Elif ÇİL<sup>2</sup> , Emine AYAZI<sup>1</sup> , Ülkü KARAMAN<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilgisi Eğitimi Bölümü, Ordu

<sup>3</sup>Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 14.04.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 19.09.2017)

### Öz

Restriksiyon endonükleazlar, çift iplikli kısa DNA dizilerini özgül bölgelerden keserek hedef gen bölgesinin çıkartılmasını sağlayan multifonksiyonel enzimlerdir. Moleküler makaslar olarak da bilinen bu enzimler tip-I, tip-II, tip-III ve homing endonükleazlar olmak üzere dört genel grupta incelenir. Bugün kullanılan enzimlerin çoğu tam hedef bölgeden kesim yapabilen ve özellikle klonlama çalışmalarında tercih edilen tip-II endonükleazlardır.

RFLP tekniği ise restriksiyon enzimleri kullanılarak DNA molekülünün farklı büyüklükteki fragmentlere ayrılması ve görüntülenmesi işlemidir. Rekombinat DNA elde edilmesinde, restriksiyon haritalarının oluşturulmasında, popülasyon polimorfizmlerinin belirlenmesinde ve genetik hastalıkların teşhisinde yaygın olarak kullanılan popüler bir yöntemdir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, protozoonların tanısında ve tür ayrımında da basit, hızlı ve güvenilir bir teknik olması nedeniyle sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** RFLP yöntemi, Parazitoloji, Restriksiyon endonükleazlar

## The Application Fields in Parasitology of RFLP Technique

### Abstract

Restriction endonucleases which cut the short double-stranded DNA sequence at their specific regions and remove the target genes from these regions are multifunctional enzymes. These enzymes also known as molecular scissors are examined including four general groups such as type I, type II, type III and homing endonuclease. Tip-II endonucleases that fully capable of cutting from the target zone are the most preferred enzymes in especially cloning studies. RFLP technique is the process for separation of different-sized fragment DNA molecule by using restriction enzymes. This technique is a popular method widely used for obtaining recombinant DNA, the creation of restriction map, identification of population polymorphism, the diagnosis of genetic diseases. In recent studies, this technique often has been preferred for diagnosis of protozoa and differentiation of species due to simple, fast and reliable a technique.

**Keywords:** RFLP technique, Parasitology, Restriction endonucleases

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: zeynep.koloren@yahoo.com

## Giriş

Restriksiyon endonükleazlar, çift iplikli kısa DNA dizilerini özgül bölgelerden tanıyan ve bu dizimler içindeki spesifik bölgelerden keserek, DNA'dan bir genin veya gen taşıyan DNA dizisinin çıkarılmasında etkin rol alan enzimlerdir (Bulut ve Doymaz 2001; Eroğlu 2008).

Büyük bir kısmı bakterilerden izole edilen bu enzimlere ait genlerin, kromozom veya plazmid DNA'sı üzerindeki modifikasyon genleri ile birlikte bulunması nedeniyle oluşan sistem restriksiyon modifikasyon sistemi olarak adlandırılmaktadır. Bakterilerin kendilerini yabancı DNA'dan korumak için kullandığı bu sistem; yabancı DNA'yı özgül bölgelerden kesen restriksiyon enzimleri ve kendi genomunun kesilmemesi için ona metil grupları ekleyen metilaz enzimlerinden oluşmaktadır (Murray 2000; Özcel 2009).

Bu metilasyon sitozin ve adenin üzerinde 4-metilsitozin, 5-metilsitozin, 5-hidroksimetilsitozin veya 6-metiladenin şeklinde olmaktadır (Bulut & Doymaz 2001). Bilinen bakterilerin yaklaşık yarısının restriksiyon modifikasyon sistemi vardır (Demirbağ 2008).

Arber ve Dussoix (1965) çalışmalarında, konak-kontrol restriksiyon modifikasyonunu açıklayabilmek için geliştirdikleri moleküler bir metotla, bazı bakteriyel suşların DNA'yı kesebilen endonükleazlara ve bu arada kendi DNA'larını koruyabilmek için, suş-spesifik modifikasyon sistemine sahip olduklarını ortaya koymuşlardır. İlk olarak, Arber ve Linn (1968) tarafından *EcoB* restriksiyon endonükleazların nükleaz aktivitesi gösterilmiştir. Aynı yıl Meselson ve Yuan *E. coli* K'da benzer bir enzimi elde etmişler ve daha sonraki yıllarda, bu enzimlerin tipI restriksiyon endonükleazlar belirlemiştir. 1970'de Smith ve arkadaşları 1970'de *HindII*'yi saflaştırıp, kesim ve tanıma bölgelerini karakterize etmişlerdir. Bu tarihten sonra pek çok restriksiyon enzimi saf olarak elde edilmiştir (Bulut & Doymaz 2001; Murray 2000; Özcel 2009).

## İsmlendirme

1970'li yıllardan bu yana çeşitli bakterilerden elde edilen binlerce restriksiyon enzimi, Smith ve Nathans tarafından belirlenen basit bir sisteme bağlı olarak isimlendirilir. Bu sisteme göre; önce enzimin elde edildiği bakteri cinsinin ilk harfi, daha sonra bakteri türünün ilk iki harfi ve son olarak da soya ait bir harfle ilk izolasyondan başlayarak romen rakamı ile enzimin izolasyon sırası belirlenip adlandırılma yapılmaktadır. Enzimlerin isimleri, yalnızca enzimlerin orijinleri hakkında bilgi vermekte, kestiği dizilimler hakkında bilgi sağlamamaktadır (Demirbağ 2008). Restriksiyon endonükleazların isimlendirilmesi **Tablo 1.**'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Restriksiyon endonükleazların isimlendirilmesi

<i>EcoRI</i> adının türetilmesi		
<i>E</i>	Cins (genus)	<i>Escherichia</i>
<i>co</i>	Tür (species)	<i>coli</i>
R	İrk (strain)	RY 13
I	Bu türden elde edilen ilk restriksiyon enzimi	

### Sınıflandırma

Restriksiyon endonükleazlar; metilaz aktivitelere, alt ünite yapılarına, kesim özgüllüklerine ve kofaktör ihtiyaçlarına göre tip I, tip II, tip III ve homing endonükleazlar olmak üzere 4 genel grupta sınıflandırılırlar. Hepsi ayrı ayrı hem restriksiyon (kesme) hem de modifikasyon (metilasyon) aktivitesi gösterebilen multifonksiyonel (iki fonksiyonlu) enzimlerdir (Demirbağ 2008).

Tip I ve tip III restriksiyon endonükleazlar, tanıma sekanslarına bağlanmalarına rağmen, kesimlerini sekans dışında gerçekleştirirler. Bunun sonucu olarak da tesadüfi kesme motifleri oluşturduklarından gen klonlama çalışmaları için kullanışlı değildirlir. Tip II restriksiyon endonükleazlar ise genomda iki yönlü simetri oluşturan palindromik dizileri tanıyan ve bu dizilimler içindeki özel bölgelerden kesim yapan homodimerik enzim grubudur. Tam hedef bölgeden kesim yapabilme özellikleri nedeniyle de gen klonlama ve moleküler biyoloji çalışmaları için kullanılan ve izole edilen restriksiyon endonükleazların büyük bir çoğunluğu bu grupta yer almaktadır. Ayrıca tip II endonükleazlar, DNA dizisi üzerinde meydana getirdikleri kesim sonucu 5' ve 3' yönlerinde oluşan uçların motiflerine göre kabaca iki alt gruba ayrılmaktadır. Bunlardan *EcoRI* ve *BamHI* gibi enzimler bağlandıkları dizi üzerinde asimetric (zigzaglı) kesim yapabilirler. Asimetric kesim sonucunda oluşan tek zincirli komplementer uçlar ile aynı tanıma dizisine sahip farklı DNA fragmenti üzerinde oluşan tek zincirli komplementer uçlar birbirlerine hidrojen bağı ile bağlanabildiklerinden bunlara yapışkan (sarkık/kohesif) uçlar denir. Yapışkan uç oluşturan enzimlerin ligasyon yeteneği oldukça yüksek olduğu için klonlama çalışmalarında daha fazla tercih edilmektedir. *SmaI* ve *EcoRV* gibi diğer tip II endonükleazlar ise bağlandıkları çift zincirli dizi üzerinde simetric kesim yaparak küt (blunt) uçların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak da DNA'nın kesilen uçlarında komplementer dizi bulunmadığından ligasyon yeteneği oldukça düşüktür ve klonlama çalışmaları için tercih edilmemektedirler. Homing endonükleazlar ise diğer endonükleazlardan farklı olarak daha az tanıma özgüllüğü

göstermekte ve tanıma bölgelerindeki tek baz değişimini tolere edebilmektedirler (Bulut & Doymaz 2001; Demirbağ 2008; Allison 2014).

### **Genel bilgiler**

DNA tanıma bölgesi ve katalitik alan olmak üzere iki fonksiyonel alt birimden oluşan restriksiyon endonükleazlar, çift zincirli DNA'ya tanıma bölgelerinden bağlanabildikleri gibi tanıma bölgelerinin dışında bir yere gevşek bir şekilde de bağlanabilmektedirler. Tanıma sekansı dışında bağlanma gösteren enzimler çizgisel DNA boyunca kayma hareketi gösterirken DNA ile enzim arasında meydana gelen boşlukları su molekülleri doldurmaktadır. DNA tanıma bölgesi spesifik bağlanma bölgesini bulduğu zaman katalitik alanı buraya sıkıca yerleştirmekte ve su molekülleri uzaklaştırılmaktadır. Tanıma sekansına yerleşen katalitik alanın heliksin fosfodiester bağlarını kırmasıyla ortamda oluşan ısı hareketinden doğan enerjiyle de hidrojen bağları kendiliğinden kırılmakta ve endonükleaz aktivitesi ile zincir kesilmektedir (Allison 2014).

### **Restriksiyon Endonükleaz Enzimlerinin Reaksiyon Şartları**

Enzimler uzun süre saklanırken yada çalışma sırasında her enzim için aynı olmayan optimal şartlara ihtiyaç duymaktadır. Restriksiyon endonükleazların başarısını etkileyen bu önemli parametrelere, pH, Mg<sup>2+</sup>, metal iyonlarının varlığı (Mn<sup>2+</sup>), BSA, gliserol ve etanol gibi maddelerin bulunması ve kesilen DNA ile enzim arasındaki ilişkiler örnek olarak verilebilir. Ayrıca çoğu enzim maksimum aktivitesini 37°C de gösterirken bazı enzimler daha düşük ya da daha yüksek sıcaklıkta aktivite göstermektedir. Bu durum genellikle enzimlerin izole edildikleri bakterilerin üreme özellikleri ile ilgilidir (Demirbağ 2008).

### **RFLP Nedir?**

Restriksiyon enzimleri kullanılarak DNA molekülünün farklı büyüklükteki fragmentlere ayrılması ve elde edilen DNA parçalarının jel elektroforez tekniği ile görüntülenmesi işlemi RFLP (Restriksiyon Fragment Length Polymorphism/Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi) olarak adlandırılır. İlk restriksiyon haritası Simian Virüs 40 (SV40) DNA'sının *HindIII* enzimi ile kesilmesi sonucu oluşturulmuş ve analiz sonucunda elde edilen 11 özgül parça sayesinde virüs DNA'sı üzerinde biyolojik öneme sahip bölgeler belirlenebilmiştir. Bu çalışma ile birlikte RFLP tekniği ökaryotik hücre genom analizlerinde ve birçok genetik hastalığın tanı ve tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır (Klug et al 2011; Özerdem 2009; Yağcı 2001).

RFLP tekniği uygulaması kolay bir yöntem olmasına rağmen çalışılan gen bölgesine uygun enzimin seçilmesi çok önemli bir basamaktır. Çalışılan bölgeye uygun olmayan enzim kullanıldığında çok sayıda ya da birbirine çok yakın bantlar görülebilir. Bu durumda da meydana gelen bantların sayısı ve büyüklükleri arasında kıyaslama yapmak ve değerlendirmek mümkün olmayabilir. Bu amaçla, çalışılan organizmaya göre elde

edilen PZR ürünlerini belirli bölgelerden kesen enzimlere, restriksiyon enzimlerine ait bilgilerin değerlendirilmesinde kullanılan birçok program mevcuttur. Örneğin, pDRAW32 programı kullanılarak amplifiye edilmesi düşünülen bölgenin baz dizilimi bu programa yapılandırılarak enzimlerin hedef gen bölgesini kesip kesmedikleri kontrol edilebilir. Böylece seçilen organizmaya ait hedef gen bölgesinde kullanılacak restriksiyon enziminin seçiminde yapılacak hata azaltılmış olur. Her bir test için mutlaka pozitif ve negatif kontroller kullanılmalıdır. RFLP tekniği uygulandıktan sonra elde edilen ürünler baz uzunluğuna uygun por çapına sahip agaroz jelle yüklenip, ethidium bromidle boyandıktan sonra jel elektroforezde yürütülerek, UV ışık altında görüntülenmektedir. Elde edilen RFLP ürünleri -20°C'de kullanılıncaya kadar saklanabilmektedir.

### **Restriksiyon Endonükleazlar Nerelerde Kullanılır?**

Restriksiyon endonükleaz enzimlerinin 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanmasıyla birlikte Rekombinant DNA teknolojisinin ilk adımları atılmıştır. Rekombinant DNA, doğada kendiliğinden oluşması mümkün olmayan farklı türlerden elde edilen DNA moleküllerinin restriksiyon endonükleaz enzimleri ile kesilmesi sonucunda elde edilen DNA fragmentlerinin DNA ligaz enzimi ile birleştirilmesi sonucunda üretilen yeni DNA molekülüdür. Özellikle klonlama çalışmalarında sıklıkla kullanılan bu yöntem sayesinde seçilen hedef gen bölgesinin çoğaltılması, genin kodladığı proteinin üretilmesi ve DNA sekansının belirlenmesi mümkün kılınmıştır (Campell et al 2010; Yağcı 2001).

Rekombinant DNA molekülü elde edebilmek için önce, doku ya da hücrelerden izole edilen DNA molekülü üzerinde istenilen özelliklere sahip gen bölgesi belirlenmektedir. Daha sonra türe özgü kesici enzimler kullanılarak bu hedef gen bölgesi kesilip DNA fragmentleri elde edilmektedir. Aynı restriksiyon enzimi ile kesilen farklı türe ait DNA fragmentleri ile hedef gen bölgesini taşıyan DNA fragmentleri invitro ortamda DNA ligaz enzimi yardımıyla birleştirilerek rekombinant DNA molekülü elde edilmektedir. İstenilen özelliklere sahip bu rekombinant DNA molekülü vektör olarak adlandırılan diğer DNA moleküllerine eklenerek konak hücreye sokulmaktadır. İstenilen özelliklere sahip bu vektör DNA konak hücrede, konak genomunun replikasyonundan bağımsız olarak replike olabilmektedirler. Böylece yeni oluşturulan rekombinant DNA molekülleri konak hücre içinde klon adı verilen özdeş kopyalar halinde üretilmektedir (Allison 2014; Campell et al 2010).

Restriksiyon haritası, klonlanmış bir DNA parçası üzerindeki restriksiyon enzimi kesim bölgelerinin sayısını, sıralanışını ve aralarındaki uzaklıklar hakkında bilgi sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Yağcı 2001). Klonlanmış DNA molekülü içeren karışıma restriksiyon enzimleri eklenerek DNA dizisinin küçük parçalara ayrılması sağlanır ve daha sonra elde edilen restriksiyon parçaları jel elektroforezi ile büyüklüklerine göre ayrıştırılır. Jelde görüntülenen bantların sayısı ve uzunluklarına göre teorik modeller oluşturulur. Bu modeller oluşturulurken klonlanmış DNA molekülü restriksiyon enzimleri ile tek tek ve iki enzim ile birlikte kesilerek oluşturulur. Modeller çift enzim kesim sonuçlarına göre test edilir ve tahmini parçaların büyüklükleri ile jelde görüntülenen parçaların büyüklükleri karşılaştırılarak yorum yapılır. Bu sayede harita

boyunca farklı uzunluklara sahip DNA fragmentlerinin arasındaki uzaklıklar ölçülebilir (Allison 2014; Yağcı 2001).

Bu haritalar sayesinde DNA'nın kodlanmayan bölgelerinde görülen polimorfizmler belirlenebilmektedir. Bazen bir polimorfizm restriksiyon endonükleaz enzimlerinin kesim bölgelerinde meydana gelmekte ve enzimin tanıdığı palindromik diziyi bozmaktadır. Böylece restriksiyon endonükleazın tanıma dizisinde meydana gelebilecek mutasyonal bir değişim, verilen baz çifti bölgesinin kesilmesini önleyecektir. Örneğin: GAATTC tanıma dizisi *EcoRI* tarafından kesilir ama GTATTC kesilmez. Polimorfik bölge, palindromik diziyi bozduğu için tanıma sekansına bağlanamayan enzim kesim yapamaz ve DNA parçasının uzunluğu kesilen fragmentlere göre büyük olur. Bu büyük DNA parçası meydana gelen mutasyonu tespit etmede kullanılır (Allison 2014; Çimen 2010).

RFLP tek nokta mutasyonu gibi genetik hastalıkların tanısında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Nükleotit dizisinde herhangi bir nokta mutasyonları ile meydana gelen restriksiyon tanıma noktalarındaki değişikliği bu yöntemle tespit etmek mümkündür. Hedef gen bölgesi üzerinde mutasyona uğramış nükleotit dizisi uygun primerler kullanılarak PZR reaksiyonu ile amplifiye edilir ve daha sonra mutasyonlu bölgeyi kesebilecek bir enzim seçilerek değerlendirme yapılmaktadır. Örneğin: Orak hücre anemisi hastalarında, hemoglobinin bir polipeptit zincirini sentezleyen  $\beta$ -globin geninde meydana gelen bir nokta mutasyonu (GAG→GTG) sonucunda gendeki *MstII* enziminin tanıma bölgesinden birinin dizisi bozulmaktadır. Kalıp DNA zincir üzerindeki tek bir nükleotiddeki değişime anormal protein üretilmesine neden olmaktadır. Hasta bireyin genomik DNA'sı *MstII* enzimi ile kesildiğinde 1,35 kb'lık DNA fragmenti oluştururken, normal bireylerin genomik DNA'sı 1,15 kb'lık DNA fragmenti oluşturmaktadır (Allison 2014, Yağcı 2001).

### **RFLP Tekniği Kullanılarak Parazitoloji Alanında Yapılan Bazı Örnek Çalışmalar**

*Nosema* türlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmada türe özgü primerler kullanarak çoğaltılan 16S rRNA'nın 400 bp'lik bölgesine *PacI*, *NdeI* ve *MspI* restriksiyon enzimlerini kullanarak PZR-RFLP tekniğini uygulanmıştır. Sonuç olarak; *PacI* enziminin sadece *N. ceranae*'nin, *NdeI* enziminin sadece *N. apis*'in, *MspI* enziminin ise *N. ceranae*, *N. apis* ve *N. bombi*'nin elde edilen PZR ürünlerini kestiği ve PZR-RFLP tekniğinin *Nosema* türlerinin sebep olduğu hastalıkların teşhisinde ve hastalığa neden olan türlerin ayırımında, oldukça hızlı ve güvenilir bir yöntem olduğu tespit edilmiştir (Klee et al 2007).

Brezilya'nın Sao Paulo eyaletinde serebral toxoplazmosisli AIDS hastalarında multilokus PZR-RFLP markırları kullanılarak *Toxoplasma gondii*'nin varlığı araştırılmıştır. Serolojik yöntemlerle pozitif 87 serebral toxoplazmozis tanısı konulan örneklerde 4 hedef gen (5'-SAG2→*Sau3AI*, 3'-SAG2 →*HhaI*, SAG3 →*NciI*, GRA6 →*MseI*) seçilerek PZR ile çoğaltılmış ve restriksiyon enzimleriyle kesime tabi tutulmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda 4(%4) hasta *Toxoplasma* tip-I, 13(%15) hasta tip-III ve 6 hastanın ise *Toxoplasma* tip-I ve tip-II tarafından enfekte edildiği tespit edilmiştir (Ferreira et al 2008).

Moğalistan Tuv-aimak bölgesinde *Cryptosporidium* ookistleri varlığı açısından 460 örnek IFT metodu ile incelenmiştir. Sığırlarda 116 *Cryptosporidium* ookisti bulunduğudur. IFT ile pozitif bulunan 116 örneğin, 47'si IMS yöntemiyle saflaştırılmış ve 11 tanesi PZR ile pozitif olarak bulunmuştur. SSU rRNA gen bölgesinde Nested PZR ile çoğaltılmış ve elde edilen PZR ürünleri *VspI*, *SspI* ve *MboII* enzimleri kullanılarak kesilmiştir. Örneklerin sekans analizinde iki örnekte yaygın enfeksiyon *C. bovis* ve *C. andersoni* varlığını göstermiştir. Koyun ve keçilerden toplanan dışkı örneklerinin hiçbirinde *Cryptosporidium* ookisti bulunmamıştır (Burenbaatar et al 2008).

Singapur'da çeşitli hastanelerden alınan ve 276 fekal örnekte *Blastocystis* tanısı konulan izolatlar arasındaki alt tip-3'ün varlığı araştırılmıştır. İki farklı primer seti ile 18S rRNA gen bölgesi çoğaltılmıştır. *AluI*, *HindI* ve *RsaI* enzimleri kullanılarak kesim yapılmış, %3'lük agarda yürütülerek görüntülenmiştir. 276 örnekten 9 örneğin (%3.3) *Blastocystis* ile enfekte olduğu tespit edilmiştir. Pozitif sonuç veren 9 örneğin 7'sinin alt tip-I, 2'sinin alt tip-II, alt tip-III 'ün ise baskın genotip olduğu belirlenmiştir (Wong et al 2008).

Güneybatı Nijerya'daki 4 beyaz Fulani sürüsünden rastgele seçilmiş 12-24 haftalık 4 ishalleri buzağında *Cryptosporidium* spp.'nin varlığını tespit etmek için SSU rRNA gen bölgesine PZR ve RFLP analizleri yapılmıştır. Örneklerin 34 tanesi (%52.3) *Cryptosporidium* için pozitif sonuç vermiştir. PZR ürünlerinin RFLP analizleri sonucunda, *SspI* ve *MboII* enzimleri kullanılarak 18 örnek (%27.7) *C. bovis*, 5 örnek *C. ryanae* için pozitif sonuç vermiştir (Ayinmode et al 2010).

Brezilya, Sao Paulo eyaletinde köpeklerden toplanan 300 fekal örnek mikroskopik olarak incelendikten sonra pozitif örneklere DNA izolasyonu yapılmıştır. SSU-rDNA ve *GDH* gen bölgeleri PZR ile çoğaltılmış ve elde edilen PZR ürünleri *NlaIV* enzimi ile kesime tabi tutulmuştur. PZR tekniğiyle pozitif olarak bulunan 36 örneğin 20 tanesi *Giardia duodenalis* grup A, 11 tanesi grup D, 5 tanesi de grup C-D karışık kombinasyonlarında bulunmuştur (Silva et al 2012).

Batı Fransa' da henüz süttten kesilmemiş 2-21 aylık buzağılardan *Cryptosporidium* türlerini genetik karakterizasyonu belirlemek için 182 fekal örnek toplanmıştır. DNA izolasyonları yapıldıktan sonra 18S rRNA geni PZR yöntemiyle çoğaltılmıştır. PZR ürünleri *SspI* ve *MboII* enzimleri ile kesilerek *Cryptosporidium* türlerini genetik karakterizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 84 pozitif örneğin 61'i RFLP analizi ile başarılı bir şekilde genotiplendirilmiştir. Bunlardan 14 tanesi *C. parvum*, 15 örnek *C. bovis*, 22 örnek *C. ryanae*, 10 örnekte ise *C. bovis* ve *C. parvum* karışık kombinasyonlarda tespit edilmiştir (Rieux et al 2013).

Morfolojik olarak ayırt edilemeyen 3 farklı *Entamoeba* türünün (*E. histolytica*, *E. dispar* ve *E. moshkovskii*) teşhis edilmesinde PZR-RFLP yöntemi kullanılarak türler arasındaki farklılık gösterilmiştir. *E. dispar* (Accession# AB282661), *E. histolytica* (NCBI Accession# AB608092) ve *E. moshkovskii* (Accession# AF149906) numaralı 18S rRNA gen bölgeleri (867 bp) PZR tekniği ile çoğaltılarak *DdeI* ve *HinfI* enzimleriyle kesime tabi tutulmuştur. Bu çalışma sayesinde amebiazise neden olan *E.*

*histolytica* türünün doğru teşhis edilmesinde PZR-RFLP tekniğinin yararlı olabileceği tespit edilmiştir (Fontecha et al 2015).

İran’da yapılan bir çalışmada, çocuklarda *Cryptosporidium* enfeksiyonunun varlığını belirlemek için 12 yaşından küçük diyareli çocuklardan toplanan dışkı örnekleri asit-fast boyama yöntemiyle incelenmiş ve pozitif örnekler DNA izolasyonu uygulanmıştır. Daha sonra TRAP-C2 geni türe özgül primerler kullanılarak Nested PZR yöntemiyle çoğaltılmış 12 örnek pozitif olarak tespit edilmiştir. Elde edilen ürünlere (266-366 bç) *BstEII* ve *HaeIII* enzimleri kullanılarak RFLP tekniği uygulanmıştır. Nested-PZR amplifikasyonu sonucunda pozitif bulunan 12 örneğinin 10 tanesi *C. parvum* (%83.3), 1 tanesi *C. hominis* (%8.3) ve 1 izolatta miks enfeksiyon olduğu görülmüştür (Mojarad et al 2011).

İzmir’de tıp fakültesine başvuran hastalarda *Cryptosporidium* spp.’nin belirlenmesi ve tür ayrımının yapılması için 162 ishali dışkı örneğinden DNA izolasyonu yapılmıştır. Kinyoun asit-fast yöntemiyle pozitif olarak belirlenen 18 örneğin 15’i PZR yöntemi ile de pozitif olarak bulunmuştur. Boyama yöntemiyle pozitif saptanmayan 144 örneğin 6’sı ise PZR ile pozitif sonuç vermiştir. Daha sonra COWP gen bölgesine ait PZR ürünlerinin *RsaI* enzimiyle kesilimi sonucunda 1 örnek *Cryptosporidium meleagridis*, 20 örnek ise *Cryptosporidium parvum* olarak tespit edilmiştir (Usluca & Aksoy 2011). Manisa’da yapılan bir çalışmada *Giardia lamblia* izolatlarına ait gen bölgesi PZR-RFLP tekniği ve sekans analizi ile araştırılmış ve saptanan genotipler ile hastalardaki klinik semptomlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Hastalardan elde edilen 63 DNA örneğinin 54’üne *Xho I* restriksiyon enzimi kullanılarak RFLP analizi uygulanmış ve 54 örneğin 38’inin (%70.37) A, 16’sının ise (%29.63) B genotipine ait olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak *G. lamblia*’ya ait *Tpi* gen bölgesi üzerinde A ve B (B1 ve B) genotiplerine özgü bölgeler tespit edilmiştir (Balcıoğlu et al 2012).

Kars yöresinde *Cryptosporidium parvum* subtiplerini belirlemek için yapılan bir çalışmada, sığırlardan elde edilen 13 adet (10’u buzağı, 3’ü inek) *C. parvum* izolatına DNA izolasyonu yapılmıştır. Primer ve sekonder PZR ile GP60 gen bölgesi çoğaltılmış ve sekonder PZR ürünleri *SspI*, *VspI* ve *MboII* restriksiyon enzimleri ile kesilerek RFLP analizi uygulanmıştır. Daha sonra sekans analizi yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre; *Cryptosporidium parvum*’un IIA (12/13) ve IID (1/13) subtip familyası ile IIA15G2R1 (10/13), IIA16G3R1 (2/13) ve IID15G1 (1/13) subtipleri tespit edilmiştir. Buzağılarda *C. parvum* IIA15G2R1 (9/10), IIA16G3R1 (1/10), ineklerde *C. parvum* IIA16G3R1 (2/3) ve IID15G1 (1/3) subtipleri belirlenmiştir. İshali buzağılarda *C. parvum* IIA subtip familyası (8/8) ve IIA15G2R1 (7/8) subtipi yaygın olarak saptanmıştır. Sonuç olarak Türkiye’de sığırlarda *C. parvum* subtipleri ilk defa bu çalışma ile bildirilmiştir (Arslan & İtik Ekinci 2012).

Ankara’da yapılan bir olgu sunumunda *Leishmania infantum*’un varlığını tespit etmek için 64 yaşındaki erkek hastanın parmağında görülen yara dokusundan alınan materyal Giemsa ile boyanarak incelenmiştir. NNN besiyerinde *Leishmania* promastigotları üretilmiş ve DNA izolasyonu yapılmıştır. Türe özgül primerler kullanılarak PZR yöntemiyle çoğaltılan 420 bç bölgeye RFLP tekniği uygulanmış ve hastalık etkeninin etken *L. infantum* olduğu tespit edilmiştir (Dinçer et al 2012).



Samsun ve Giresun illerinde yapılan çalışmada ise *G. intestinalis*'in sudaki varlığı tespit etmek için 420 çevresel, 120 içme suyu örnekleri toplanmıştır. Mikroskopik incelemelerden sonra pozitif saptanan örnekler DNA izolasyonu uygulanmıştır. *G. intestinalis*'in GDH gen bölgesi, Semi Nested PZR yöntemiyle çoğaltılmış ve pozitif olduğu belirlenen 30 örneğe ait PZR ürünleri *NlaIV* restriksiyon enzimi ile Read ve ark.(2004)'nın (26) uyguladıkları protokol kullanılarak kesilmiştir. PZR-RFLP tekniği uygulanan örneklerin hepsinin kesim sonucunda 123 bç ve 291 bç'lik gen ürünlerinin gözlenmesi *Giardia* pozitif örneklerin BIII ve BIV alt gruplarına ait olduğunu tespit edilmiştir (Seferoğlu 2014).

## Sonuç

RFLP ilk DNA profillemeye tekniği olup maliyeti oldukça düşüktür. Bilim alanındaki kabul edilebilirlik oranı ve popüleritesi oldukça yüksek olup kullanımı çok yaygındır. RFLP tekniği ile PCR ürününün DNA sekansı yapılmadan popülasyon ve türlerdeki; genetik varyasyon değerleri hesaplanarak mevcut gen kaynakları tespit edilebilir, soy ağacı oluşturularak genetiksel açıdan benzerlikleri hesaplanabilir. Morfolojik olarak birbirine çok benzer türlerin ayırımında kullanılarak moleküler taksonomiye katkı sağlar. Her ne kadar DNA sekans analizlerinin tercih edilmesi bu yöntemin kullanımını azalmasına neden olsa da, basit, hızlı ve güvenilir bir metot olması nedeniyle hala birçok araştırmacı tarafından özellikle rutin tetkiklerin yapıldığı laboratuvarlarda ekonomik ve zaman kazancı göz önüne alınarak tercih edilmektedir.

## Kaynakça

1. Allison L A (2014). Temel moleküler biyoloji (Çeviri Ed: Prof. Dr. Ali Osman Beldüz), Palme Yayıncılık, Ankara
2. Arslan Ö M & İtik Ekinci A 2012. Kars Yöresinde Sığırlarda *Cryptosporidium parvum* Subtiplerinin Belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 18: (Suppl-A): A221-A216
3. Ayinmode A B, Olakunle F B & Xiao L 2010. Molecular characterization of *Cryptosporidium* spp. In native calves in Nigeria. Parasitology Research, 107: 1019-1021
4. Balcioglu, C, Tetik A., Turgay N, Kurt O, Ergunay K, Ozensoy Toz S, Sevil N, Dağcı H, Tetik A, Yereli K & Ozbilgin A (2012). Genotyping of *Giardia lamblia* in a Cohort of Turkish Patients: A Search for a Relationship between Symptoms and Genotypes. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 18: (Suppl-A): A125-A131
5. Bulut Y & Doymaz MZ (2001). Uygulamalı moleküler Biyoloji. (Ed: Durmaz R), Restriksiyon endonükleaz enzimleri ve mikrobiyolojideki önemi, Nobel Tıp Kitapevi, Ankara s. 109-122
6. Burenbaatar B, Bakheit M A, Plutzer J, Suzuki N, Igarashi I, Ongerth J, & Karanis P (2008). Prevalence and genotyping of *Cryptosporidium* species from farm animals in Mongolia. Parasitology research, 102(5): 901-905

7. Campbell N A, Reece J B, Urry L A, Cain M L, Wasserman S A, Minorsky P V, & Jackson R B 2010. Biyoloji (Çeviri Ed: Prof. Dr. Ertunç Gündüz, Prof Dr. İsmail Türkan) Palme Yayıncılık, Ankara
8. Çimen C 2010. Sitogenetik ve moleküler tekniklerin klinikte uygulama alanları. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne
9. Demirbağ Z (2008). Genetik Mühendisliği. Trabzon s. 43-55
10. Dinçer D, Arca E, Koç E, Topal Y, T Özkan A & Çelebi B 2012. Ülkemizin Endemik Olmayan Bir İlinde (Ankara) Saptanan *Leishmania infantum*'a Bağlı Bir Kütanöz Leyşmanyazis Olgusu. Mikrobiyoloji Bülteni, 46(3):499-506
11. Eroğlu F (2008). Kutanöz leyişmanyozlu hastalarda etken türlerin PCR-RFLP yöntemi ile tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana
12. Ferreira I M, Vidal J E, Costa-Silva T A, Meira C S, Hiramoto R M, de Oliveira A C P & Pereira-Chiocola V L (2008). *Toxoplasma gondii*: Genotyping of strains from Brazilian AIDS patients with cerebral toxoplasmosis by multilocus PCR-RFLP markers. Experimental parasitology, 118(2): 221-227
13. Fontecha G A, Garcial K, Rueda M M, Sosa-Ochoa W, Sanchez A L & Leiva B 2015. A PCR-RFLP method for the simultaneous differentiation of three *Entamoeba* species. Experimental Parasitology, 151, 80-83
14. Klee J, Besana AM, Genersch E, Gisder S, Nanetti A, Tam D Q, Chinh T X, Puerta F, Ruz J M, Kryger P, Message D, Hatjina F, Korpela S, Fries I & Paxton R J 2007. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. Journal of Invertebrate Pathology, 96: 1-10
15. Klug W S, Cummings M R & Spencer, C A (2011). Genetik kavramlar, (Çeviri Ed: Prof Dr. Cihan Öner, Prof. Dr. Sibel Sümer, Prof. Dr. Reyhan Öner, Prof. Dr. Ay Ögüş, Prof. Dr. Leyla Açık), Palme Yayıncılık, Ankara
16. Mojarad N E, Keshavarz A, Taghipour N, Haghghi A, Kazemi B & Athari A 2011. Genotyping of *Cryptosporidium* spp. In clinical samples: PCR-RFLP analysis of the TRAP-C2 gene. Gastroenterology and Hepatology from Bed to Bench, 4(1): 29-33
17. Murray N E (2000). Type I restriction systems: sophisticated molecular machines (a legacy of Bertani and Weigle). Microbiology and Molecular Biology Reviews 64: 412-434
18. Özcel M A (2009). Moleküler parazitoloji. (Ed.Özcel M.A, Tanyüksel M, Eren H. ), Restriksiyon Endonükleazlar, Türkiye Parazitoloji Derneği yayın No:22, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, s. 376-367.
19. Özerdem D N (2009) Kala-Azarlı hastalarda etken türlerin PCR-RFLP yöntemi ile tanımlanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana Read C M, Monis P T & Thompson R C A 2004. Discrimination of all genotypes of *Giardia duodenalis* at the glutamate dehydrogenase locus using PZR-RFLP. Infection Genetics and Evolution, 4: 125-130

20. Rieux A, Paraud C, Pors I & Chartier C 2013. Molecular characterization of *Cryptosporidium* isolates from pre-weaned calves in western France in relation to age. *Veterinary parasitology*, 197: 7-12
21. Seferoğlu O 2014. Samsun ve Giresun illerinden alınan su örneklerinde *Giardia intestinalis* 'in moleküler teknikler kullanılarak tespit edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu
22. Silva F M P, Monobe M M, Lopes R S & Araujo Jr J P 2012. Molecular characterization of *Giardia duodenalis* in dogs from Brazil. *Parasitology Research*, 110: 325-334
23. Usluca A & Aksoy Ü 2011. Detection and genotyping of *Cryptosporidium* spp. in diarrheic stools by PCR/RFLP analyses. *Turkish Journal of Medical Science*, 41(6): 1029-1036
24. Wong K H, Ng G C, Lin R T, Yoshikawa H, Taylor M B & Tan K S (2008). Predominance of subtype 3 among *Blastocystis* isolates from a major hospital in Singapore. *Parasitology research*, 102(4): 663-670
25. Yağcı A 2001. Uygulamalı moleküler Biyoloji (Ed: Durmaz R). Restriction fragment length polymorphism ve polimeraz zincir reaksiyon bazlı tiplendirme yöntemleri, Nobel Tıp Kitapevi, Ankara, s. 121-109

## Trabzon Bölgesi'nde Kullanılan Mezgit Uzatma Ağlarının Av Verimi ve Tür Kompozisyonunun Belirlenmesi

Mehmet AYDIN<sup>1\*</sup> , Mehmet Nedim HACIOĞLU<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Fatsa-Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 26.05.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 21.09.2017)

### Öz

Bu çalışma, Temmuz 2015 - Nisan 2016 tarihleri arasında, Trabzon Bölgesi'nde (Akçaabat ve Çarşıbaşı) Güney Karadeniz'de kullanılan mezgit uzatma ağlarının av verimi ve tür kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, mezgit avcılığında ticari olarak kullanılan 32 mm, 36 mm ve 40 mm göz açıklığına sahip galsama ağları kullanılmıştır. Toplam 22 operasyon gerçekleştirilmiş ve 17 türe ait 402.53 kg ürün elde edilmiştir. Elde edilen ürün % 93.85 oranında (377.8 kg) hedef tür olan mezgit ve % 6.15 oranında (24.72 kg) diğer türlerden oluşmaktadır. Kullanılan ağlarda yakalanan türlerin % 99.1'i ekonomik, % 0.9'ü ise ekonomik olmayan türlerdir. Toplam üründen 48.756 kg (1746 adet) balık örneklenmiş ve gerekli ölçümler yapılmıştır. Ağlarda en çok yakalanan 5 türün (mezgit, barbun, istavrit, izmarit ve iskorpit) boy-ağırlık ilişkileri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan ağ göz açıklıkları değerlendirildiğinde, 32 mm, 36 mm ve 40 mm göz açıklığına sahip ağların operasyon başına av ortalamaları sırası ile 21.64 kg, 17.31 kg, 15.60 kg olduğu tespit edilmiştir. Sürdürülebilir bir balıkçılık için hedef dışı av oranlarının azaltılması, kaynakların sürdürülebilir işletilmesini sağlamak için çok önemlidir. Bu kapsamda av araçlarının av kompozisyonlarının belirlenmesi ve ekosistem tabanlı avcılık için hedef türe yönelik av araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzatma ağları, Mezgit, Av verimliliği, Tür kompozisyonu

## Catch Efficiency and Catch Composition of the Whiting Gillnet in Trabzon Region

### Abstract

This study was carried out during the period of July 2015 to April 2016 with the aim of determining the catch efficiency and the catch composition of the whiting gillnets and in Trabzon Region (Akçaabat and Çarşıbaşı) located in the southeast coast of the Black Sea. In this research, commercial whiting fishing nets with mesh sizes of 32 mm, 36 mm and 40 mm were used. A total of 22 operations performed and a gross catch of 402.53 kg consisting of 17 different species was obtained. 93.85 % of this catch (377.8 kg) is the target fish (whiting), while the rest (6.15 % corresponding to 24.72 kg) belongs to by-catch species. 99.1% of the total catch has an economical value, but the remaining 0.9 % has no economic importance. 48.755 kg of the total catch corresponding to 1746 individuals were sampled and measured in this study. The length-weight relationships of the 5 most frequently caught species (whiting, red mullet, horse mackerel, picarel and scorpion fish) were determined. For the three different mesh sizes of 32 mm, 36 mm and 40 mm, average catch efficiency per operation were estimated as 21.64 kg, 17.31 kg and 15.60 kg, respectively.

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author: maydin69@hotmail.com

Reducing the catch percentage of the non-targeted fish is an important aspect for a sustainable fisheries idea. Determination of the catch composition of the fishing gears with the aim of an ecosystem focused fisheries utilizing and developing the correct gears for the targeted species is a decisive step in this perspective.

**Keywords:** Gill nets, Whiting, Fishing efficiency, Catch composition

## 1. Giriş

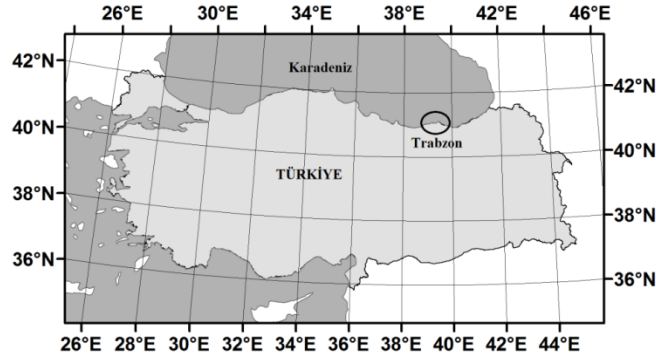
Balıkçılık alanında yapılan düzenlemeler, doğayı, balıkçiyı ve sürdürülebilir balıkçılığı koruma altına almak için yapılmaktadır. Sürdürülebilir balıkçılığa seçici av araçları önemli katkı sağlamaktadır. Av aracı hedef türe uygun donatılmalı ve av araçlarının hedef türe yönelik avcılığı arttırılmalıdır. Uzatma ağları, küçük balıkçı teknelerinde yoğun olarak kullanılan, seçicilik özelliği yüksek pasif av araçlarıdır. Ayrıca, uzatma ağları aktif av araçlarından trol ve gırgırın kullanılmasının olanaksız olduğu kayalık bölgelerde av aracına zarar verilmeden rahat kullanılabilen en uygun av araçlarıdır (Hamley 1975; Engas & Lokkeborg 1994). Bu nedenle hem iç su balıkları, hem de deniz balıkları avcılığında fanyalı ve galsama uzatma ağları yaygın olarak kullanılmaktadır. Mezgit avı için dip uzatma ağları kıyı balıkçılığı yapan teknelerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Kıyı balıkçılığı; 5 - 12 m boylarında, 10 - 50 HP motor gücüne sahip teknelerle günübirlilik yapılan balıkçılıktır (FAO 2016).

Uzatma ağları mantarlar ve kurşunlar yardımıyla suda dik duran, balık veya diğer su ürünlerinin solungaçlarından veya vücudun diğer kısımlarından ağa takılarak yakalanması amacıyla deniz ve iç sularda kullanılan av araçlarıdır (Brandt 1984; Kara 1992). Yapılan çalışmalar uzatma ağlarında uygun göz açıklılığının kullanılması, hedef tür oranını arttırdığı bilinmektedir (Brandt 1984; Karakulak & Erk 2008).

Denizlerimizden balık stoklarının sürdürülebilirliği için avlanan türlerin çeşitliliklerinin belirlenmesi, ağların verimliliklerinin tespiti sürdürülebilir avcılık ve üretim açısından önemli bilgilerdir. Çalışmamız bu kapsamda Trabzon Bölgesi'nde kıyı balıkçılığında kullanılan mezgit uzatma ağlarının, av verimliliği ve av kompozisyonu belirlenerek mezgit balıkçılığın sürdürülebilirliğinin tartışılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal Ve Yöntem

Araştırma Trabzon ili, Akçaabat ve Çarşıbaşı ilçelerinin kıyısal alanlarında (41°2'41.71" K, 39°34'14.47" D ve 41°5'6.72" K, 39°20'21.43" D) 30 ile 70 m derinlikleri arasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma sahası

Araştırmada mezgit avcılığında kullanılan 50 göz derinliğinde 32, 36 ve 40 mm göz açıklığında sade dip uzatma ağları kullanılmıştır. Kullanılan ağlar, 6 boy uzunluğunda, 210 denye / 2 numara iplik kalınlığında ve  $E=0.65$  donam faktörüyle donatılmıştır.

Çalışma kapsamında Temmuz 2015 - Nisan 2016 tarihleri arasında 22 operasyonda örnekleme yapılmıştır. Operasyon sonunda ağlardan çıkan deniz canlıları tür bazında ayrılmış ve gerekli ölçümleri yapılmıştır. Canlıların total boy ölçümleri, boy ölçüm tahtası kullanılarak veya kumpas yardımıyla 1 mm hassasiyetinde gerçekleştirilmiştir. Ağırlık ölçümleri, elektronik terazi kullanılarak 0.01 g hassasiyetinde ölçülmüştür.

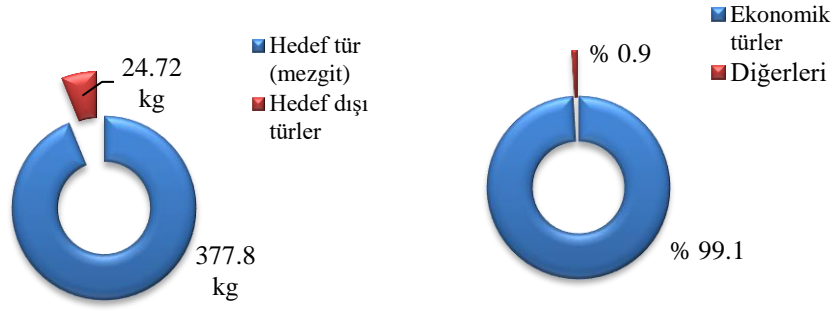
Canlıların boyları ile ağırlıkları arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır (Avşar 2005). Bu ilişki Ricker (1975) tarafından belirtilen formüle ( $W = a L^b$ ) göre hesaplanmıştır (a ve b : Regresyon sabitleri, W: Ağırlık (g), L: Total boy (cm)). Boy - ağırlık ilişkisi denklemindeki "a" değeri, bireylerin ortalama kondisyonunu gösterirken "b" değeri bireyin içinde bulunduğu koşullara göre şeklini göstermektedir. Çalışmada  $b=3$  ise izometrik,  $b>3$  ise pozitif allometrik,  $b<3$  ise negatif allometrik büyüme olarak değerlendirilmiştir (Ricker 1975; Aydın & Karadurmuş 2012). Verilerin analizleri ve değerlendirmeleri MS-Excel programı kullanılarak yapılmıştır.

### 3. Bulgular

Araştırma süreci boyunca ağlarda mezgit (*Merlangius merlangus*), barbun (*Mullus barbatus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), izmarit (*Spicara flexuosa*), iskorpit (*Scorpaena porcus*), trakonya (*Trachinus draco*), kömürcü kayası (*Gobius cobitis*), göğebakan (*Uranoscopus scaber*), tirsi (*Alosa fallax nilotica*), çırçır (*Symphodus roissali*), üzgün balığı (*Callionymus lyra*), gelincik (*Gaidropsarus mediterraneus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), palamut (*Sarda sarda*), vatoz (*Raja clavata*), deniz salyangozu (*Rapana venosa*) ve yengeç (*Liocarcinus depurator*) olmak üzere 17 tür örneklenmiştir.

#### 3.1. Avlanan Balıkların Tür Kompozisyonu

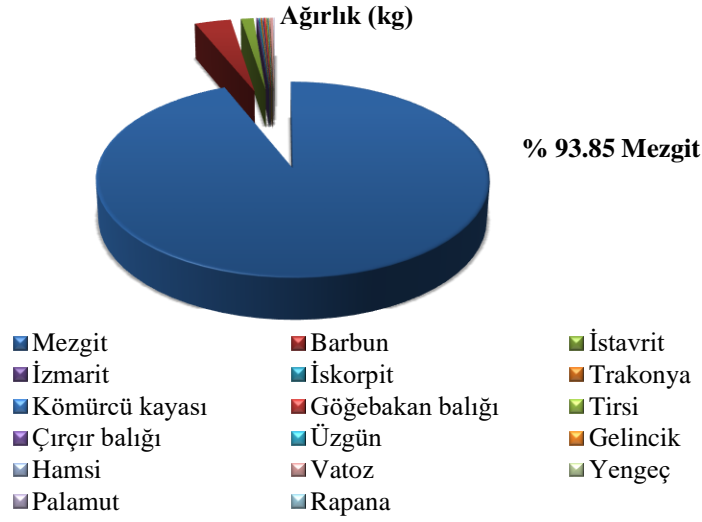
Çalışmada kullanılan uzatma ağları ile toplam 402.53 kg balık yakalanmıştır. Yakalanan balıkların % 93.85'ini (377.8 kg) hedef tür olan mezgit, % 6.15'ini (24.72 kg) diğer türler oluşturmaktadır (Şekil 2). Yakalanan türlerin % 99.1'i ekonomik türler, % 0.9'ü ise ekonomik olmayan türlerden oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. Hedef ve hedef dışı tür miktarı

Şekil 3. Yakalanan türlerdeki ekonomik oran

Çalışma süresi boyunca ağlarda yakalanan toplam 402.53 kg balığın tür bazında dağılımı Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Avın ağırlıkça tür bazında dağılımı

### 3.2.Örneklenen Türlerin Sayıca ve Ağırlıkça Dağılımları

Biyometrik ölçümler için toplam 48.76 kg ürün örneklenmiştir. Örneklenen türlerin sayıca ve ağırlıkça oranları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge1.** Örneklenen türler ve oranları

Türler	N(adet)	% N	W(g)	% W
Mezgit	1414	81	37608	77.1
Barbun	143	8.2	4350	8.9
İstavrit	85	4.9	1569	3.2
İzmarit	20	1.1	600	1.2
İskorpit	19	1.1	583	1.2
Trakonya	15	0.9	498	1.0
Kömürcü kayası	14	0.8	309	0.6
Gögebakan	12	0.7	846	1.7
Tirsi	7	0.4	358	0.7
Çırçır	5	0.3	104	0.2
Üzgün balığı	3	0.2	238	0.5
Gelincik	3	0.2	257	0.5
Hamsi	2	0.1	18	0.0
Palamut	1	0.1	330	0.7
Vatoz	1	0.1	1050	2.2
Deniz salyangozu	1	0.1	36	0.1
Yengeç	1	0.1	2	0.0
<b>Toplam</b>	<b>1746</b>		<b>48756</b>	

### 3.3. Örneklenen Türlerin Ağırlık ve Boy Değerleri

Çalışma süresi boyunca örneklenen 17 türün ortalama boy ve ağırlıkları, minimum ve maksimum değerleri ve standart hataları belirlenmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Örneklenen türler, boy ve ağırlık ortalama değerleri

Balık türü	N	Boy (cm)		Ağırlık (g)	
		Ort $\pm$ SH	Min-Mak	Ort $\pm$ SH	Min-Mak
Mezgit	1414	14.7 $\pm$ 1.8	7.5-24.1	26.6 $\pm$ 11.1	3-110
Barbun	143	14.2 $\pm$ 1.4	10-17.5	30.4 $\pm$ 9	8-61
İstavrit	85	12.8 $\pm$ 2.4	9-17.5	18.5 $\pm$ 10.5	7-44
İzmarit	20	14.2 $\pm$ 1.6	10.5-18.4	30 $\pm$ 10.6	12-64
İskorpit	19	11.6 $\pm$ 2.4	8-16.5	30.7 $\pm$ 19.5	7-78
Trakonya	15	16.6 $\pm$ 2.8	10.4-20.5	33.2 $\pm$ 14.6	17-49
Kömürcü kayası	14	12.2 $\pm$ 1.5	9.4-14.7	22.1 $\pm$ 8.2	8.8-36
Gögebakan	12	15.3 $\pm$ 4.2	11-23	70.5 $\pm$ 56.2	25-200
Tirsi	7	18.7 $\pm$ 3	15.1-24.7	51.6 $\pm$ 27.7	27-109
Çırçır balığı	5	20.8 $\pm$ 3.1	10.7-11	10.6 $\pm$ 0.25	18-26
Üzgün balığı	3	21.7 $\pm$ 1.1	20.5-22.5	79.3 $\pm$ 11.5	66-86
Gelincik	3	22.6 $\pm$ 3.1	19.8-26	128.5 $\pm$ 99.3	38-155
Hamsi	2	11.5 $\pm$ 1.4	10.5-12.5	9 $\pm$ 1.4	8-10
Palamut	1	30		330	
Vatoz	1	58		1050	
Deniz salyangozu	1	5.8		36	
Yengeç	1	1.3		2	



### 3.4. Farklı Göz Açıklığındaki Ağların Av Verimlilikleri ve Avın Biyometrik Ölçümleri

Çalışmada kullanılan ağların göz açıklıklarına göre av miktarları ve oranları belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ağların göz açıklığına göre av miktarları

Ağ göz açıklığı	Ortalama (kg)	Toplam (kg)	Oran
32 mm	21.6 ± 6.22	151.5	% 37.6
36 mm	17.3 ± 9.79	173.1	% 43
40 mm	15.6 ± 14.13	78	% 19.4

Ağ göz açıklığına göre örneklenen mezgit balıklarının biyometrik ölçümleri Çizelge 4'de belirlenmiştir.

Çizelge 4. Ağ göz açıklığına göre örneklenen mezgit balığının biyometrik özellikleri

Ağlar	TL (cm)						W (g)					
	N	% N	Ort.	± SH	Min.	Mak.	N	% N	W Ort.	± SH	Min.	Mak.
32 mm	483	34.16	14.50	1.85	7.5	21.2	11724	31.17	24.27	8	3	84
36 mm	663	46.89	14.78	1.63	9.1	24.1	18048	47.99	27.22	10.51	6	110
40 mm	268	18.95	15.07	2.05	11	23.2	7836	20.84	29.24	15.26	9	108

TL: Toplam boy W: Ağırlık N: Adet Ort: Ortalama SH: Standart hata Min: Minimum Mak: Maksimum

### 3.5. Farklı Göz Açıklığındaki Ağların Türler Üzerindeki Yakalama Oranları

Ağların göz açıklıklarına göre türler üzerindeki sayıca ve ağırlıkça yakalama oranları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı göz açıklığındaki ağların türler üzerindeki yakalama oranları

Ağlar	Mezgit		Barbun		İstavrit		İzmarit		İskorpit		Trakonya		Kömürcü		Gögebakan		Tirsi	
	N	% N	N	% N	N	% N	N	% N	N	% N	N	% N	N	% N	N	% N	N	% N
32mm	483	97.38	6	1.21	2	0.40	1	0.20	0	0	0	0	4	0.81	0	0	0	0
36mm	663	73.34	119	13.16	64	7.08	16	1.77	11	1.22	14	1.55	4	0.44	10	1.11	3	0.33
40mm	268	87.46	18	5.50	19	5.81	3	0.92	8	2.45	1	0.30	6	1.83	2	0.61	2	0.61
Ağlar	Mezgit		Barbun		İstavrit		İzmarit		İskorpit		Trakonya		Kömürcü		Gögebakan		Tirsi	
	W	% W	W	% W	W	% W	W	% W	W	% W	W	% W	W	% W	W	% W	W	% W
32mm	11724	96.22	156	1.28	63	0.52	29	0.24	0	0	0	0	57	0.47	0	0	155	1.27
36mm	16300	68.80	3749	15.8	1277	5.39	489	2.06	414	1.75	478	2.02	121	0.51	724	3.06	138	0.58
40mm	9584	88.35	445	4.10	229	2.11	82	0.75	169	1.56	20	0.18	131	1.21	122	1.12	65	0.60

N: Adet W: Ağırlık (g)

### 3.6. Türlerin Biyometrik Ölçüm Sonuçları

Ağlarda en çok yakalanan 3 türün biyometrik ölçümleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Biyometrik ölçümler değerleri ve ortalamaları

Mezgit	TL (cm)					W (g)			
	N	Ort.	± SH	Min.	Mak.	Ort.	± SH	Min.	Mak.
	1414	14.7	1.78	7.5	24.1	26.6	11.08	3	110

TL: Toplam boy W: Ağırlık N: Adet Ort: Ortalama SH: Standart hata Min: Minimum Mak: Maksimum

Barbun	TL (cm)					W (g)			
	N	Ort.	± SH	Min.	Mak.	Ort.	± SH	Min.	Mak.
	143	14.2	1.4	10.00	17.7	31.4	9	8	61

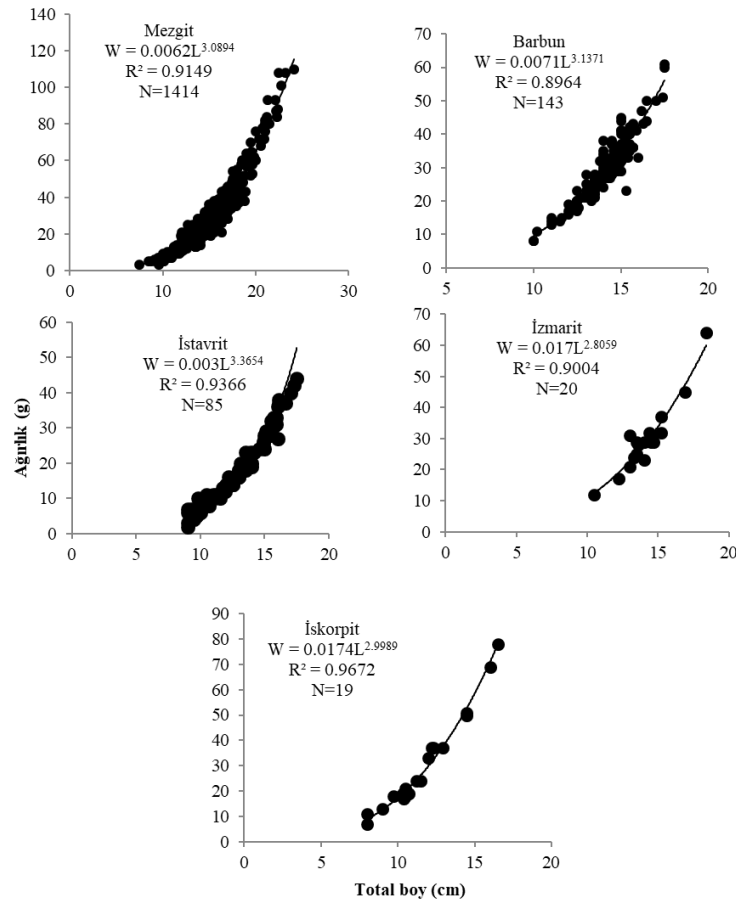
TL: Toplam boy W: Ağırlık N: Adet Ort: Ortalama SH: Standart hata Min: Minimum Mak: Maksimum

İstavrit	TL (cm)					W (g)			
	N	Ort.	± SH	Min.	Mak.	Ort.	± SH	Min.	Mak.
	85	12.8	2.4	9.00	17.5	18.5	10.5	2	44

TL: Toplam boy W: Ağırlık N: Adet Ort: Ortalama SH: Standart hata Min: Minimum Mak: Maksimum

### 3.7.Boy - Ağırlık İlişkileri

Çalışma süresince avlanan balıkların boy - ağırlık ilişkileri belirlenmiştir. Bu kapsamda sayıca en çok yakalanan mezgit, barbun, istavrit, izmarit ve iskorpit balıklarının boy ağırlık ilişkileri hesaplanmıştır.



Şekil 6. Boy-Ağırlık İlişkileri

Korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) değerlerine bakıldığında, değerlendirilen türlerin boy ve ağırlıkları arasında güçlü bir ilişkinin varlığından söz etmek mümkündür. “b” değerlerine bakıldığında ise büyümenin mezgit, barbun ve istavrit türlerinde pozitif allometrik, izmarit balığında negatif allometrik ve iskorpit balığında ise isometrik olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. En çok örneklenen 5 türün boy - ağırlık ilişkisi parametreleri

Balık türü	N	a	b	%95 güven aralığı b ( $\pm$ SH)	$R^2$	Pauly t-testi	P
Mezgit	1414	0.0062	3.0894	3.04-3.13 ( $\pm$ 0.025)	0.9149	3.56	< 0.001
Barbun	143	0.0071	3.1371	2.95-3.13 ( $\pm$ 0.091)	0.8964	1.52	< 0.001
İstavrit	85	0.003	3.3654	3.17-3.55 ( $\pm$ 0.09)	0.9366	3.80	< 0.001
İzmarit	20	0.017	2.8059	2.34-3.26 ( $\pm$ 0.037)	0.9004	0.88	< 0.001
İskorpit	19	0.0174	2.9989	2.71-3.28 ( $\pm$ 0.053)	0.9672	0.008	< 0.001

#### 4. Tartışma

Karadeniz Bölgesi'nde yapılmış benzer çalışmalarda farklı göz açıklığında ve farklı donam oranlarında ağlar kullanılmıştır. Aydın (1997), mezgit avcılığında 40, 44, 48 mm göz açıklığında  $E= 0.66$  oranında donatılmış ağlar kullanmıştır. Bahar (2004), barbun avcılığında, donam oranı  $E= 0.50 - 0.52$  oranında, göz açıkları ise 32 mm, 36 mm, 40 mm, 44 mm olan ağlar kullanmıştır. Özdemir ve ark. (2005),  $E=0.65$  oranında donatılmış 36 mm göz açıklığında ağlar kullanmışlardır. Yeşilçiçek (2012), 32, 34, 36, 40 ve 44 mm göz açıklığına sahip  $E=0.64$  oranında donatılmış 50 göz derinlikte ağlar kullanmıştır. Kasapoğlu (2013), 34 ve 36 mm göz açıklığına sahip ağları çalışmıştır. Avcılık faaliyetlerinde tercih edilen ağların göz açıklıklarında zamana göre küçülme olduğu, donam oranlarında ise önemli bir değişiklik olmadığı ve yoğunlukta 36 mm göz açıklığı kullanıldığı belirlenmiştir.

Çalışmada avlanan tüm balık miktarının ağırlık olarak % 94'ü mezgit % 4'ü barbun %1'i istavrit ve geri kalan % 1'i de diğer türlerdir. Yeşilçiçek (2012), Rize Bölgesi'nde yaptığı çalışmasında 14 farklı balık türü ve 5 farklı diğer türlerden örneklemiştir. Sayıca % 89.2 ile en fazla yakalanan tür mezgit, % 6.43 oranında barbun olduğunu belirtmiştir. Her iki çalışma karşılaştırıldığında türlerin ve oranlarının benzerlik gösterdiği görülmektedir. Çalışma kapsamında örneklenen mezgit balığının boy ortalaması  $14.7 \pm 1.78$  cm, ağırlık ortalaması ise  $26.6 \pm 11.08$  g olarak belirlenmiştir. Benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlarda ise Aydın (1997), mezgit balıklarında ortalama boy 18.77 cm, ortalama ağırlık 53.53 g olarak belirlemiştir. Aydın (1997), yılında tespit etmiş olduğu bu değerlerin, 20 yıl sonra yapılan bu çalışmada elde edilen değerlerden çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara bakıldığında, 20 yıl içerisinde yapılan balıkçılığın mezgit stoklar üzerinde olumsuz etkiler gösterdiği ve stoklar üzerinde bir av baskısının söz konusu olduğu söylenebilir.

Bahar (2004), yapmış olduğu çalışmada 32 mm ağlarda yakalanan barbun balıklarının ortalama boylarını 13.6 cm, 36 mm ise 15 cm olarak hesaplamıştır. Yeşilçiçek (2012), ise barbunun boy ortalamasını 14.2 cm olarak belirlemiştir. Çalışmada yakalanan barbun boy ortalaması  $14.2 \pm 1.4$  cm ve olarak belirlenmiştir. Elde ettiğimiz değerlerin Bahar (2004), çalışmasından düşük olması, çalışmada örneklenen barbun sayısının az olması, ağların göz açıklıklarının ve ağların donam oranlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yeşilçiçek (2012), çalışmasında ölçülen değerler ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu benzerliğin ağ göz açıklıklarının ve donam oranlarının benzer olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yeşilçiçek (2012), çalışmasında mezgitin boy ortalamasını 32, 36 ve 40 mm için sırasıyla 14.2 cm, 14.98 cm, 15.48 cm, ağırlık ortalamasını ise 27.2 g olarak belirlemiştir. Bu çalışmada mezgitin boy ortalaması 32 mm, 36 mm ve 40 mm ağ göz açıklıklarına göre sırası ile  $14.5 \pm 1.85$  cm,  $14.8 \pm 1.63$  cm,  $15.1 \pm 2.05$  cm olarak belirlenmiştir. Mezgit balığının ağırlık ortalaması ise yine sırası ile  $24.27 \pm 8$  g,  $27.22 \pm 10.51$  g,  $29.24 \pm 15.26$  g olarak belirlenmiştir. Yeşilçiçek (2012), elde ettiği değerler ile bu çalışmada elde edilen değerler birbirine benzerlik göstermektedir. Benzer sonuçlar elde edilmesinin nedeni, iki çalışmada da kullanılan ağların donam oranı ve ağ göz açıklıklarının benzer olması ve çalışmaların zaman dilimi olarak birbirine yakın dönemde yapılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çalışma süresince dip uzatma ağlarıyla avlanan 17 tür tespit edilmiştir. Yeşilçiçek (2012), çalışmasında 14 tür tespit etmiştir. Göktürk (2012), Batı Karadeniz'de yapmış olduğu çalışmada monofilament ve multifilament galsama ağları kullanmış ve toplam 47 tür tespit etmiştir. Kasapoğlu (2013), ticari trol örneklemede 36 tür, dip uzatma ağları ile 18 tür tespit etmiştir. Kalaycı & Yeşilçiçek (2014), yine Karadeniz kıyılarında mezgit solungaç ağı avcılığında 19 tür tespit etmişlerdir. Aydın ve ark. (2015), Karadeniz'de fanyalı iskorpit uzatma ağları ile 22 tür tespit etmiştir. Mevcut çalışmada Kalaycı & Yeşilçiçek (2014) ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Göktürk (2012), yapmış oldukları çalışmada 4.5 - 28 m derinliklerde, bu çalışmada ise 30 - 70 m derinliklerde avcılık gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızın daha derinlerde yapılmış olması ve bu derinliklerdeki biyoçeşitliliğin az olması (Kasapoğlu 2013) ve Göktürk (2012), çalışmasında yakalama kapasitesi yüksek monofilament misina ağlarının kullanılması tür çeşitliliğinin daha yüksek çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Yine Aydın ve ark., (2015) çalışmasında hem fanyalı ağların kullanılması, hem de iskorpit avcılığının biyoçeşitliliğin daha fazla olduğu kayalık bölgelerde yapılmış olması nedeniyle daha fazla tür tespit etmişlerdir.

Çalışmada elde edilen ürün % 93.9 oranında (377.8 kg) hedef tür olan mezgit ve % 6.2 oranında (24.7 kg) diğer türlerden oluşmaktadır. Çalışmada avlanabilir boy sınırının altında kalan balıkların oranı % 0.47'dir. Elde edilen verilere göre mezgit avcılığında kullanılan ağlarda ıskarta mezgit oranı % 1'den küçüktür. Benzer çalışmalardaki hedef ürün miktarına bakacak olursak, Kasapoğlu (2013), Trabzon Bölgesi'nde uzatma ağlarında hedef dışı av miktarı ağırlıkça % 29.5, sayıca % 33.4 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan molozma (geniz gözlü yüksek ağlar) ve yüzey uzatma ağlarından dolayı hedef dışı miktarın arttığı tahmin edilmektedir. Yeşilçiçek (2012), yapmış olduğu çalışmada avlanan balıkların % 89.2'sini hedef tür mezgit, % 6.4'ünü barbun, % 4.4'ünün ise diğer türler olduğunu belirtmiştir. Özdemir ve ark., (2005), çalışmasında

ise yakalanan balıkların % 87.3'ü hedef tür, % 12.7'si de hedef dışı türlerden oluştuğunu tespit etmişlerdir. Her iki çalışmada elde edilen veriler ile yaptığımız çalışma avlanan türlerin oranları bakımından oldukça benzerlik göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre bölgede balık popülasyonunda benzerlik olduğu ve önemli bir değişiklik oluşmadığı söylenebilir.

Kelleher (2005), Akdeniz ve Karadeniz'de solungaç ağlarındaki hedef dışı tür oranını % 15 olarak belirtmiştir. Kasapoğlu (2013), Karadeniz uzatma ağlarının hedef dışı oranını % 30 olarak belirlemiştir. Yine Kasapoğlu & Düzgüneş (2016), Karadeniz Bölgesi'nde bu oranı % 34 olarak belirlemişlerdir. Kalaycı & Yeşilçiçek (2014), hedef türün mezgit olduğu çalışmalarında, hedef tür oranını % 87.6 ve hedef dışı türü % 6.3 ile barbun olarak tespit etmişlerdir. Aydın ve ark. (2015), hedef türün iskorpit olduğu fanyalı uzatma ağlarında hedef tür oranı % 43.4, hedef dışı oranı % 32.6 yengeç türleri, % 18.8 diğer balık türleri olarak hesaplanmıştır. Trabzon Bölgesi'nde yaptığımız çalışmada ise mezgit uzatma ağlarında % 94 mezgit yakalama oranıyla hedef dışı oranı % 6 olarak belirlenmiştir. Kasapoğlu (2013), yapmış olduğu çalışmada av aracının kullanıldığı derinlik arttıkça hedef dışı tür oranının düştüğünü belirtmişlerdir. Mezgit avcılığı yapılan derinliğin diğer türlerin avcılığına oranla daha derin sularda yapılması, Kasapoğlu (2013) yapmış olduğu çalışmayı desteklemektedir. Kıyısız alanlarda biyoçeşitliliğin fazla olması, fakat mezgit balığının bulunduğu derinlikte tür çeşitliliğinin az olması da, mezgit avcılığında kullanılan uzatma ağlarındaki hedef dışı tür oranının daha düşük çıkmasını açıklamaktadır. Kalaycı & Yeşilçiçek (2014) yapmış oldukları çalışmadaki mezgit ve barbun balıklarının yakalama oranlarının neredeyse aynı olmasının temelinde de bu sebebin yattığı düşünülmektedir. İskorpit ağları kayalık bölgelerde de kullanılmasından dolayı hedef tür oranı daha düşük çıkmıştır (Aydın ve ark., 2015). Yine Sinop Bölgesi'nde yapılan başka bir çalışmada % 82.3'ü hedef tür mezgit, % 17.7 hedef dışı türler olarak verilmiştir (Özdemir ve ark., 2005). Özdemir ve ark., (2005) ile Kalaycı & Yeşilçiçek (2014) çalışmaları çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Kalaycı & Yeşilçiçek (2014), yapmış oldukları çalışmada toplam av miktarının % 82'si ticari değer taşıırken, % 18'inin ise iskarta olduğunu belirlemişlerdir. Göktürk (2012), Batı Karadeniz'deki çalışmasında ticari av miktarını % 29 - 40 arasında tespit etmiştir. Çalışmada ise ticari avın tüm avdaki oranı % 99.1 olarak belirlenmiştir. Çalışmamız Kalaycı & Yeşilçiçek (2014), çalışması ile benzerlik göstermesine rağmen Göktürk (2012), çalışması ile farklılık göstermektedir. Farklılığın hedef türün farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan ağlarda ağ göz açıklıklarına göre yapılan avcılık operasyonlarında yakalanan balık miktarı ortalaması alındığında birinci sırada 32 mm göz açıklığına sahip ağlarda operasyon başına ortalama 21.6 kg av olduğu görülmektedir. İkinci sırada av ortalamasına sahip ağ 17.3 kg avla 36 mm göz açıklığına sahip ağ bulunmaktadır. Avcılık faaliyetlerinde en düşük ortalama sahip olan ağ ise 15.6 kg av ile 40 mm göz açıklığına sahip olan ağ olduğu belirlenmiştir. Bahar (2004), çalışmasında 374 tane balık örneklemi, bunlardan 226 tanesi 32 mm göz açıklığına sahip ağla, 78 tanesi 36 mm göz açıklığına sahip ağla, 45 tanesi 40 mm göz açıklığına sahip ağla ve 25 tanesi 44 mm göz açıklığına sahip ağla yakalanmıştır. Yeşilçiçek (2012), çalışmasında ise en fazla avlanan mezgit 731 adet (% 35.9) 32 mm göz açıklığına sahip ağ ile avlanmıştır.

34 mm göz açıklığına sahip ağ ile 458 adet (% 22.5), 36 mm göz açıklığına sahip ağ ile 397 adet (% 19.5), 44 mm göz açıklığına sahip ağ ile 123 adet (% 6) ve 40 mm göz açıklığına sahip ağ ile de 107 adet (% 5.3) mezgit avlanmıştır. Her iki çalışmada elde edilen değerler ile bu çalışmada elde edilen değerlerin benzer olduğu tespit edilmiştir. Tüm yapılan çalışmalarda ağ göz açıklığı arttıkça avlanan balık miktarının ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir.

Çalışma süresi boyunca en çok yakalanan 5 türün boy - ağırlık ilişkisi parametreleri tespit edilmiştir. Çalışmada mezgit balığı için “b” değeri=3.0894, barbun balığı için “b” değeri=3.1371, istavrit balığı için b=3.3654, izmarit balığı için b=2.8059 ve iskorpit balığı için b=2.9989 olarak hesaplanmıştır. “b” değerlerine bakıldığında büyümenin mezgit, barbun ve istavrit türlerinde pozitif allometrik, izmarit negatif allometrik ve iskorpit türünde ise isometrik olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7). Karadeniz’de mezgit balığı üzerine yapılan diğer çalışmalarda “b” değerini, Düzgüneş & Karaçam (1990) 2.573, Samsun (1995), 3.187, Genç ve ark., (1999), 3.142, İşmen (1995), 3.240, Samsun (2005), 3.201, Kalaycı ve ark., (2007), 3.024 ve Ak ve ark., (2016), 3.266 olarak tespit etmişlerdir. Daha önce yapılmış çalışmalarda da, Düzgüneş & Karaçam (1990), çalışması hariç, mezgit balığının pozitif allometrik büyüme gösterdiği tespit edilmiştir.

Orsay (2007), farklı renk ve donamlarda yapılandırılmış monofilament sade ağların av verimliliğini araştırmıştır. Avlanan balık sayıları mevsimlere göre değerlendirilerek av veriminin en yüksek olduğu mevsimin ilkbahar, en düşük olduğu mevsimin ise kış olduğunu belirlemiştir. Çalışmamız kapsamında elde edilen verilere göre en yoğun av oranının yaz mevsiminde en düşük av oranının da sonbaharda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Belirlenen farklılığın dönemsel avcılığı yapılan diğer türlere yönelmeden veya örnekleme yapılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## Kaynakça

1. Ak O, Kutlu S, Genç Y, Haliloğlu Hİ (2016). Length frequency, length-weight relationship and sex ratio of the whiting, *Merlangius merlangus euxinus* in the Black Sea, Turkey. *BAÜ FBE Dergisi*, 11(2): 37-43.
2. Avşar D (2005). Balıkçılık biyolojisi ve popülasyon dinamiği. Nobel Yayınevi. Adana. 303s.
3. Aydın M (1997). Mezgit galsama ağlarının seçicilik parametrelerinin hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
4. Aydın M, Karadurmuş U (2012). Age, growth, length-weight relationship and reproduction of the Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) In Ordu (Black Sea). Ordu University, *Journal of Sciences and Technology*, 2(2): 68-77.
5. Aydın M, Karadurmuş U, Konaş S (2015). Ordu Bölgesi’nde kullanılan iskorpit ağlarının ekosisteme etkileri. *Journal of Maritime and Marine Sciences*, 1 (1): 56-63.
6. Bahar M (2004). Galsama ağlarında barbunya balığı (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) seçiciliği. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.

7. Brandt A (1984). Fish catching methods of the world, fishing news books., Farnham, Survey, England.
8. Düzgüneş E, Karaçam H (1990). Doğu Karadeniz'deki mezgit (*Gadus euxinus* Nord.,1840) balıklarında bazı populasyon parametreleri, et verimi ve biyokimyasal kompozisyon, *Doğa-Turkish Journal of Zooloji*, 14: 345–352.
9. Engas A, Lokkeborg S (1994). Abundance estimation using gillnet and longline the role of fish behavior in capture and abundance estimation. Chapter 8, pp. 130-163. Ed. By A. Fernö and S. Olsen. Fishing News Books, London.
10. FAO (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Rome. 200 pp.
11. Genç Y, Zengin M, Basar S, Tabak İ, Ceylan B, Çiftçi Y, Üstündağ C, Akbulut B, Şahin T (1999). Ekonomik deniz ürünleri araştırma projesi, TKB, Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ekonomik Deniz Ürünleri Araştırma Projesi, SUMEA, 158 s.
12. Göktürk D (2012). Batı Karadeniz'de kullanılan monofilament ve multifilament galsama ağlarında seçicilik. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul.
13. Hamley JM (1975). Review of gillnet selectivity. Fish. Res. Board Can. 32: 1943 - 1969.
14. İşmen A (1995). The biology and population parameters of the whiting in the Turkish coast of the Black sea, Ph.D. Thesis, The Middle East Technical University Marine Biology and Fisheries, Turkey.
15. Kalaycı F, Samsun N, Bilgin S, Samsun O (2007). Length-weight relationship of 10 fish species caught by bottom trawl and midwater trawl from the Middle Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7: 33-36.
16. Kalaycı F, Yeşilçiçek T (2014). Güney Karadeniz'de derinlik, mevsim ve ağ göz açıklığının mezgit (*Merlangius merlangus euxinus*) solungaç ağı avcılığında av ve ıskarta üzerine etkisi. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, (14): 449-456.
17. Kara A (1992). Ege Bölgesi uzatma ağları ve uzatma ağları balıkçılığının geliştirilmesi üzerine araştırmalar. Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
18. Karakulak FS, Erk H (2008). Gill net and trammel net selectivity in the Northern Aegean Sea, Turkey, *Scientia Marina*, 72 (3): 527–540.
19. Kasapoğlu N (2013). Karadeniz balıkçılığında hedef dışı avcılığın belirlenmesi ve azaltılması. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
20. Kasapoğlu N, Düzgüneş E (2016). Hedef dışı avcılık ve balıkçılık ekonomisine etkileri. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, DOI: 10.4194/1303-2712-v17\_2\_18.
21. Kelleher K (2005). Discards in the World's marine fisheries. FAO Technical Paper No 470, Rome, 131 pp.
22. Orsay B (2007). Farklı renk ve donamlarda yapılandırılmış monofilament sade ağların av verimliliği. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşletme Teknolojisi Anabilim Dalı, Elazığ.

23. Özdemir S, Erdem Y, Sümer Ç (2005). Farklı yapı ve materyale sahip uzatma ağlarının av verimi ve av kompozisyonu. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(4): 621-627.
24. Ricker WE (1975). Computation and interpretation of biological statistic of fish Populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*.191. 382.
25. Samsun O (1995). Investigation of the whiting (*Gadus merlangus euxinus* Nordmann, 1840) caught by the bottom trawlers in the fisheries catching term of 1991–1994 from the viewpoint of fishery biology. *Süleyman Demirel Üniv. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4: 273–282.
26. Samsun S (2005). Mezgit balığının (*Gadus merlangus euxinus* Nordmann, 1840) bazı üreme ve beslenme özellikleri üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, OMU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye.
27. Yeşilçiçek T (2012). Doğu Karadeniz'de mezgit (*Gadus merlangus euxinus* Nordmann, 1840) avcılığında kullanılan sade uzatma ağlarının seçiciliklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Rize Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize.



## Yağ Gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nün *In Vitro* Koşullarda Klonal Çoğaltımı

Ş. Evrim ARICI<sup>1\*</sup>, Bekir ŞAN<sup>2</sup>, Soner KAZAZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara

(Geliş Tarihi/Recived Date: 10.07.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.10.2017)

### Öz

Yağlık gül bitkisinin *in vitro* koşullarında sağlıklı ve hızlı bir şekilde üretilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada *Rosa damascena*'nın bitki parçalarından *in vitro* koşullarında çoğaltım protokolü oluşturulması hedeflenmiştir. Eksplantlar farklı konsantrasyonlar ve kombinasyonlarda benzil amino pürin (BAP), Naftalin asetik asit (NAA), Thidiazuron (TDZ) ve Kinetin içeren MS besi ortamı üzerinde kültüre alınmıştır. Ayrıca bu çalışmada, farklı karbon kaynaklarının (sakkaroz, fruktoz, glikoz) sürgün gelişimine etkisi de araştırılmıştır. Farklı konsantrasyonlar ve kombinasyonlarda benzil amino pürin (IAA) ve indole-3-butirik asit (IBA)'nin kök gelişimine etkisi çalışılmıştır. En iyi sürgün oluşumu 1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub> en fazla sürgün sayısı ise 2 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub>'de gözlenmiştir. Sürgün gelişme denemesinde özellikle 30 g/l sakkaroz içeren besi ortamı üzerinde gül sürgünlerinde gelişme ve yan sürgünler tespit edilmiştir. Bitkiler en iyi ½ MS+2 mg/l IBA içeren besi ortamlarda köklenmiştir. Bitki kökleri 3-5 cm olduğunda başarılı bir şekilde torf içeren saksılara aktarılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Gül, *In vitro*, Sürgün ucu, Kök gelişimi, Mikroçoğaltım, Karbonhidrat

### In Vitro Clonal Micropropagation of Oil-Bearing Rose (*Rosa damascena* Mill.)

#### Abstract

*In vitro* propagation of rose has played a very important role in rapid multiplication of cultivars with desirable traits and production of healthy and disease-free plants. In this study, a protocol for *in vitro* propagation of *Rosa damascena* was established using nodal segments harboring axillary buds as explants. Explants were cultured on solid Murashige and Skoog medium (MS) supplemented with different concentrations and combinations of benzyl aminopurine (BAP), Naphthaleneacetic acid (NAA), Thidiazuron and Kinetin. In addition effect of different sources of carbohydrate on shoot regeneration (sucrose, fructose, glucose) were also investigated. Effect of different concentrations and combinations of indole-3-acetic acid (IAA) and indole-3-butyric acid (IBA) on root formation of shoots were studied. The highest percentage of shoot initiation was observed on MS medium containing 1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub>, whereas maximum average number of multiplied shoots was produced on MS medium with 2 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub>. For carbonhydrate, 3% sucrose was the best for culture shoot tips of rose variety. For rooting, highest percentage of rooted shoots was obtained on ½ MS+2 mg/l IBA. Plantlets roots of 3 to 5 cm length were successfully transferred to pots containing sterile peat moss for acclimatization.

**Keywords:** Rose; *In vitro*, MS medium; Shoot-tip, Root induction, Micropropagation, Carbohydrate

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: evrimarici@sdu.edu.tr

## 1. Giriş

Gül yağı dünya ticaretinde önemli olan yüzlerce uçucu yağ arasında yükte hafif, pahada ağır yağların başında gelmektedir (Baydar, 2005). Dünyada yıllık yaklaşık 15.000 ton gül çiçeği üretimi yapılmakta olup, gül çiçeği üretiminde Türkiye ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'nin gül çiçeği dikili alanı 2.200 ha, üretimi 6.750 ton ve verimi de 4.250 kg ha/1'dir. Türkiye'nin 2014 yılında toplam getirisi 13.961.163 \$ olan 3.443 kg gül yağı ihracatı yaptığı bildirilmektedir (Anonim, 2014). Gülyağı talebinin % 50'si Türkiye'den, % 40'ı Bulgaristan'dan, %10'u ise İran, Hindistan, Fas ve Afganistan gibi diğer ülkelerden karşılanmaktadır (Örmeci Kart ve ark., 2012). Ülkemizde yağ gülü Isparta, Burdur, Afyon ve Denizli ile Konya ve Antalya'nın bir bölümünü içine alan Göller Yöresinde üretilmektedir. Isparta ili ve çevresini kapsayan Göller yöresi 120 yıldır Türkiye'nin yağ gülü üretim merkezi olup sadece Türkiye'nin değil aynı zamanda dünyanın da en önemli yağ gülü ve gül yağı üretim alanlarından birisidir. Isparta yöresinin karakteristik iklim ve toprak özellikleri, dünyanın en kaliteli yağ gülü üretimine olanak sağlamaktadır. Isparta ve yöresinde gül üretimi çok önemli olup çok sayıda bitkiye ihtiyaç duyulmaktadır. Gül yağı üretiminde *R. moschata*, *R. centifolia*, *R. damascena* ve *R. alba* türleri kullanılmaktadır. Isparta ve çevresinde ise gül yağı üretiminde *Rosa damascena* Mill. türü yetiştirilmektedir. *Rosa damascena* Mill. genellikle gül yağı, gül konkreti, biyokonkret, absolü, bioabsolü ve gülsuyu gibi temel kozmetik ürünler de elde edilmesinde kullanılan bir gül çeşididir (Jabbarzadeh ve Khosh-Khui, 2005). Bu gül çeşidi genellikle çelikleme yöntemiyle çoğaltılır. Çelikleme tekniği ile tesis edilen yağ gülü bahçelerinin dezavantajları arasında çeliklerin alındığı bahçedeki hastalık ve zararlıları beraberinde taşıması, ekonomik verime 4-5 yaşlarında başlaması, fazla sayıda çeliğe ihtiyaç duyulması, çelik temini zorluğu, hızlı üretim ve tüplü fidan üretimine olanak sağlamaması sayılabilir. Tohumlar ise daha çok anaç üretimi ve ıslah çalışmalarında kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerle seleksiyon çalışmalar ile belirlenecek bitkilerin hızlı ve çok sayıda üretilebilmesi için yeterli değildir. Bilindiği gibi bir çok bitki türü, doku kültürü yöntemiyle yaygın olarak çoğaltılmaktadır. Mikro çoğaltımın genel olarak bitki yetiştiriciliği ve genetiği yönünden önemi ve avantajları; hastalık ve zararlılardan arındırılmış bitkisel materyalinin elde edilmesi, kitlesel üretimde fenotipik ve genotipik benzerliklerin olması, alışıla gelen yöntemlerden daha kısa kültür süresinde daha kolay üretilmesi, üretimde daha az anacın kullanılması ve somaklonal varyasyondan dolayı yeni genotiplerin elde edilmesi sıralanabilir. Son yıllarda araştırmacılar doku kültürü tekniklerinden faydalanarak gülün doku kültürü ile çoğaltımı üzerine araştırmalar yapmışlardır. Mazmanoğlu (2003), yapmış olduğu çalışmada *R. damascena*'nın mikro çoğaltılmasına uygun besi ortam kompozisyonunu sürgün gelişmesi aşamasında MS sıvı+ 1 mg/l BAP+ 7.5 g/l agar, çoğaltma aşamasında MS+1 mg/l BAP+0.1 mg /L GA<sub>3</sub>+7.5 g/l agar, MS+2 mg/l BAP+0.1 mg/l GA<sub>3</sub>+7.5 g/l agar, MS+2 mg/l BAP+0,1 mg/l NAA+0.1 mg/l GA<sub>3</sub>+7.5 g/l agar içeren besi ortamlar üzerinde başarılı bir şekilde kardeşlenmenin olduğunu belirlemişlerdir. Pati ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada *R. damascena* yapraklarını bitki rejenerasyonunun teşviki için farklı hormon konsantrasyonu ve kombinasyonları içeren besi ortamlar üzerinde kültüre almışlardır. En iyi bitki rejenerasyonu ½ MS+%3 sakkaroz+ 46.8µM tidiazuran+0.27 µM NAA+ 17.7µM AgNO<sub>3</sub> içeren MS besi ortamı olduğu tespit edilmiştir. Rejenere olan bitkiler MS+2.25 µM BAP+ 0.054 µM NAA içeren besi ortamı üzerinde 7, 14, 21, 28, ve 35 gün süreyle kültüre alınmıştır. En iyi sürgün oluşumunun 21 gün içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Arıcı ve ark. (2005), yapmış oldukları çalışmada *R. turcica* Mill. gül

çeşidinin sürgün uçlarını farklı hormon konsantrasyonları ve kombinasyonları içeren besi ortamı üzerinde kültüre alarak BAP, GA<sub>3</sub> ve NAA bitki büyüme hormonlarının farklı kombinasyonları ve konsantrasyonlarını içeren besi ortamı üzerinde kültüre alarak mikro çoğaltımını araştırmışlardır. En fazla sürgün gelişimi eksplant başına 4 sürgün ile MS+1 mg/l BAP+ 0.5 mg/l GA<sub>3</sub> hormon konsantrasyonunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Elde edilen köksüz bitkilerde kök oluşumunu teşvik etmek amacıyla bitkiler bazal MS ile IBA'nın değişik konsantrasyonlarını içeren MS besi ortamları üzerinde kültüre alınmıştır. En iyi kök oluşumunu MS+0.5 mg/l IBA içeren MS besi ortamı üzerinde olduğu belirlenmiştir. Jabbarzadeh ve Khosk-Khui (2005), *R. damascena*'nın sürgünlerini farklı konsantrasyonlarda ve kombinasyonlarda kinetin, BA ve IBA içeren besi ortamlar üzerinde kültüre almışlardır. Çalışma sonucunda en iyi sürgün gelişiminin 2.5-3 mg/l BA ve 0.1 mg/l IBA içeren besi ortam üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

Doku kültürü çalışmalarında besi ortam içerisinde kullanılan karbon kaynakları ve miktarı bitkinin çoğalmasında önemli yer tutmaktadır. Genellikle sürgün gelişiminde %3 oranında sakkaroz kullanılmaktadır (Pati ve ark., 2006). Murashige ve Skoog (1962), yapmış oldukları çalışmada %3 sakkaroz oranının bitki sürgün gelişimine %2-4 sakkarozdan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanısıra Davies (1980) %2-8 oranında sakkaroz besi ortamına ilave etmiş ve en iyi sürgün gelişimi %4-5 oranında sakkaroz içeren besi ortamlarında tespit edilmiştir.

Bitkilerin doku kültüründe klonal çoğaltılması gerçekleştirilse bile bazı durumda köklenmesi ve toprak adaptasyonları üzerinde sorunlar yaşanmıştır. Bu sorunu çözmek amacıyla bazı araştırmacılar tarafından bitkilerin doku kültürü besi ortamında köklendirilmesi için çalışmalar yapılmıştır. Pati ve ark. (2001), mikro çoğaltılmış *R. damascena* ve *R. bourbonian* bitkiciklerinin köklendirilmesinde IBA içeren besi ortamındaki bitkilerin kök sayısının NAA içeren besi ortamdakilere göre daha fazla olduğunu, oksin ve sakkaroz miktarının artırılmasıyla da kök sayısının azaldığını ancak yüksek sakkaroz varlığında (%5) kök uzunluğunun arttığını buna bağlı olarak da kök uçlarında kararmaların meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Bu bitkiler köklendirmek için ½ MS + 10µM IBA+%3 sakkaroz içeren sıvı besi ortamı içerisinde 7 gün kültüre alındıktan sonra, büyüme düzenleyicileri içermeyen ½ MS katı besi ortamına aktarılmıştır. Çalışmanın sonucunda kök sayısının yüksek olduğunu ve dış besi ortama aktarmada ise yüksek oranda başarının sağlandığı rapor edilmiştir. Pati ve ark. (2004), rejenere olan *R. damascena* bitkilerini köklendirmek için ½ MS+10 µM IBA içeren sıvı besi ortamı içerisinde 2 hafta kültüre aldıktan sonra bir hafta karanlıkta %3 sakkaroz içeren sıvı besi ortam içerisinde kültüre almışlardır. Daha sonra hormon içermeyen sıvı besi ortamı içerisine transfer etmişlerdir. Köklenen bitkiler 5-6 hafta sonra toprağa transfer edilmiştir. Bitkilerin köklenme oranlarının % 90 olduğu gözlenmiştir. Jabbarzadeh ve Khosk-Khui (2005), *in vitro*'da mikro çoğaltımını gerçekleştirdikleri *R. damascena*'nın sürgünlerini MS, ½ MS, 1/3 MS, ¼ MS ve farklı konsantrasyonlarda IAA, IBA ve NAA içeren besi ortamları üzerinde kültüre almışlar ve köklenmelerin teşvik edilmediğini gözlemlemişlerdir. En iyi kök gelişiminin 2.5 mg/l 2,4-D içeren besi ortamı üzerinde 2 hafta kültüre alındıktan sonra hormon içermeyen bazal MS besi ortamına transfer edilen bitkilerde tespit etmişlerdir.

Süleyman Demirel Üniversitesi BAP tarafından 2552-M-10 ile desteklenen projemizde yağlık gül olarak bilinen *R. damascena* Mill. gül türünün sürgün ucu tekniği kullanılarak *in vitro* koşullarda doku kültürü yoluyla çoğaltılması amaçlanarak, hızlı bir şekilde hastalık ve zararlılardan arı gül bitki anaçlarının üretimi hedeflenmiştir. Araştırma sonucunda hızlı ve etkili bir fidan üretimi için uygun bir protokol geliştirilmeye çalışılmıştır.

## **2. Materyal ve Metot**

Araştırmanın bu kısmında bitkisel materyal olarak *R. damascena* Mill. yağlık gül çeşidine ait eksplantlar kullanılmıştır

### **2.1. Eksplantların Dezenfeksiyonu**

*Rosa damascena*'ya ait sürgün uçları ve yan sürgünleri Mayıs ayında SDÜ Rosarium bahçesinden alınmış, steril kabin içerisinde steril saf su ile birkaç kez yıkandıktan sonra, yüzeysel dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla, önce %70'lik etanol içerisinde 2 dakika bekletilmiştir. Daha sonra eksplantlar 1-2 damla tween 20 içeren %10'luk sodyum hipoklorid çözeltisi içerisinde 10 dakika süre ile çalkalandıktan sonra steril saf su ile her biri 5'er dakika olmak üzere 3 kez yıkanmıştır. Yüzeysel sterilizasyonu uygulanan sürgün uçları steril kabin içerisinde steril petri kaplarına konan çift katlı steril filtre kağıtları üzerinde kurutulmak amacıyla 20-30 dk bekletilmiştir.

### **2.2. Besin ortamları**

Doku kültürü çalışmalarının bütün aşamalarında temel besi ortamı olarak Murashige ve Skoog (MS) (Murashige and Skoog, 1962) besi ortamı kullanılmıştır. Besi ortamlarına 7.5 g/l agar ve 30g/l sakkaroz ilave edilmiştir. pH'ları 5.8'e ayarlandıktan sonra, agar ilavesinin ardından ısıtılarak agarı eritilen besi ortamlar 5 ml olacak şekilde tüplere dağıtılmıştır. Daha sonra 121°C sıcaklık, 1,2 atm basınç altında 15 dakika süre ile otoklavda steril edilmiştir. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 eksplant olacak şekilde kurulmuştur.

### **2.3. En Uygun Büyüme Düzenleyici Madde Kombinasyonlarının Belirlenmesi**

Sürgün eksplantlarından en yüksek sürgün poliferasyonunu sağlayan büyüme düzenleyici kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla Çizelge 1'de sunulan hormon konsantrasyonu ve kombinasyonları kullanılmıştır. Kültürler hazırlanan bu besi ortamlarında 4 hafta süreyle kültüre alındıktan sonra, eksplant başına düşen sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu bakımından incelenmiştir.

**Çizelge 1.** Sürgün poliferasyonu aşamasında en uygun büyümeyi düzenleyici kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla kullanılan kombinasyonlar

No	Büyümeyi düzenleyici madde kombinasyonları	No	Büyümeyi düzenleyici madde kombinasyonları
1	0.5 mg/l TDZ	17	0.5 mg/l BAP
2	0.5 mg/l TDZ + 0.1 mg/l IBA	18	0.5 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA
3	0.5 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA	19	0.5 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA
4	0.5 mg/l TDZ + 0.1 mg/l NAA	20	1 mg/l BAP
5	0.5 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA	21	1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 mg/l GA <sub>3</sub>
6	0.3 mg/l TDZ	22	1 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA
7	0.3 mg/l TDZ + 0.1 mg/l IBA	23	2 mg/l BAP
8	0.3 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA+ 0.1 mg/l GA <sub>3</sub>	24	2 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 mg/l GA <sub>3</sub>
9	0.3 mg/l TDZ + 0.1 mg/l NAA	25	0.5 mg/l Zeatin
10	0.3 mg/l TDZ + 0.5 mg/l NAA	26	0.5 mg/l Zeatin + 0.1 mg/l NAA
11	1 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l NAA	27	0.5 mg/l Zeatin + 0.5 mg/l NAA
12	1 mg/l Zeatin	28	0.5 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l NAA+0.1 mg/l GA <sub>3</sub>
13	1 mg/l Zeatin + 0.1 mg/l IBA	29	1 mg/l Kinetin
14	1 mg/l Zeatin + 0.5 mg/l IBA+0.1 mg/l GA <sub>3</sub>	30	1 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l IBA
15	0.5 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l IBA	31	1 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l IBA
16	0.5 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l IBA	32	1 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l NAA

#### 2.4. Sürgün Proliferasyonu Üzerine Farklı Karbonhidrat Tip ve Konsantrasyonlarının Etkilerinin Belirlenmesi

Bu amaçla, en uygun büyümeyi düzenleyici madde kombinasyonunu içeren besin besi ortamına sürgün oluşumu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ek olarak 20, 30, 40 ve 50 g/l dozlarında glikoz, fruktoz ve sakkaroz ilave edilmiştir. Ayrıca besi ortamlarına 7 g/l agar ilave edilmiştir. Hazırlanan bu besin besi ortamlarında 4 hafta süreyle gelişmeye bırakılan kültürler, sürgün sayıları ve sürgün uzunlukları bakımından incelenmiş ve aynı besi ortamlarda 3 kez alt kültüre alındıktan sonra, farklı tip ve konsantrasyonlar şeklinde uygulanan karbonhidratların sürgün poliferasyonu üzerine etkileri belirlenmiştir.

#### 2.5. Köklendirme Aşamasında Yapılan Uygulamalar

Farklı uygulamalar sonucunda elde edilen *in vitro* sürgünlerin köklendirilmeleri için IBA, IAA, 2, 4-D ve NAA'nın 0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4 mg/l konsantrasyonlarını içeren, farklı yoğunluktaki katı MS besi ortamlarında ( $\frac{1}{2}$ MS ve MS) kültüre alınmıştır. Besi ortamlarına ayrıca 7 g/l agar ve 20 g/l sakkaroz ilave edilmiştir. Köklendirme besi ortamlarında bitkiler 4 hafta süre ile kültüre alınan bitkiler daha sonra köklenme durumları (köklenme var/yok) ile kök yoğunluğu (az, orta, çok) bakımından değerlendirilerek, köklenme için en uygun besi ortam belirlenmiştir. Köklenen bitkiler

torf üzerinde toprağa alınarak doğal koşullara adaptasyonları sağlanmıştır. Yaklaşık üç hafta sonra bitkiler seralara alınmıştır.

## 2.6. Kültür Koşulları

Doku kültürlerinin tüm aşamalarında besin besi ortamlarına dikilen kültürler sıcaklığı  $25\pm 1^\circ\text{C}$  ve gün uzunluğu 16 saat aydınlık/8 saat karanlık ve ışık intensitesi de 3000 lüks olarak ayarlanmış kültür odalarında gelişmeye bırakılmıştır.

## 2.7. İstatistik Analizler

Bitkilerde sürgün gelişimi ve kök gelişimi ile ilgili çalışmalar 4 hafta sonra değerlendirilmiştir. Bütün denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü kurulmuş olup her tekerrürde 10 bitki bulunmaktadır. Bütün denemeler 3 kez tekrarlanmıştır. Elde edilen veriler SPSS 16 istatistik programı kullanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi ile istatistik olarak değerlendirilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. En Uygun Büyüme Düzenleyici Madde Kombinasyonlarının Belirlenmesi

Sürgün eksplantlarından en yüksek sürgün poliferasyonunu sağlayan büyüme düzenleyici kombinasyonunun belirlenmesi amacıyla projede belirlenen besi ortamlarında sunulan hormon kombinasyonları kullanılmıştır. Besi ortamları 7.5 g/l agar ve 30g/l sakkaroz ilave edilmiştir. Kültürler hazırlanan bu besin besi ortamlarında 4 hafta süreyle kültüre alındıktan sonra, eksplant başına düşen sürgün sayısı ve sürgün uzunluğu bakımından incelenmiştir. Denemede kullanılan farklı hormon kombinasyonu içeren bazı besi ortamları üzerinde gül sürgün uçlarında gelişme gözlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Farklı besi ortamlarda kültüre alınmış gül sürgün uçları.

En iyi sürgün oluşumu 1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub> içeren besi ortamında, en fazla sürgün sayısı ise 2 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub> besi ortamında gözlenmiştir (Şekil 2). Denemede kullanılan farklı hormon kombinasyonu içeren 16 besi ortam üzerinde de gül sürgün uçlarında gelişme gözlenmemiştir (Çizelge 2). Bir ay sonunda bitkilerde kararmalar ve kurumalar tespit edilmiştir (Şekil 3). Sonuç olarak TDZ ve kinetin hormonu *in vitro* koşullarında gül sürgün ucundan bitki rejenerasyonunu teşvik etmemiştir. Denemede kullanılan farklı BAP hormon kombinasyonu içeren besi ortamı

üzerinde gül sürgün uçlarında gelişme gözlenmiş ve bir ay sonucunda bitkilerde büyüme ve yeni sürgünler tespit edilmiştir.

**Çizelge 2.** Farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda büyüme düzenleyici içeren besi ortamlarında gelişen gül sürgün boyu ve sürgün sayısı

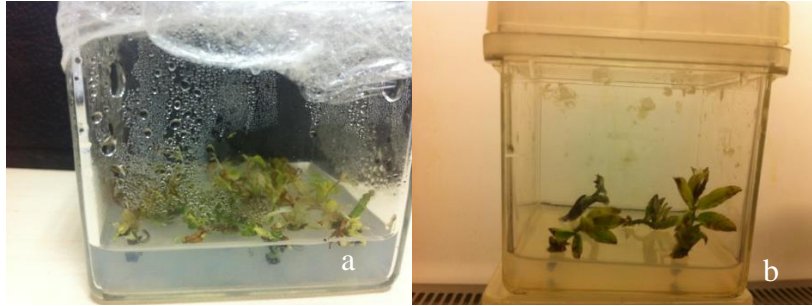
No	Büyüme düzenleyici madde kombinasyonları	Sürgün (cm)	boyu	Sürgün sayısı
1	0.5 mg/l TDZ	0 g		0 d
2	0.5 mg/l TDZ + 0.1 mg/l IBA	0 g		0 d
3	0.5 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA	0 g		0 d
4	0.5 mg/l TDZ + 0.1 mg/l NAA	0 g		0 d
5	0.5 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA	0 g		0 d
6	0.3 mg/l TDZ	0 g		0 d
7	0.3 mg/l TDZ + 0.1 mg/l IBA	0 g		0 d
8	0.3 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA+0.1 mg/l GA <sub>3</sub> +	0 g		0 d
9	0.3 mg/l TDZ + 0.1 mg/l NAA	0 g		0 d
10	0.3 mg/l TDZ + 0.5 mg/l NAA	0 g		0 d
11	1 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l NAA	0 g		0 d
12	1 mg/l Zeatin	1,5 e		1,5 bc
13	1 mg/l Zeatin + 0.1 mg/l IBA	1,6 e		1,4 bc
14	1 mg/l Zeatin + 0.5 mg/l IBA+0.1 GA <sub>3</sub>	1,95 cd		1,6 abc
15	0.5 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l IBA	0 g		0 d
16	0.5 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l IBA	0 g		0 d
17	0.5 mg/l BAP	1,4 f		1,4 c
18	0.5 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA	1,2 f		1,8 ab
19	0.5 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA	1,2 f		1,8 ab
20	1 mg/l BAP	2,10 ab		1,47 c
21	1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1mg/l GA <sub>3</sub>	2,20 a		1,70 abc
22	1 mg/l BAP + 0.5 mg/l IBA	2,0 bcd		1,85 a
23	2 mg/l BAP	1,51 e		1,6 abc
24	2 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1mg/l GA <sub>3</sub>	1,92 d		1,94 a
25	0.5 mg/l Zeatin	1,2 f		1,4 c
26	0.5 mg/l Zeatin + 0.1 mg/l NAA	2,10 ab		1,60 abc
27	0.5 mg/l Zeatin + 0.5 mg/l NAA	2,05 abc		1,62 abc
28	0.5 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l NAA+0.1mg/l GA <sub>3</sub>	0 g		0 d
29	1 mg/l Kinetin	0 g		0 d
30	1 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l IBA	0 g		0 d
31	1 mg/l Kinetin + 0.5 mg/l IBA	0 g		0 d
32	1 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l NAA	0 g		0 d

*R. bourbonia*'dan aldıkları boğum parçalarını MS+BAP (2.5, 5, 10 µM)+%2 sakkaroz +0.75 agar içeren besi ortamı üzerinde kültüre almışlardır. Yapılan çalışma sonucunda





Şekil 2. MS-1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub> içeren besi ortamı üzerinde gelişen sürgün uçları (a,b)



Şekil 3. 0.3 mg/l TDZ + 0.5 mg/l IBA+ 0.1mg/l GA<sub>3</sub> (a) ve 1 mg/l Kinetin + 0.1 mg/l IBA (b) içeren besi ortamları üzerinde kültüre alınan gül sürgün uçları

sürgün uzunluğu, kalınlığı ve sayısı bakımından en iyi gelişimi 5 µM BAP içeren besi ortamları üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Pati ve ark. (2004), yapmış oldukları çalışmada *R. damascena* yaprakları bitki rejenerasyonunun teşviki için farklı hormon konsantrasyonu ve kombinasyonları içeren besi ortamlar üzerinde kültüre almışlardır. En iyi bitki rejenerasyon teşvik besi ortamının ½ MS+%3 sakkaroz+ 46.8µM tidiazuran+0.27 µM NAA+ 17.7µM AgNO<sub>3</sub> gözlenmiştir. Rejenere olan bitkiler MS+2.25 µM BAP+ 0.054 µM NAA içeren besi ortamı üzerinde 7, 14, 21, 28, ve 35 gün süreyle kültüre alınmıştır. En iyi sürgün oluşumunun 21 gün içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Jabbarzadeh ve Khosk-Khui (2005), *R. damascena*'nın sürgünlerini farklı konsantrasyonlarda ve kombinasyonlarda kinetin, BA ve IBA içeren besi ortamlar üzerinde kültüre almışlardır. Çalışma sonucunda en iyi sürgün gelişiminin 2.5-3 mg/l BA ve 0.1 mg/l IBA içeren besi ortamı üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Salekjalali (2012), *R. damascena*'da BA'nın sürgün sayısını, NAA'nın sadece yeşil yaprak sayısını, floroglusinolün ise eksplant başına sürgün sayısını önemli derecede artırdığını; en iyi sürgün gelişiminin 2 mg/l BA, 0.1 mg/l NAA ve 100 mg/l floroglusinol içeren MS besi ortamının olduğu tespit etmişlerdir. Bagheri ve ark. (2015) da benzer şekilde BA ve NAA kombinasyonunun sürgün gelişimi için en uygun kombinasyon olduğunu, besin besi ortamlarına sitokinin ve oksinlerle birlikte gibberellik asit (GA<sub>3</sub>) ilavesinin yağ gülünde sürgün gelişimini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Mazmanoğlu (2003), yapmış olduğu çalışmada *R. damascena*'nın mikro çoğaltımında en uygun besi ortamın; sürgün gelişmesi aşamasında MS sıvı+ 1 mg/l BAP+ 7.5 g/l agar, çoğaltma aşamasında



MS+1 mg/l BAP+0.1 mg /L GA<sub>3</sub>+7.5 g/l agar, MS+2 mg/l BAP+0.1 mg /L GA<sub>3</sub>+7.5 g/l agar, MS+2 mg/l BAP+0.1 mg/l NAA+0.1 mg /L GA<sub>3</sub>+7.5 g/l agar içeren besi ortamları üzerinde başarılı bir şekilde kardeşlenmenin olduğu gözlenmiş, ancak bir sonraki alt kültürde bitkilerin bir kısmında nekrosiz görülmüş, daha sonra da bunların öldüğü tespit edilmiştir. Nikbakht ve ark. (2005), *R. damascena*'da en yüksek sürgün gelişimi ve çoğalma oranının 1 mg/l BA+ 0.1 mg/l NAA+ 0.1 mg/l GA<sub>3</sub> içeren besi ortamlarından elde edildiğini belirlemişlerdir. Alsemaan (2013), yağ gülünde 2 mg/l BA + 2 mg/l GA<sub>3</sub> kombinasyonunun sürgün gelişimini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir.

### 3.2. Sürgün Proliferasyonu Üzerine Farklı Karbonhidrat Tip ve Konsantrasyonlarının Etkilerinin Belirlenmesi

Sürgün gelişme denemesinde elde ettiğimiz sonuçlardan yola çıkarak, çalışmada bitki rejenerasyonu gerçekleşen 1 mg/l BAP+ 0.1 mg /L IBA+ 0,1 mg/l GA<sub>3</sub> hormon içeren besi ortamına farklı karbonhidrat tip ve konsantrasyonları (20, 30, 40 ve 50 g/l dozlarında glikoz, fruktoz ve sakkaroz) ilave edilmiştir. Denemede kullanılan farklı karbon kaynaklarından sakkaroz içeren besi ortamlar üzerinde gül sürgün uçlarında gelişme gözlenmiştir (Çizelge 3).

Özellikle 30 g/l sakkaroz içeren besi ortamı üzerinde gül sürgünlerinde gelişme ve yan sürgünler tespit edilmiştir (Şekil 4). 20 g/l sakkaroz içeren besi ortamlarında da gül sürgün gelişiminde benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Besi ortamı içerisindeki sakkaroz miktarı 40 ve 50 g/l de ise gül sürgünlerinde gelişim yavaşlamış ve 4. hafta sonunda hafif kararmalar tespit edilmiştir. Bu besi ortamlar üzerinde hiç bir sürgün gelişimi gözlenmemiştir.

**Çizelge 3.** Farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda karbonhidrat içeren besi ortamlarda gelişen gül sürgün boyu ve sürgün sayısı

No	Farklı karbon kaynakları	Sürgün boyu (cm)	Sürgün sayısı
1	20 g/l sakkaroz	2,2 b	1,4 b
2	30 g/l sakkaroz	2,5 a	1,8 a
3	40 g/l sakkaroz	1,2 c	0,5 c
4	50 g/l sakkaroz	1 c	0 d
5	20 g/l glikoz	0 d	0 d
6	30 g/l glikoz	0 d	0 d
7	40 g/l glikoz	0 d	0 d
8	50 g/l glikoz	0 d	0 d
9	20 g/l fruktoz	0 d	0 d
10	30 g/l fruktoz	0 d	0 d
11	40 g/l fruktoz	0 d	0 d
12	50 g/l fruktoz	0 d	0 d

Curir ve ark. (1986), gül sürgünlerinin köklendirilmesinde düşük karbon konsantrasyon (%1.5 sakkaroz) kullanımının bitkilerde köklendirmeyi artırdığını saptamışlardır. Damiano ve ark. (1987), agarlı besi ortam üzerine 1 cm kalınlıkta sıvı besi ortam ilave

edilmiş çift fazlı besi ortam uygulamasının köklenme oranında artış sağladığını bildirmişlerdir. Pati ve ark. (2001), mikro çoğaltılmış *R. damascena* ve *R. bourbonian*



**Şekil 4.** MS+ 1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub>+ 30 g/l sakkaroz içeren besi ortamı üzerinde kültüre alınan gül sürgün uçları

bitkiciklerinin köklendirilmesinde IBA içeren besi ortamdaki bitkilerin kök sayısının NAA içeren besi ortamındakilere göre daha fazla olduğunu, oksin ve sakkaroz miktarının artırılmasıyla da kök sayısının azaldığını ancak yüksek sakkaroz varlığında (%5) kök uzunluğunun arttığını buna bağlı olarak da kök uçlarında kararmaların meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Murashige ve Skoog (1962), yapmış oldukları çalışmada %3 sakkaroz oranının bitki sürgün gelişimine %2-4 sakkarozdan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanısıra Davies (1980) %2-8 oranında sakkarozu besi ortamına ilave etmiş ve en iyi sürgün gelişimi %4-5 oranında sakkaroz içeren besi ortamlarında tespit edilmiştir. Marcelis van Acker ve Scholten (1995) ise sakkaroz dışında glukoz kullanmışlar ve glikozun sürgün gelişimini teşvik ettiğini bildirmişlerdir.

### 3.3. En Uygun Köklendirme Ortamının Belirlenmesi

Farklı uygulamalar sonucunda elde edilen *in vitro* sürgünlerin köklendirilmeleri için IBA, IAA, 2, 4-D ve NAA'nın 0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4 mg/l konsantrasyonlarını içeren, farklı yoğunluktaki katı MS besi ortamlarında (½ MS ve MS) kültüre alınmıştır. IAA ve 2.4 D içeren besi ortamlarda kültüre alınan bitkilerde hiç bir gelişme olmadığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Genel olarak bitkilerde farklı konsantrasyonlarda IBA içeren besi ortamlarda kök gelişiminin daha iyi teşvik edildiği gözlenmiştir. (Çizelge 4). ½ MS, MS , ½ MS+0.5 mg/l NAA ve MS+0.5 mg/l NAA içeren besi ortamlarda kök



**Şekil 5:** ½ MS+2 mg/l IBA içeren besi ortamında köklenen gül bitkicikleri

**Çizelge 4.** Bazı büyüme düzenleyici dozlarının gülde köklenme üzerine etkileri

Uygulamalar	Büyüme düzenleyiciler	Köklenme oranı (%)	Kök sayısı
1	½ MS	0 fg	0 f
2	½ MS+0.5 mg/l IBA	13,3 ef	1 cdef
3	½ MS+1 mg/l IBA	68,3 b	4,3 b
4	½ MS+2 mg/l IBA	83,3 a	6 a
5	½ MS+4 mg/l IBA	13,3 ef	2 cde
6	½ MS+0.5 mg/l NAA	0 fg	0 f
7	½ MS+1 mg/l NAA	6,67 f	0,3 ef
8	½ MS+2 mg/l NAA	0 fg	0
9	½ MS+4 mg/l NAA	6,7 f	1 cdef
10	MS	0 fg	0 f
11	MS+0.5 mg/l IBA	26,7 de	2,7 c
12	MS+1 mg/l IBA	51,7 c	1,3 cdef
13	MS+2 mg/l IBA	37,3 d	2,3 cd
14	MS+4 mg/l IBA	13,3 ef	1,3 cdef
15	MS+0.5 mg/l NAA	0 fg	0 f
16	MS+1 mg/l NAA	6,7 f	0,3 ef
17	MS+2 mg/l NAA	0 fg	0 f
18	MS+4 mg/l NAA	6,7 f	0,67 def

gelişimi gözlenmemiştir. Bitkiler en iyi ½ MS+2 mg/l IBA içeren besi ortamlarda %83.3 oranında, MS+0.5 mg/l IBA içeren besi ortamda ise %68.8 oranında köklenmiştir (Şekil 5). Kök gelişimini tamamlayan bitkicikler toprağa aktarılmış ve doğal koşullara adaptasyonları sağlanmıştır.

Bar ve ark. (1984), köklenme aşamasında ½ MS besi ortamı içerisine 0.5 mg/l IAA+ 0.5mg/l IAA ve 0.5mg/l IBA eklendiğinde sürgünlerin %60'ında köklenmenin oluştuğunu bildirmiştir. Cai ve ark. (1984), ½ MS besi ortamı içerisine 0.5-1 mg/l IAA ilave edildiğinde 10-15 gün içerisinde gül sürgünlerinin bu besi ortamı içerisinde köklendiğini rapor etmişlerdir. Curir ve ark. (1986), gül sürgünlerinin köklendirilmesinde düşük karbon konsantrasyonunun (%1.5 sakkaroz) kullanımının bitkilerde köklendirmeyi artırdığını saptamışlardır. Damiano ve ark. (1987), agarlı besi ortam üzerine 1 cm kalınlıkta sıvı besi ortam ilave edilmiş çift fazlı besi ortamı uygulamasının köklenme oranında artış sağladığını bildirmişlerdir. Pati ve ark. (2001), mikro çoğaltılmış *R. damascena* ve *R. bourbonian* bitkilerinin köklendirilmesinde IBA içeren besi ortamdaki bitkilerin kök sayısının NAA içeren besi ortamdakilere göre daha fazla olduğunu, oksin ve sakkaroz miktarının artırılmasıyla da kök sayısının azaldığını ancak yüksek sakkaroz varlığında (%5) kök uzunluğunun arttığını buna bağlı olarak da kök uçlarında kararmaların meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Pati ve ark. (2004), rejenere olan *R. damascena* bitkilerini köklendirmek için ½ MS+10 µM IBA içeren sıvı besi ortamı içerisinde 2 hafta kültüre aldıktan sonra bir hafta karanlıkta %3 sakkaroz içeren sıvı besi ortamı içerisinde kültüre almışlardır. Bitkilerin köklenme oranlarının %90 olduğu gözlenmiştir. Jabbarzadeh ve Khosk-Khui (2005), *in vitro*'da mikroçoğaltımını gerçekleştirdikleri *R. damascena*'nın sürgünlerini MS, ½ MS, ¼ MS, ¼ MS ve farklı konsantrasyonlarda IAA, IBA ve NAA içeren besi ortamlar üzerinde kültüre almışlar ve köklenmelerin teşvik edilmediği gözlemlemişlerdir. En iyi kök

gelişiminin 2.5 mg/l 2,4-D içeren besi ortamı üzerinde 2 hafta kültüre alındıktan sonra hormon içermeyen bazal MS besi ortamına transfer edilen bitkilerde olduğunu tespit etmişlerdir. Noodezh ve ark. (2012 ) yapmış oldukları çalışmada *in vitro* koşullarında *R. damascena*'nın sürgünlerinin ½ MS+0.1 mg/l IBA içeren besi ortamlarında en iyi kök gelişimini gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Tabesh ve ark. (2013) doku kültüründe çoğaltılan bitkilerin köklenme besi ortamlarında NAA ile IBA'yı birlikte kullanmışlar ve 0.5 µM NAA ile 1.5 µM IBA içeren sıvı ½ Van der Salm besi ortamında sürgünlerin tamamının köklendiğini ve kök uzunluğunun ortalama 7.66 mm) bildirmişlerdir.

#### 4. Sonuçlar

Bilindiği gibi bir çok bitki türü, doku kültürü yöntemiyle yaygın olarak çoğaltılmaktadır. *In vitro* çoğaltım yöntemi ile genel olarak hastalıklardan arı sağlıklı, fenotipik ve genotipik benzerlikleri aynı olan kitlesel bitki üretimi yapılabilir. Sonuç olarak, yapmış olduğumuz çalışmada yağlık gülün doku kültürü besi ortamlarında en iyi sürgün oluşumu 1 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub> içeren besi ortamında en fazla sürgün sayısı ise 2 mg/l BAP + 0.1 mg/l IBA+0.1 GA<sub>3</sub> besi ortamında gözlenmiştir. Sürgün gelişme denemesinde elde ettiğimiz sonuçlardan yola çıkarak, çalışmada bitki rejenerasyonu gerçekleşen 1 mg/l BAP+ 0.1 mg /L NAA+ 0.1 mg/l GA<sub>3</sub> hormon konsantrasyonu ilave edildikten sonra farklı karbonhidrat tip ve konsantrasyonları (20, 30, 40 ve 50 g/l glikoz, fruktoz ve sakkaroz) ilave edilmiştir. Denemede kullanılan farklı karbon kaynaklarından sakkaroz içeren besi ortamları üzerinde gül sürgün uçlarında gelişme gözlenmiştir. Özellikle 30 g/l sakkaroz içeren besi ortamı üzerinde gül sürgünlerinde gelişme ve yan sürgünler tespit edilmiştir. İçerisinde 20 g/l sakkaroz içeren besi ortamlarda da gül sürgün gelişiminde benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Bitkiler en iyi ½ MS+2 mg/l IBA içeren besi ortamda % 83,3 oranında köklenmiştir. Araştırma sonucunda hızlı ve etkili bir fidan üretimi için uygun bir protokol geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada geliştirilmiş olan klonal mikroçoğaltım tekniği; günümüzde pratik anlamda doku kültürü ile fidan üretimi yapmaya başlayan özel kuruluşlar tarafından kullanılarak, gül fidanı üretiminin artırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, gülün ekonomik olarak ne kadar önemli olduğu göz önünde tutulacak olursa hızlı bir şekilde, çok sayıda , istenilen özelliklere sahip, sağlıklı gül bitkilerinin mutlaka yetiştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda *in vitro* çoğaltım yöntemleri aktif rol oynamaktadır. Bu çalışma ile gülün *in vitro*'da çoğaltılması için uygun bir protokol oluşturulmaya çalışılmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışma; Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından **2552-M-10 No`lu** proje ile desteklenmiştir.

#### Kaynakça

1. Anonim (2014). Gül çiçeği raporu. TC Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, Pp:11.

2. Alsemaan T (2013). Micropropagation of damask rose (*Rosa damascena*) cv. Almarah. International Journal of Agricultural Research, 8(4): 172-177.
3. Arıcı Ş E, Koç N K, Yüceer S, Köseli M A (2005). Gül (*Rosa turcica*)'ün *in vitro* klonal çoğaltımı.14. Biyoteknoloji Kongresi Bildirileri, 31 Ağustos -2 Eylül, ss:362-365, Eskişehir.
4. Bagheri M S, Saidi A, Jari S, Goodarzi G (2015). Effects of different hormonal concentrations on damask rose (*Rosa damascena* Mill.) Micropropagation in liquid tissue culture medium. International Journal of Biosciences, 6(6): 10-16.
5. Baydar H (2005) Tıbbi, aromatik ve keyf bitkileri bilim ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51, Isparta, Pp: 135-143.
6. Cai J, Cai M Y, Qian D (1984). Induction of multiple shoots and rapid propagation of clones of China rose (*R. chiensis*). Plant Physiol. Comm. Zhiwu Shenglixue Tongxun No: 5: 37-38.
7. Curir P, Damiano C, Cosmi T (1986). *In vitro* propagation of some rose cultivars. Acta Hort., 187: 221-224.
8. Damiano C, Ruffoni B, Costantino C, Bregliano R (1987). *In vitro* propagation of seven rose cultivars. Ann. Inst. Sperimentale Floricoltura 18(1): 43-55.
9. Davies D R (1980). Rapid propagation of roses *in vitro*. Sci Hort;13:385– 89.
10. Jabbarzadeh Z, Khosk-Khui M (2005). Factor affecting tissue culture of damask rose (*R.damascena* Mill.) Scientia Horticulturae, 105: 475-482.
11. Khosk-khui, M, Sink K C (1982). Micropropagation of new and old world rose species Journal of Horticultural Sciences 57(3): 315-319.
12. Mazmaoğlu M (2003). *Rosa damascena*'nın *in vitro* kültürde yan tomurcuk ve sürgün uçlarıyla mikroçoğaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
13. Murashige T, Skoo, F (1962). A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473-497.
14. Nikbakht A, Kafi M, Mirmasoudi M, Babalar M (2005). Micropropagation of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) cvs Azaran and Ghamsar. International Journal of Agriculture & Biology, 7(4): 535-538.
15. Noodezh H M, Moieni A, Baghizadeh A (2012). *In vitro* propagation of the damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 48(5): 530-538.
16. Örmeci Kart M, İkiz M, Demircan V (2012). Türkiye'de yağ gülü (*Rosa damascena*) üretimi ve ticaretinin gelişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (1): 124-134.
17. Pati K P, Sharma M, Ahuja P S (2001). Micropropagation, protoplast culture and its implications in the improvement of scenta rosa. Acta Hort., 547:147-158.
18. Pati K P, Sharma M, Sood A, Ahuja P S (2004). Direct shoot regeneration from leaf explants of *R.domesцена* Mill. *In vitro* Cell Dev. Biol. Plant, 40:192-196.

19. Pati K P, Rath S P, Sharma M, Sood A, Ahuja P S (2006). *In vitro* propagation of rose—a review, *Biotechnology Advances* 24: 94–114.
20. Salekjalali M (2012). Phloroglucinol, BAP and NAA enhance axillary shoot proliferation and other growth indicators *in vitro* culture of damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 12(7): 960-966.
21. Tabesh F, Jafarkhani Kermani M, Khayam Nekouei M, Mousavi A, Khalighi A (2013). *In vitro* propagation of damask rose (*Rosa damascena* cv. Ispahan). *Annals of Biological Research*, 4 (8): 134-138.

## Bitki Sıklığının Fesleğinde (*Ocimum basilicum* L.) Herba Verimi ve Uçucu Yağ İçeriği Üzerine Etkisi

İsrafil KÖSE<sup>1</sup> , Şevket Metin KARA<sup>1\*</sup> , Mehmet Muharrem ÖZCAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 15.02.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 05.08.2017)

### Öz

Bu çalışma farklı bitki sıklıklarının fesleğinde (*Ocimum basilicum* L.) herba verimi ve uçucu yağ içeriği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen tarla denemesinde ana parsellerde sıra arası (30, 40 ve 50 cm), alt parsellerde ise sıra üzeri mesafeler (10, 20 ve 30 cm) yer almıştır. Araştırmada çiçeklenme döneminde olmak üzere 2 biçim yapılmış ve bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak verimi ve uçucu yağ içeriği incelenmiştir. Ele alınan hiçbir özelliğe sıra arası mesafenin etkisi önemli çıkmamış, buna karşılık uçucu yağ içeriği dışındaki bütün özelliklerde sıra üzerinin etkisi önemli olmuştur. Sıra üzeri mesafe daraldıkça (10 cm) bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi ve yeşil yaprak verimi önemli ölçüde artmış ve özellikle geniş sıra arası mesafede (50x10 cm) bu artışlar çok daha belirgin olmuştur. Sonuç olarak, yüksek herba ve yaprak verimi için fesleğin 50x10 cm veya 40x20 sıra arası-sıra üzeri mesafede yetiştirilmesi önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Fesleğin, Reyhan, Sıra arası, Sıra üzeri

## The Effect of Plant Density on Herb Yield and Essential Oil Content of Basil (*Ocimum basilicum* L.)

### Abstract

This study was carried out to determine the effect of plant density on herbage yield and volatile oil content of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). A field experiment in split-plot design with three replications was carried out with intra-row spacing (30, 40 and 50 cm) allocated to main plots and inter-row spacing (10, 20 and 30 cm) allocated to sub-plots. In the study, the plants were harvested 2 times at flowering stage and plant height, fresh herb yield, dry herb yield, dry leaf yield and essential oil content were evaluated. The effect of inter-row spacing on none of the attributes studied was found to be non-significant, while the intra-row spacing effect was significant for all traits except volatile oil content. Plant height, fresh herb yield, dry herb yield and dry leaf yield increased significantly in narrower intra-row spacing (10 cm) and in wider row spacing of 50x10 cm this increase was much more apparent. As result, it was concluded that 50x10 cm or 40x20 row spacing arrangements would be used for high herb and leaf yield in basil production.

**Keywords:** Basil, Intra-row spacing, Inter-row spacing, Volatile oil

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: smkara58@hotmail.com

## 1. Giriş

Tarla bitkilerinde verim, verim unsurları ve kalite faktörlerini ve sonuçta elde edilen net geliri etkileyen en önemli yetiştirme tekniği uygulamalarından birisi de bitki sıklığıdır. Tarla tarımında uygun sıra aralığı ve sıra üzeri mesafe düzenlenmesiyle bitki gelişimine en uygun olan optimum bitki sıklığının sağlanmasına özen gösterilmelidir. Genel kural olarak; vejetatif aksamı küçük, kısa boylu ve bitki gelişmesi hızlı erkenci çeşitlerin daha yüksek bitki sıklıklarında yetiştirilmesi tercih edilmektedir.

Çok yüksek ve çok düşük bitki sıklıkları verim ve gelirden önemli kayıplara yol açabilmektedir. Düşük bitki sıklıklarında, her bir bitki genetik potansiyelini maksimum düzeyde ortaya koyabilir, yani bitki başına verim en yüksek seviyeye çıkabilir. Ancak, birim alandaki bitki sayısı maksimum verim için yetersiz olduğu için, düşük bitki sıklığı verimi sınırlayıcı etki yapar. Ayrıca, düşük bitki sıklıklarında yabancı ot gelişmesi artar ve yabancı ot kontrol maliyeti yükselir. Diğer taraftan yüksek bitki sıklıklarında, her bir bitkiye düşen yaşam alanı daralacağı için, büyüme ve gelişme faktörleri açısından bitkiler arasındaki rekabet artar ve bunun sonucunda bitki başına verim düşer. Bu yüzden, yüksek bitki sıklıklarında birim alan verimini sınırlayan esas faktör, düşük tek bitki verimidir.

Büyüme ve gelişme süresince birden fazla biçim yapılan tıbbi ve aromatik bitkilerde bitki sıklığı bitki boyu, herba verimi, biyoaktif madde oranı ve içeriği üzerinde etkili olabilmektedir. Fesleğende yürütülen bir çalışmada; yeşil herba, drog herba ve drog yaprak veriminde en yüksek sonuç 20x10 cm, uçucu yağ oranında en yüksek değerler ilk yıl 40x10 cm, ikinci yıl 30x10 cm dikim sıklığından elde edilmiştir (Ekren ve ark., 2009). Diğer taraftan Nacar ve Tansı (1997); 20, 40 ve 60 cm sıra arası mesafede yetiştirilen farklı kökenli fesleğen çeşitlerinin tamamında 20 cm sıra arasında daha yüksek uçucu yağ oranları elde etmiştir. Literatürde fesleğende bitki sıklığı konusunda yeterli sayıda araştırmanın bulunmadığı göz önüne alınarak bu çalışmanın amacı; bitki sıklığının fesleğende (*Ocimum basilicum* L.) verim ve uçucu yağ içeriği üzerine etkisinin tespit edilmesi olarak belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Fesleğende farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerde verim ve uçucu yağ oranlarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama sahasında 2014 yılı ürün yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Tarla denemesinin yürütüldüğü arazinin bulunduğu Ordu il merkezinde 2014 yılında kaydedilen yağış, sıcaklık ve oransal nem değerleri ile uzun yıllar ortalamaları Çizelge 1’ de farklı iki derinlikten alınan deneme alanına ait toprak özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Denemede bitki materyali olarak bir TÜBİTAK projesi kapsamında ülkemizin farklı yerlerinden toplanan (Telci ve ark., 2005) ve 2012 yılında Tokat ilinde Kazova’ da yetiştirilen 80’den fazla fesleğen popülasyonunu içinden seçilen Gaziantep orijinli, bitki büyüme ve gelişmesi iyi, dallanma oranı yüksek, orta boylu, yeşil renkli ve verim potansiyeli yüksek fesleğen genotipi kullanılmıştır. Tohumları torf ve perlit içeren viyollere 22.04.2014 tarihinde ekilmiş, fide (8-10 cm) boyuna geldikleri



30.05.2014 tarihinde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak tarlaya şaşırtılmıştır. Denemede ana parsellerde sıra arası mesafeler (30, 40 ve 50 cm) ve alt parsellerde ise sıra üzeri mesafeler (10, 20 ve 30 cm) yer almıştır. Her alt parsel 4 m uzunluğunda, 3 sıradan oluşmuştur. Parseller arasında 50 cm boşluk bırakılmış ve parsel kenarlarından birer sıra ve her sıranın başından ve sonundan 50 cm kenar tesiri olarak ayrılmıştır. Bitkilerin çiçek açma döneminde biçimlere başlanmış bitkiler toprak yüzeyinden 10 cm yükseklikten biçilmiş ve 10.07.2014 tarihinde 1. Biçim, 08.08.2014 tarihinde ise 2. Biçim yapılmıştır. Dikimden önce ve ayrıca her biçimden sonra 6 kg/da N ve dikimle birlikte 5 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanmıştır.

Araştırmada incelenen özelliklerden olan bitki boyu her parselden tesadüfi olarak seçilen 10 örnek bitkinin toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasına kadar olan yüksekliğin cm olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir. Yeşil heba verimi, parseldeki 10 bitki toprak seviyesinin 10 cm yüksekliğinden biçilip tartılarak belirlenmiş bu bitkiler 35 °C'de kurutularak hesaplanan % nem kayıplarından faydalanarak bitki başına kuru herba verimleri hesaplanmıştır (Telci ve ark. 2005). Kuru herbadan yaprak ve saplar ayı

**Çizelge 1.** Tarla denemesinin yürütüldüğü 2014 yılı ve uzun yıllar ortalamasına ait iklim değerleri\*

Aylar	2014 yılı					Uzun Yıllar				
	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)	Nem (%)
	Mak.	Min.	Ort.			Mak.	Min.	Ort.		
<b>Nisan</b>	13.6	12.7	12.8	21.9	72.4	15.1	8.3	11.4	74.3	76.1
<b>Mayıs</b>	22.9	17.5	19.1	27.2	73.1	19.1	12.3	15.6	55.6	76.7
<b>Haziran</b>	26.7	17.0	22.5	91.5	65.8	24.0	16.4	20.3	76.7	72.9
<b>Temmuz</b>	27.0	20.0	23.7	59.3	66.9	26.7	19.4	23.0	63.2	71.7
<b>Ağustos</b>	27.5	20.9	24.7	41.1	64.7	27.3	19.8	23.2	68.5	70.4
<b>Toplam</b>	117.7	88,1	102,9	241	342,9	112,2	76,2	93,5	338,3	367,8
<b>Ortalama</b>	23,54	17,62	20,58	48,2	68,58	22,44	15,24	18,7	67,66	73,56

\*Anonim, 2015; Ordu Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları

klanarak yaprak oranları belirlenmiş bu oranlardan kuru yaprak verimleri hesaplanmıştır. 35 °C'de kurutulmuş yapraklar Clevenger cihazında su destilasyonuna tabi tutulmuş elde edilen yağ volumetrik olarak cihazda belirlenmiştir. Yapraktaki uçucu yağ oranı kuru madde üzerinden ml/100 g (%) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller deneme desenine göre SAS-JMP-5.01

programında varyans analizine tabi tutulmuş ve akabinde sıra arası, sıra üzeri ve interaksiyon etkisinin önemli çıktığı özelliklerde ortalamaları mukayese etmek için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır (Acar ve Gizlenci, 2006).

**Çizelge 2.** Deneme alanı toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri\*

Derinlik (cm)	pH	Tekstür	Kireç (%)	Tuzluluk (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)	K <sub>2</sub> O (kg/da)	OM (%)	N (%)
0-30	6,93	Killi tınlı	0,57	0,05	5,12	26,82	2,72	0,09
30-60	7,06	Killi tınlı	0,49	0,03	4,35	39,19	2,39	0,08

\*: Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarı

### 3. Bulgular

Sıra arası ve sıra üzeri düzenlemeyle oluşturulan bitki sıklıklarının fesleğende verim ve uçucu yağ içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada bitki büyüme ve gelişme periyodu içinde, çiçeklenme zamanında olmak üzere, iki biçim yapılmış ve her biçimden alınan veriler önce ayrı ayrı daha sonra birlikte analiz edilmiştir. Ele alınan her özellik (bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi, kuru yaprak verimi ve uçucu yağ oranı) ayrı başlıklar altında incelenmiş ve verilere ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'e göre sıra üzeri mesafelerinin birinci Biçim ve iki biçim zamanı uçucu yağ oranları hariç diğer incelenen tüm özelliklerde istatistiki açıdan farklılıklar oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar birinci biçim bitki boyu ve kuru yaprak verimi değerlerinde % 5 düzeyinde önemli olurken diğerlerinde ise % 1 düzeyinde önemli olmuştur. Sıra arası x sıra üzeri interaksiyon etkisi sadece birinci biçim zamanında bitki boyu ve yeşil herba verimi üzerinde % 1 düzeyinde önemli olmuştur.

**Çizelge 3.** Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerde yetiştirilen fesleğende her iki biçimde elde edilen değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S. D	1. Biçim Kareler Ortalaması				
		Bitki boyu (cm)	Yeşil herba Verimi (g/Bitki)	Kuru herba Verimi (g/Bitki)	Kuru yaprak verimi (g/Bitki)	Uçucu yağ oranı (%)
Blok	2	53.84	2293.09	43807.70	11760.10	0.0015
Sıra arası	2	56.74	1457.94	15306.90	3856.82	0.0004
Hata	4	326.60	1914.44	13071.70	3038.71	0.0018
Sıra üzeri	2	10.57*	2364.37**	35623.10**	9955.73*	0.0015
Sıra arası x Sıra üzeri	4	93.85**	9320.23**	6385.32	2154.61	0.0017
Hata	12	5.25	272.33	4242.20	1705.60	0.0017
VK		6.42	26.29	28.50	32.49	37

**Çizelge 3. Devamı**

Varyasyon Kaynakları	S. D	2. Biçim Kareler ortalaması				
		Bitki boyu (cm)	Yeşil herba Verimi (g/Bitki)	Kuru herba Verimi (g/Bitki)	Kuru yaprak herba verimi (g/Bitki)	Uçucu yağ oranı (%)
Blok	2	8.11	44140	1850.22	354.49	0.0013
Sıra arası	2	6.42	104604	510.30	62.32	0.0014
Hata	4	37.38	248297	5829.21	1745.49	0.0024
Sıra üzeri	2	123.33**	1588735**	21461.80**	7531.84**	0.0048*
Sıra arası x Sıra üzeri	4	0.77	69120	2226.08	1115.03	0.0018
Hata	12	11.72	51339	2433.78	713.92	0.0071
VK		10.74	17.24	29.44	27.71	23.92

Varyasyon Kaynakları	S. D	İki Biçim Kareler Ortalaması				
		Bitki boyu (cm)	Yeşil herba Verimi (g/Bitki)	Kuru herba Verimi (g/Bitki)	Kuru yaprak herba verimi (g/Bitki)	Uçucu yağ oranı (%)
Blok	2	5.06	2574469	62951.5	15968.60	0.00023
Sıra arası	2	50.67	2257778	12715.5	3048.13	0.00025
Hata	4	80.27	3140231	28564.8	7474.40	0.00035
Sıra üzeri	2	60.22**	7758925**	109279.0**	33628.80**	0.00033
Sıra arası x Sıra üzeri	4	13.37	1167644*	14416.5	5416.45	0.00085
Hata	12	6.47	385972.7	8154.6	2722.37	0.00023
VK		7.54	18.84	22.79	23.34	20.60

ıra arası x sıra üzeri interaksiyon etkisinin önemli olması, sıra üzeri mesafenin bitki boyu ve yeşil herba verimi üzerine olan etkisinin sıra arası mesafeye göre değiştiğini ifade etmektedir. Ele alınan diğer özelliklerde istatistiki açıdan farklılıklar gözlenmemiş olup tüm değerleri ve önemlilik grupları Çizelge 4’te verilmiştir.

### 3.1. Bitki Boyu

Çizelge 4’ görüleceği üzere; ikinci biçim zamanında bitki boyu üzerine sadece sıra üzerinin etkisi önemli çıkmış ve birinci biçimde olduğu gibi sıra üzeri mesafe daraldıkça, bütün sıra arası mesafelerde, bitki boyu da artmıştır. Nitekim 10 cm sıra üzeri mesafede 35.32 cm olan bitki boyu, 30 cm sıra üzeri mesafede 27.95 cm olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 4.** Ele alınan genotipin farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerde iki biçim zamanındaki ortalama ve toplam değerleri ile önem grupları

<b>Bitki Boyu (cm)</b>												
Sıra arası (cm)												
Sıra üzeri (cm)	30 cm			40 cm			50 cm			1. Biçim Ort.	2. Biçim Ort.	Ort. Toplam
	1. Biçim	2. Biçim	iki biçim Ort.	1. Biçim	2. Biçim	iki biçim Ort.	1. Biçim	2. Biçim	iki biçim Ort.			
10 cm	34.27 cd	34.60	34.43	37.00 bc	36.63	36.82	38.70 ab	34.73	36.72	36.66 A	35.32 A	35.99 A
20 cm	36.50 bc	32.13	34.32	41.63 a	33.97	37.80	31.03 de	30.73	30.88	36.38 A	32.28 A	34.33 A
30 cm	33.77 cd	27.93	30.85	39.93 ab	28.90	34.42	27.93 e	27.03	27.48	33.87 B	27.95 B	30.92 B
<b>Biçim Ort</b>	<b>34.84</b>	<b>31.55</b>		<b>39.52</b>	<b>33.17</b>		<b>32.55</b>	<b>30.83</b>				
<b>İki Biçim Ort.</b>			<b>33.20</b>			<b>36.35</b>			<b>31.69</b>			
<b>1. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 2.35 (sıra üzeri)      LSD<sub>0.01</sub>: 4.08 (sıra arası x sıra üzeri)</b>												
<b>2. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 3.52 (sıra üzeri)</b>												
<b>İki Biçim Ort. LSD<sub>0.01</sub>: 2.61 (sıra üzeri)</b>												

<b>Yeşil herba verimi (g/bitki)</b>												
Sıra arası (cm)												
Sıra üzeri (cm)	30 cm			40 cm			50 cm			1. Biçim Ort.	2. Biçim Ort.	Ort. Toplam
	1. Biçim	2. Biçim	İki biçim Ort. Toplam	1. Biçim	2. Biçim	İki biçim Ort. Toplam	1. Biçim	2. Biçim	İki biçim Ort. Toplam			
10 cm	238.33 ab	152.20	391.00	230.16 ab	180.00	409.70	286.17 a	179.00	464.70	251.6 A	170.06 A	421.61 A
20 cm	168.33 bcd	137.33	306.00	278.50 a	159.00	437.00	136.50 cd	116.12	252.70	194.44 B	137.33 B	331.80 B
30 cm	126.00 d	74.33	199.83	226.00 abc	90.12	316.00	96.50 d	96.00	192.00	149.27 B	86.70 C	235.94 C
<b>Biçim Ort</b>	<b>177.38</b>	<b>121.27</b>		<b>245.00</b>	<b>142.72</b>		<b>173.05</b>	<b>130.10</b>				
<b>Ort. Toplam</b>			<b>298.70</b>			<b>387.60</b>			<b>303.11</b>			
<b>1. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 53.60 (sıra üzeri)      LSD<sub>0.01</sub>: 92.84 (sıra arası x sıra üzeri)</b>												
<b>2. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 23.27 (sıra üzeri)</b>												
<b>İki Biçim Ort. Toplam LSD<sub>0.01</sub>: 63.80 (sıra üzeri)</b>												

Çizelge 4. Devamı

<b>Kuru herba verimi (g/bitki)</b>												
Sıra üzeri (cm)	Sıra arası (cm)									1. Biçim Ort.	2. Biçim Ort.	Ort. Toplam
	30 cm			40 cm			50 cm					
	1. Biçim	2. Biçim	İki biç. Ort. Toplam	1. Biçim	2. Biçim	İki biç. Ort. Toplam	1. Biçim	2. Biçim	İki biç. Ort. Toplam			
10 cm	28.90	23.62	52.50	28.50	17.32	46.17	30.10	21.93	52.90	29.57 A	20.96 A	50.53 A
20 cm	21.28	19.90	40.37	30.11	19.14	49.26	14.40	15.53	29.92	21.92 B	17.92 B	39.84 B
30 cm	15.71	9.98	25.69	23.13	11.73	34.87	12.43	12.49	24.92	17.09 B	11.40 B	28.49 C
<b>Biçim Ort</b>	<b>22.00</b>	<b>17.57</b>		<b>27.40</b>	<b>16.70</b>		<b>19.26</b>	<b>16.66</b>				
<b>ORT. Toplam</b>			<b>39.52</b>			<b>43.43</b>			<b>35.91</b>			
<b>1. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 6.69 (sıra üzeri)</b>												
<b>2. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 5.7 (sıra üzeri)</b>												
<b>İki Biçim Ort. Toplam: LSD<sub>0.01</sub>: 9.28 (sıra üzeri)</b>												
<b>Kuru yaprak verimi (g/bitki)</b>												
Sıra üzeri (cm)	Sıra arası (cm)									1. Biçim Ort.	2. Biçim Ort.	Ort. Toplam
	30 cm			40 cm			50 cm					
	1. Biçim	2. Biçim	İki biç. Ort. Toplam	1. Biçim	2. Biçim	İki biç. Ort. Toplam	1. Biçim	2. Biçim	İki biç. Ort. Toplam			
10 cm	15.70	13.47	29.16	15.60	9.94	25.54	30.10	13.16	30.88	16.34 A	12.17 A	28.53 A
20 cm	10.57	11.15	21.72	16.74	11.02	27.77	14.40	8.54	17.16	11.98 B	10.24 A	22.22 B
30 cm	9.02	5.01	14.03	12.91	7.11	20.01	12.43	7.37	14.87	9.81 B	6.49 B	16.31 C
<b>Biçim Ort</b>	<b>11.76</b>	<b>9.87</b>		<b>15.08</b>	<b>9.36</b>		<b>11.28</b>	<b>9.70</b>				
<b>ORT. Toplam</b>			<b>21.64</b>			<b>24.44</b>			<b>20.97</b>			
<b>1. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 4.24 (sıra üzeri)</b>												
<b>2. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 2.74 (sıra üzeri)</b>												
<b>İki Biçim İçin Ort. Toplam: 5.36 (sıra üzeri)</b>												

Çizelge 4. Devamı

Sıra üzeri (cm)	Uçucu yağ (%)											
	Sıra arası (cm)									1. Biçim Ort.	2. Biçim Ort.	Ort. Toplam
	30 cm			40 cm			50 cm					
1. Biçim	2. Biçim	İki biçim Ort.	1. Biçim	2. Biçim	İki biçim Ort.	1. Biçim	2. Biçim	İki biçim Ort.	1. Biçim Ort.	2. Biçim Ort.	Ort. Toplam	
10 cm	0.64	0.36	0.52	0.37	0.32	0.36	0.47	0.44	0.44	0.49	0.38 B	0.44
20 cm	0.41	0.43	0.40	0.44	0.33	0.44	0.47	0.47	0.48	0.44	0.41 A	0.44
30 cm	0.35	0.60	0.48	0.43	0.63	0.52	0.40	0.43	0.40	0.39	0.55 A	0.47
<b>Biçim Ort</b>	<b>0.47</b>	<b>0.46</b>		<b>0.41</b>	<b>0.43</b>		<b>0.44</b>	<b>0.44</b>				
<b>İki Biçim Ort.</b>			<b>0.47</b>			<b>0.44</b>			<b>0.44</b>			

1. Biçim LSD<sub>0.01</sub>: 0.028 (sıra üzeri)

Sıra üzeri mesafe artışına paralel olarak, bütün sıra arası mesafelerde, belirgin olarak bitki boyunda bir azalış söz konusu olmaktadır; 10 cm sıra üzeri uygulamada 34-36 cm olan bitki boyu, 30 cm sıra üzeri uygulamasında 27-29 cm değerini almıştır. İki biçim ortalamasına göre, bitki boyu üzerine sadece sıra üzerinin etkisi önemli çıkmış ve sıra üzeri mesafe daraldıkça, bütün sıra arası mesafelerde, bitki boyu da artmıştır. Nitekim 10 cm sıra üzeri mesafede 35,99 cm olan bitki boyu, 20 cm sıra üzeri mesafede 34,33 cm, 30 cm sıra üzeri mesafede 30,92 cm olarak ölçülmüştür. Bütün sıra arası mesafelerde, sıra üzeri mesafe genişledikçe bitki boyu değerlerinin azaldığı ve en kısa bitki boyunun en geniş sıra arası x sıra üzeri uygulamasından (50x30 cm) elde edildiği açıkça görülmektedir.

### 3.2. Yeşil herba verimi

Yeşil herba veriminin farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerden önemli oranda etkilendiği Çizelge 4'te görülmektedir. Birinci biçimde yeşil herba verimi sıra üzeri mesafe genişledikçe çok önemli derecede azalmış ve 10 cm sıra üzeri mesafede 251.56 g/bitki olan yeşil herba verimi, 30 cm sıra üzerinde 149.28 g/bitki seviyesine düşmüştür. İkinci biçimde, sıra üzeri mesafe azaldıkça yeşil herba verimi çok önemli derecede azalmaya başlamış ve 10 cm sıra üzerinde 170.06 g/bitki olan yeşil herba verimi 30 cm sıra üzerinde 86.67 g/bitki değerine düşmüştür. Geniş sıra üzeri mesafelerde görülen yeşil herba verimindeki azalma bütün sıra arası mesafelerde geçerlidir. İki biçim toplamına göre, sıra üzeri mesafe azaldıkça toplam yeşil herba verimi çok önemli derecede azalmaya başlamış ve 10 cm sıra üzerinde 421.61 g/bitki olan yeşil herba verimi 30 cm sıra üzerinde 235.94 g/bitki değerine düşmüştür. Sıra üzeri mesafe artışına

paralel olarak yeşil herba veriminde ortaya çıkan azalma özellikle 50 cm sıra arası uygulamada çok bariz olarak izlenebilmektedir.

### **3.3 Kuru herba verimi**

Farklı sıklıklardaki kuru herba verimlerini inceleyebildiğimiz çizelge 4' göre birinci biçimde, sıra üzeri mesafe azaldıkça kuru herba verimi de azalmış ve 10 cm sıra üzerinde 29.57 g/bitki olan kuru herba verimi 20 cm sıra üzerinde 21.92 g/bitki ve 30 cm sıra üzerinde 170.90 g/bitki değerine düşmüştür. Geniş sıra üzeri mesafelerde kuru herba verimindeki azalma bütün sıra arası mesafelerde geçerlidir. İkinci biçim zamanında, sıra üzeri mesafenin azalmasına paralel olarak kuru herba verimi de çok önemli olarak azalmıştır. Nitekim 10 cm sıra üzerinde 20.96 g/bitki olan kuru herba verimi 30 cm sıra üzerinde 11.40 g/bitki değerine kadar düşmüştür. Benzer şekilde neredeyse bütün sıra arası mesafelerde, sıra üzeri mesafe arttıkça kuru herba verimi önemli derecede azalmıştır. İki biçim zamanı toplamına göre, sıra üzeri mesafenin azalmasına paralel olarak kuru herba verimi de çok önemli olarak azalmıştır. Nitekim 10 cm sıra üzerinde 50.53 g/bitki olan kuru herba verimi 30 cm sıra üzerinde 28.49 g/bitki değerine kadar düşmüştür. Sıra arası mesafe değerlerinde farklılıklar olsa da, sıra üzeri mesafe arttıkça kuru herba verimi önemli derecede azalmıştır.

### **3.4. Kuru yaprak verimi**

Çizelge 4 incelendiğinde, farklı sıklıklarda kuru yaprak verimleri birinci biçimde, sıra üzeri mesafe azaldıkça azalmış ve 10 cm sıra üzerinde 16.34 g/bitki olan kuru yaprak verimi 30 cm sıra üzerinde 9.81 g/bitki değerine düşmüştür. Benzer şekilde, özellikle 30 ve 50 cm sıra arası mesafelerde, sıra üzeri mesafe arttıkça kuru yaprak verimi önemli derecede azalmıştır. Birinci biçimde olduğu gibi, ikinci biçimde de sıra üzeri mesafe azaldıkça kuru yaprak verimi çok önemli derecede azalmıştır. Nitekim 10 cm sıra üzeri mesafede 12.19 g/bitki olan kuru yaprak verimi 20 cm sıra üzerinde 10.24 g/bitki ve 30 cm sıra üzerinde ise 6.49 g/bitki seviyesine düşmüştür. Kuru yaprak veriminde özellikle 30 ve 50 cm sıra arasında, sıra üzeri mesafe arttıkça önemli azalmalar olmuştur. İki biçim zamanı toplamına göre, sıra üzeri mesafe azaldıkça toplam kuru yaprak verimi çok önemli derecede azalmıştır. Nitekim 10 cm sıra üzeri mesafede 28.53 g/bitki olan kuru yaprak verimi 20 cm sıra üzerinde 22.22 g/bitki ve 30 cm sıra üzerinde ise 16.05 g/bitki seviyesine düşmüştür. Toplam kuru yaprak veriminde özellikle 30 ve 50 cm sıra arası mesafelerde, sıra üzeri mesafe arttıkça önemli azalmalar olmuştur.

### **3.5. Uçucu yağ oranı**

İkinci biçimde sıra üzeri mesafe arttıkça uçucu yağ oranının da önemli derecede arttığı çizelge 4'te görülmektedir. Nitekim 10 cm sıra üzeri mesafede % 0.38 olan uçucu yağ oranı 20 cm sıra üzerinde % 0.41 ve 30 cm sıra üzerinde ise % 0.55 seviyesine yükselmiştir. Uçucu yağ oranında özellikle 30 ve 40 cm sıra arası mesafelerde, sıra üzeri mesafe arttıkça önemli artışlar gerçekleşmiştir. İki biçim zamanı ortalaması olarak; uçucu yağ oranları farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerde % 0.44-0.47 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük uçucu yağ oranı % 0.52 olarak 30x10 cm ve 40x30 sıra arası ve sıra üzeri uygulamalarından, buna karşılık en düşük uçucu yağ oranı 40x10 cm uygulamasından elde edilmiştir. Diğer özelliklerden farklı olarak, sıra arası

ve sıra üzeri mesafeye göre uçucu yağ oranı bakımından dikkati çeken değişiklikler görülmemiştir (Çizelge 4).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bilindiği gibi tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini belirleyen en önemli unsur içerdikleri sekonder metabolitlerin miktarı ve bileşenleridir. Diğer taraftan, sekonder metabolitlerin bitkideki miktarı ile bileşenlerin sayısı ve oranı bitkinin drog olarak kullanılan kısmına, bitkisel drogun toplanma zamanına, çevre şartlarına, yetiştirme tekniği ile hasat ve hasat sonrası uygulamalara önemli değişiklik gösterebilmektedir (Özcan ve Erkmen, 2001; Baydar, 2009). Bu yüzden, farklı ekolojiler ve yetiştirme tekniği uygulamalarında, bitkilerin farklı organlarından farklı gelişme dönemlerinde elde edilen uçucu yağların miktarı ve bilhassa bileşimi çok farklı olabilmektedir.

Bu çalışmada farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafe düzenlemesinde yetiştirilen fesleğen bitkisinde birinci ve ikinci biçim zamanlarında verim ve uçucu yağ içeriği yönünden ortaya çıkan değişimler incelenmiştir. Sıra arası mesafenin etkisi biçim zamanları için ayrı ve birleşik olarak yapılan hiçbir analizde incelenen hiçbir özellik açısından önemli çıkmamıştır. Buna karşılık sıra üzeri mesafenin etkisi uçucu yağ oranı dışındaki bütün özelliklerde, biçim zamanları için ayrı ve birleşik yapılan analizlerde önemli olmuştur. Uçucu yağ içeriğinde sıra üzeri mesafenin etkisi sadece ikinci biçim zamanında önemli bulunmuştur. Diğer taraftan sıra arası x sıra üzeri interaksyonu birinci biçimde bitki boyu ve yeşil herba veriminde ve toplam yeşil herba veriminde önemli çıkmıştır.

Ekren ve ark., (2009) tarafından yürütülen bir sıklık çalışmasında sıra arası olarak 20, 30, 40 ve 50 cm, sıra üzeri olarak 10 ve 20 cm mesafeler kullanılarak 8 farklı sıklığın etkisi araştırılmıştır. Çalışmada farklı bitki sıklıklarının bitki boyu ve uçucu yağ içeriği üzerine etkisinin önemsiz buna karşılık yeşil herba verimi, drog herba verimi ve drog yaprak verimi üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Bir başka çalışmada (Arabacı ve Bayram, 2004), bitki sıklığının uçucu yağ oranı dışındaki bütün özelliklerde önemli olduğu ve bitki sıklığı artışının bitki boyu ile verim özelliklerini olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir. Bitki sıklığının özellikle yeşil ve kuru herba ve yaprak verimini artırdığı diğer bazı çalışmalarda da bildirilmiştir (Sadeghi ve ark., 2009; Maboko ve DuPlooy, 2013).

Bitki boyları denemenin ilk yılında biçimlere göre sırasıyla 48.0-60.2 cm, 33.9-38.5 cm, 48.2-60.4 cm, 49.1-58.9 cm; ikinci yılında 45.1-49.2 cm, 39.4-50.6 cm, 51.5-56.7 cm, 38.8-54.7 cm arasında değişmiştir (Çizelge 2). Bitki boyunun; Ceylan (1997), 50-60 cm; Telci ve ark. (2005), Türkiye’de kültürü yapılan bazı reyhan genotiplerinde 22.9-57.0 cm; Erşahin (2006), farklı reyhan popülasyonlarında 40.0-76.9 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Gerek birinci ve gerekse ikinci biçim zamanında sıra üzeri mesafe daraldıkça bitki boyu, yeşil herba verimi, kuru herba verimi ve yeşil yaprak verimi önemli ölçüde artmış ve özellikle geniş sıra arası mesafede (50 cm) bu artışlar çok daha belirgin olmuştur. Benzer bir durum iki biçim zamanı için yapılan birleşik analizde de çok bariz olarak görülmektedir; örneğin 10 cm sıra üzeri mesafede 35.99 cm olan bitki boyu 30 cm sıra üzeri mesafede 30.93 cm değerine düşmüştür. Diğer taraftan, 30 cm sıra üzeri mesafede



28.49 g/bitki ve 16.30 g/bitki olan kuru herba verimi ve kuru yaprak verimi, 10 cm sıra üzeri mesafede sırasıyla 50.53 g/bitki ve 28.53 g/bitki değerlerine ulaşmıştır. Buna göre, sıra üzeri mesafenin 30 cm'den 10 cm'ye düşmesiyle, kuru herba veriminde % 77.3, kuru yaprak veriminde ise % 74.9 oranında artış olmuştur.

Dar sıra üzeri mesafenin bitki boyu ve verim özelliklerini artırıcı etkisi, özellikle 50 cm gibi geniş sıra arası mesafede çok daha barizdir. Örneğin, 50 cm sıra arası mesafede 30 cm sıra üzerinde 27.48 cm olan bitki boyu, 10 cm sıra üzeri mesafede % 33,4'lük bir artışla 36.72 cm değerine ulaşmıştır. Buna karşılık, 30 cm sıra arası mesafede 30 cm sıra üzerinde 30.85 cm olan bitki boyu, %11.6 oranında artış göstererek 34.43 cm değerini almıştır. Benzer durum herba ve yaprak verimi değerleri için de geçerlidir; 50 cm sıra arası mesafede 30 cm sıra üzerinde 24.92 g/bitki olan kuru herba verimi, 10 cm sıra üzerinde % 112.28' lik bir artışla 52.90 g/bitki değerine ulaşmıştır. Diğer taraftan, 30 cm sıra arası mesafede 30 cm sıra üzerinde 25.69 g/bitki olan kuru herba verimi, % 104.36 oranında artış göstererek 52.51 g/bitki değerini almıştır. Kuru yaprak veriminde sıra üzeri mesafenin 30 cm' den 10 cm' e düşmesiyle; 50 cm sıra arası mesafede % 107.69, 30 cm sıra arası mesafede ise % 107.84 oranında artış olmuştur. Bu çalışmanın bitki sıklığı artışının özellikle yeşil ve kuru herba ve yaprak verimlerini artırdığı yolundaki bulguları literatürdeki bulguları destekler mahiyettedir. Fesleğende bitki sıklığı konusunda yürütülen çalışmalar sıklık artışına bağlı olarak yeşil ve kuru herba verimlerini de arttığını ortaya koymuştur (Arabacı ve Bayram, 2004; Ekren ve ark., 2009; Pirkouhi ve ark., 2012; Maboko ve DuPlooy, 2013).

Uçucu yağ içeriği hariç, incelenen bütün özelliklerde buraya kadar açıklanan bulgular fesleğende bitki büyüme ve gelişmesi açısından esas önemli olan unsurun sıra üzeri mesafe olduğunu ortaya koymaktadır. Bitki boyu ile yaprak ve herba verimlerinde en yüksek değerler biçim zamanına göre bir değişim göstermeden 10 cm sıra üzeri mesafe uygulamasından elde edilmiştir. Biçim zamanı açısından değerlendirme yapıldığında, ikinci biçim zamanında bitki boyu ile yaprak ve herba verim değerlerinin azaldığı dikkati çekmektedir.

Birinci biçim zamanında 10, 20 ve 30 cm sıra üzeri mesafelerde ölçülen bitki boyu değerleri sırasıyla 36.66 cm, 36.38 cm ve 33.87 cm olurken, ikinci biçimde bu değerler sırasıyla 35.99 cm, 34.33 cm ve 30.92 cm olarak gerçekleşmiştir. Benzer olarak kuru herba ve kuru yaprak verimleri ikinci biçimde birinci biçime göre düşüş göstermiştir. Birinci biçimde 10, 20 ve 30 cm sıra üzeri mesafelerde 29.50 g/bitki, 21.90 g/bitki ve 17.0 g/bitki olan kuru herba verimleri ikinci biçimde verilen sıra üzeri mesafeler için sırasıyla 20.90 g/bitki, 17.90 g/bitki ve 11.40 g/bitki değerini almıştır. Aynı şekilde birinci biçimde 16.30 g/bitki, 11.90 g/bitki ve 9.80 g/bitki olan kuru yaprak verimleri 10, 20 ve 30 cm sıra üzeri mesafelerde sırasıyla 12.10 g/bitki, 10.20 g/bitki ve 6.50 g/bitki değerlerini almıştır. İkinci biçimde birinci biçime göre gerçekleşen oransal azalma verileri incelendiğinde, en yüksek azalmanın % 72.2 değeri ile yeşil herba veriminde 30 cm sıra üzeri mesafede gerçekleştiği görülmektedir.

Fesleğen gibi yılda birden fazla biçim yapılan bitkilerde yapılan çalışmalar genellikle birinci biçimlerin daha yüksek değerler verdiğini göstermektedir. Telci (2005), 3 farklı fesleğen genotipinde bitki boylarının biçim zamanlarına göre çok önemli farklılıklar

gösterdiğini ve birinci biçimlerden edilen bitki boylarının ikinci ve üçüncü biçimlerde elde edilen bitki boyu değerlerinden daha yüksek olduğunu bildirmektedir.

Biçim zamanları için ayrı ayrı ve birleşik olarak yapılan analiz sonucuna göre; uçucu yağ oranı ve bitki boyu dışındaki diğer özelliklerde en yüksek değerlerin genellikle 50 x 10 cm sıra arası ve sıra üzeri düzenlemeden elde edildiği görülmüştür. Bitki boyunda ikinci biçimde 50x10 cm mesafe uygulaması en yüksek değeri verirken, ikinci biçim ve biçimler ortalamasında en yüksek değere 40x20 cm uygulamasında ulaşılmıştır. Diğer taraftan, yeşil herba verimi, kuru herba verimi ve kuru yaprak veriminde ikinci biçimde daha dar sıra arası ve sıra üzeri mesafelerden (30x10 cm) daha yüksek değerlerin alındığı dikkati çekmektedir. İkinci biçimde sıra üzerinin etkisi dışında, uçucu yağ oranı üzerine farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerin etkisi önemsiz çıkmıştır. İkinci biçim zamanında sıra üzeri mesafe azaldıkça, diğer özelliklerden farklı olarak, uçucu yağ oranı da azalmıştır; 30 cm sıra üzerinde % 0.55 olan uçucu yağ içeriği 10 cm sıra üzerinde % 0.38'e düşmüştür.

Etkisi istatistiki olarak önemli çıkmamış olmakla birlikte, sıra arası mesafelere göre birinci ve ikinci biçimlerdeki analizlerin ikisi hariç tamamında ve ayrıca birleşik olarak yapılan analizde en yüksek değerler 40 cm sıra arasından elde edilmiştir. Örneğin, 30 cm sıra arasında 39.53 g/bitki olan toplam kuru herba verimi, 40 cm sıra arasında 43.43 g/bitki ve 50 cm sıra arasında ise 35.91 g/bitki değerini almış bulunmaktadır. Benzer şekilde, 30 ve 50 cm sıra arasında sırasıyla 21.64 g/bitki ve 20.97 g/bitki olan kuru yaprak verimi 40 cm sıra arası mesafede 24.44 g/bitki değerine ulaşmıştır.

Buraya kadar yapılan değerlendirmelere göre, bu araştırmadan elde edilen bulgular fesleğende bitki boyu ile herba ve yaprak verimi açısından optimum bitki sıklığının belirlenmesinde esas etkili faktörün sıra üzeri mesafe olduğunu ortaya koymaktadır. Sıra üzeri mesafe kısaldıkça bitki boyu ile herba ve yaprak verimleri de önemli ölçüde artış göstermiş ve biçim zamanına göre değişim göstermeksizin 10 cm sıra üzeri uygulaması en yüksek değerleri vermiştir. Bitki boyu ile herba ve yaprak veriminde dar sıra üzeri mesafede gözlenen bu artışlar özellikle geniş sıra arası mesafede (50 cm) çok daha belirgin olmuştur. Sonuç olarak, fesleğenin yüksek herba ve yaprak verimi için 50x10 cm veya 40x20 sıra arası-sıra üzeri mesafede yetiştirilmesi önerilebilir.

## **Teşekkür**

Bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli desteği sağlayan Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi (BAP) birimine teşekkürlerimi sunarım.

## **Kaynaklar**

1. Acar, M., & Gizlenci, Ş. 2006. Tarımsal araştırmacılar için JMP kullanımı. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun, 70s.
2. Anonim, 2015. Ordu Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları, Ordu.

3. Arabacı, O., & Bayram, E. 2004. The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). Journal of Agronomy, 3(4): 255-262.
4. Baydar, H. 2009. Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 51: 122-123.
5. Ceylan, A. 1997. Tıbbi bitkiler II (Uçucu yağ içerenler). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:481, İzmir, 289s.
6. Ekren, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., & Bayram, E. 2009. Farklı dikim sıklıklarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 46(3): 165-173.
7. Erşahin, L., 2006, Diyarbakır ekolojik koşullarında yetiştirilen fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) popülasyonlarının agronomik ve kalite özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana.
8. Maboko, M. M., & DuPlooy C. P., 2013. High-plant density planting of basil (*Ocimum basilicum*) during summer/fall growth season improves yield in a closed hydroponic system, Pretoria, South Africa.
9. Nacar, Ş., & Tansı, S. 1997. Essential oil composition at different basil (*Ocimum basilicum* L.) origins from Mediterranean Region. 28th International Symposium on Essential Oils. Eskişehir, Türkiye.
10. Özcan M., & Erkmen O., 2001. Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Turkish Plant Spices, Eur Food Res Technol, 212, 658-660.
11. Pirkouhi M. G., Nobahar A., & Dadashi M. A., 2012. Effects of Variety, planting pattern and density of plant phenology traits basil plants (*Ocimum basilicum* L.), Rasht, Iran.
12. Sadeghi S., Rahnavard A., & Ashrafi Z. Y. 2009. The effect of plant-density and sowing date on yield of Basil (*Ocimum basilicum* L.) In Iran, İran.
13. Telci, İ. 2005. Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinde uygun biçim yüksekliklerinin belirlenmesi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2): 77-83.
14. Telci, İ., Bayram E., Yılmaz G., & Avcı A.B. 2005. Türkiye’de kültürü yapılan yerel fesleğen (*Ocimum spp.*) genotiplerinin morfolojik, agronomik ve teknolojik özelliklerinin karakterizasyonu ve üstün bitkilerin seleksiyonu (Sonuç Raporu), TOG TAG-3102 No’ lu Proje. TÜBİTAK

## Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile Kurutmanın Fındığın (*Corylus avellana* L.) Kuruma Karakteristiklerine Etkisi

Mithat AKGÜN<sup>1\*</sup> , Özer ŞENYURT<sup>2</sup>  Levent KANDEMİR<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, FBE, Yenilenebilir Enerji Bölümü, Ordu

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, TBMYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ordu

<sup>3</sup>Ordu Üniversitesi, FBE, Yenilenebilir Enerji Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 08.10.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 11.12.2017)

### Öz

Fındığın anavatanı olan Karadeniz Bölgesi hasat döneminde oldukça yağışlı ve nemlidir. Bu nedenle hasat edilen fındığın geleneksel yöntemle kurutulması durumunda kurutma süresi uzamakta ve fındıkta çürüme meydana gelmektedir. Bu durum fındığın kalitesini ve raf ömrünü düşürmekte, fındıkta aflatoxin oluşumuna sebep olmaktadır. Fındıkta oluşan olumsuz etkilerden kurtulmak için farklı mekanizmalarla fındıktan kütle transferi gerçekleştirilmektedir. Bu deneysel çalışmada, daha az enerji ile kısa sürede ve gıda özelliklerini koruyacak şekilde fındığın mekanik kurutulmasını sağlamak için sıcak beyaz (sarı) 3000K renk sıcaklığına sahip LED'li bir tünel tipli kurutma sistemi kullanılmıştır. Kurulan sistem içerisinde fındık iki farklı çap aralığında (14-15 mm, 16-17 mm) ve dört farklı hava hızında ( $v=0$  m/s,  $v=0,5$  m/s,  $v=1$  m/s ve  $v=1,5$  m/s) kurutulmuştur. Ayrıca, karşılaştırma yapabilmek için fındık, fırın ve güneşte de kurutulmuştur. Etüvde kurutma ve  $v=0,5$ , 1,0 ve 1,5 m/s hava hızlarındaki LED'li kurutma, güneşte kurutma ile karşılaştırıldığında kurutma işlemi sırasıyla, %41, %65, %67 ve %72 daha kısa sürede gerçekleşmiştir. LED'li kurutmada fındık iç sıcaklığı, artan hava hızına (0,5 m/s, 1 m/s, ve 1,5 m/s) bağlı olarak maksimum % 25 düşmektedir. Aynı zamanda fındık boyutunun artması kuruma süresini maksimum % 15 daha artırmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Fındık kurutma, Kuruma eğrisi, LED renk sıcaklığı.

### White Influence of Warm White (Yellow) Color LED Drying Technique on Drying Characteristics of Hazelnut (*Corylus avellana* L.)

#### Abstract

The weather is very rainy and moist during the harvesting season at the Black Sea Region in Turkey which is the homeland of hazelnut. For this reason, if the harvested hazelnut is dried by the conventional method, the drying period is prolonged and putrefaction is occurred in hazelnut. This situation decreases the quality and shelf life of hazelnut and causes aflatoxin formation in hazelnut. Mass transfer from hazelnut is carried out mechanically to get rid of the adverse effects that occur in nuts. In this experimental work, a tunnel type drying system with LED warm white (yellow) 3000 K color temperature was used to provide mechanical drying of the hazelnut in a short time with less energy and to preserve of food properties. The hazelnut was dried in two different sizes (14-15 mm, 16-17 mm) and four different air velocities ( $v=0$  m/s,  $v=0,5$  m/s,  $v=1$  m/s and  $v=1,5$  m/s). Also, hazelnuts were dried in oven and sun in order to make comparisons. According to this comparison results, the drying times with oven and LED at air velocities of  $v = 0,5$  m/s,  $v = 1,0$  m/s and  $v = 1,5$  m/s were found to be shorter than that with sun as 41%, 65% 67 and 72%, respectively.

**Keywords:** Hazelnut drying, Drying curve, LED color temperature

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: makgun@odu.edu.tr

## 1. Giriş

Gıda kurutma, gıdaların özelliklerini koruyarak uzun süre saklanmasını sağlayacak neme düşürülmesini sağlayacak üründen kurutucu ortama olan kütle transferi işlemidir. Kurutma işlemi doğal yollarla veya gelişen teknolojilerle bağlı olarak mekanik metotlarla gerçekleştirilir. Bazı tarımsal ürünleri (buğday, mercimek, fasulye) doğal yollarla (dalında veya güneş enerjisi ile) kurutmak mümkünken, tarımsal ürünlerin çoğunun kurutulmasında kuruma ortam şartlarına bağlı olarak mekanizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Artan dünya nüfusunun ihtiyacını kısa sürede, en az enerji ile sağlıklı olarak karşılayabilmek için gıdaların kurutulmasını sağlayacak ürün kuruma kinetiğinin belirlenmesi, ürüne has kurutma tekniklerinin ve mekanizasyonunun geliştirilmesi çabaları sürmektedir.

Ürünün kuruma kinetiği; kuruma prosesinin en önemli parçası olup, kurutucu havanın nemi, sıcaklığı ve akış hızına bağlı olarak üründen ortama olan zamana bağlı nem kaybının belirlenmesidir. Bu parametreler yanında ürünün cinsi, geometrisi, boyutu ve miktarı da kurutucu dizaynında ve optimizasyonunda önemli rol oynamaktadırlar. Üründen kurutucu ortama olan kütle transferi parametrelerini belirlemek ve bu sırada üründe oluşan değişimleri (fiziksel ve kimyasal) belirlemek için çok farklı teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Kurutma prosesinde, nemli malzemelerin ısı ve kütle transferini tanımlayan ilk teorik model 1973 yılında Luikov tarafından önerilmiştir.

Demirtaş C. (1996), dalından koparılmış nem oranı yüksek fındığın mekanik kurutma davranışını incelemiştir. Kurutma havasının dört farklı bağıl nemi (%0,45-0,70), üç farklı hava hızı(0,2-0,6 m/s )ve dört farklı hava sıcaklığında (25-50 °C) çalışılmış ve tumbul fındığın 3 günde (72 saat) kurduğunu tespit etmiştir.

Hawlder ve diğerleri (1997), çeşitli kurutucu akışkan hızlarında ve değişik atmosfer koşullarında deneyler yaparak domatesin kuruma karakteristiklerini belirlemişlerdir. Deneylerin analizi sonucunda da efektif difüzivite ile hem sıcaklık hem de atmosfer havası arasında bir bağıntı geliştirilmiştir.

Hussain ve Dincer (2003), silindirik cisimlerin kurutulması müddetince ısı ve nem transferinin iki boyutlu analizini yapmışlardır. Bu analizde sonlu farklar yaklaşımı kullanılmıştır. Nemli cisimler içindeki sıcaklık ve nem dağılımı farklı zaman periyotlarında elde edilmiş, bu sonuçlar literatürle karşılaştırılmış ve başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Krokida ve diğerleri (2003), kurutucu hava şartlarının (hızı, sıcaklığı ve nemi) ve ürünün karakteristik boyutunun kuruma kinetiğine olan etkisi incelemiştir. Kurutmada seçilen ürünler; patates, havuç, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, mısır, bezelye, kereviz, balkabağı ve domatestir. Nem transferinin hesaplanmasında logaritmik model kullanılmıştır. Kurutulan ürünlerin denge nemi % 10 olarak belirlenmiştir. Çalışma,

havanın farklı iki sıcaklığında yapılmıştır (30 °C ve 70 °C). Kısmen sıcaklıkla kurutma sabitlerinin arttığı denge nem bileşeninin de azaldığı belirtilmiştir.

Kaya ve arkadaşları (2011) yaptıkları deneysel çalışmada; hava parametrelerinin çeşitli değerleri (25 ° C, 35 ° C, 45 ° C ve 55 ° C sıcaklık; 0,3, 0,6 ve 0,9 m/s hızlar; % 20,% 40,% 60 ve% 80 bağıl nem) için fındığın kurutma özelliklerini tespit etmişlerdir.

Karaarslan S.(2014), Trabzon hurmasını nem içeriği %15 olana kadar 180,360, 540, 720 ve 900 W olana kadar 5 farklı güç sevişesinde kurutmuş. En hızlı kurumanın 900 W'ta olduğu görülmüş, kuruma davranışının tüm çalışma koşullarında Midilli ve Küçük modeline daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Dünya fındık üretiminin yaklaşık %70'i Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yapılmaktadır. Ancak fındığın hasat döneminde (5 Ağustos-15 Eylül) bölge yoğun yağışlı ve nemli olduğundan (14 Ağustos-13 Ekim tarihleri arası bölgede "çürük ayı" olarak tanımlanmaktadır) fındığın kuruma süresi uzun ve buna bağlı olarak fındıkta aflatoksin oluşumu gözlenmektedir. Bu da fındığın raf ömrü, kalite ve ekonomik değerini düşürmektedir. Bu olumsuzlukları gidermek için fındıktan olan kütle transferini hızlandıracak aynı zamanda fındığın fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyarak kurutulmasını sağlayacak mekanik kurutucular geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemlerinde kullanılan enerji kaynaklarının (elektrikli ısıtıcı, doğalgaz ve mazotlu ) enerji maliyetlerinin yüksek olması ve bu makinaların bölgenin kurutma ihtiyacının çok azını karşılaması sebebiyle tünel tipi LED'li kurutma sisteminin geliştirilmiştir. Düşük enerji kullanılarak LED'li kurutmanın yapıldığı literatürde başka bir çalışmaya rastlanmamış olması bu deneysel çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır.

Fındık bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak geleneksel olarak sergi üzerinde güneşte kurutulmaktadır. Bu çalışmada güneşte kurutma model alınmış, güneş renk sıcaklığına yakın 3000 K değerinde sıcak beyaz (Sarı) renkli LED'ler kullanılmıştır.

## **2. Materyal ve Yöntem**

Bu deneysel çalışmada Karadeniz Bölgesinde yetişen tombul (Giresun yağlısı) fındık kullanılmıştır. İki farklı boyuttaki tombul fındığın güneşte, elektrikli kurutucuda ve dört farklı hava akış hızındaki LED renk sıcaklığına bağlı kuruma karakteristikleri ( kütle - zaman değişimi) incelenmiştir. Kuruma işlemi fındığın nem değeri %6 ya düşene kadar sürdürülmüştür.

Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile fındık kurutma diğer kuruma şartlarıyla karşılaştırılmasını sağlamak için fırın (etüv) ve güneşte fındık kurutulmuştur (Şekil 2). Kurutma boyunca fırın sıcaklığı 43°C 'de sabit tutulmuştur (Şekil 1). Güneşte kurutmada fındık bir sergi üzerinde gün boyunca (gece-gündüz) bekletilmiştir. Her iki yöntemde de fındığın kütle kaybı zamana bağlı ölçülmüştür.

LED teknolojisi kullanılarak yapılan kurutma işleminde; 10.000 lümen değerine sahip LED'ler olacak şekilde sarı renkli LED'ler (3000 K) kurutucu kabinin üzerine monte edilmiştir. LED'lerle ürün arasındaki mesafe 5 cm olarak ayarlanmıştır ve bu mesafede ışığın Lümen değeri 89,5 kLux olarak ölçülmüştür. LED'den elde edilen enerji ürüne taşı



**Şekil 1:** LED'li kurutma kabininin fotoğrafı  
*Figure 1: Photo of drying cab with LED*

nım ve ışınlama ile verilmiştir. Bu yöntemde fındık dört farklı hava hızında ( $v=0$  m/s,  $v=0,5$  m/s,  $v=1$  m/s,  $v=1,5$  m/s,) kurutulmuştur. Tüm deneylerde havanın kurutma bölgesine giriş sıcaklığı bölgenin gündüz sıcaklık ortalaması  $30$  °C olarak sabitlenmiştir. Kurutma kabini hava giriş-çıkış sıcaklığı ve ürün sıcaklığı termo elemanla ölçülmüş, data kart ile de zamana bağlı olarak sıcaklıklar kayıt altına alınmıştır. Ayrıca fındığın kütle kaybı zamana bağlı olarak ölçülmüştür.



**Şekil 2:** Güneşte kurutma  
*Figure 2: Drying at sun*

Fındığın başlangıç nemi infrared metoduyla ölçülmüş ve % 32 olarak belirlenmiştir.

Fındık zulufundan ayıklanmış, kabuklu olarak iki farklı boyutta (14-15 mm ve 16-17 mm) kurutulmuştur.

Kuruma esnasında belirlenen zaman aralıklarında numunelerin kütleleri ölçülmüş ve havaya kütle transferi sırasında fındığın % nem oranı (%NO) altı farklı kurutma şartları için aşağıdaki denklemine göre hesaplanarak verilmiştir.

$$\% \text{ Nem Oranı } (\% \text{ NO}) = \frac{m_t - m_e}{m_0 - m_e} * 100$$

Burada;  $m_t$  t anındaki kütle (g),  $m_e$  denge anındaki kütle (g),  $m_0$  ilk kütle (g), temsil etmektedir.

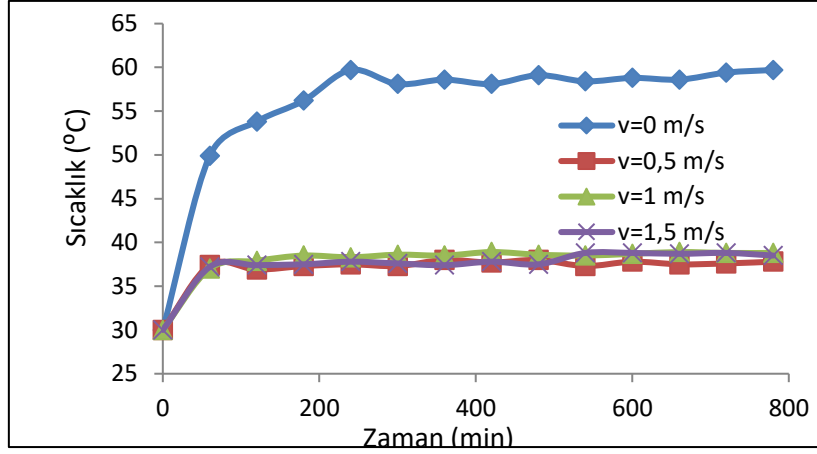
### 3. Bulgular ve Tartışma

Mekanik fındık kurutucularında fındıkta gıdaca özellikleri açısından bozulmamalar olmaması için kurutucu ortam sıcaklığı en fazla 50 °C olmasına dikkat edilmektedir. Şekil 3’de hava hızına bağlı olarak LED’li kurutucu ortam çıkış sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi kurutucu ortam çıkış sıcaklığı hava hızını  $v=0$  m/s değeri için 60 °C değerinde yaklaşık sabit kalmaktadır. Bu sıcaklıkta yapılan kurutmada zaman bağlı kütle kaybı fazla olsa da kurutma için hava hızının artırılması fındık üzerinden geçen hava sıcaklığın 30 °C’den 38 °C’ye çıkabilmektedir. Şekil 4’de fındık iç sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi fındık üzerinden akan hava hızı sıfır olduğunda fındık iç sıcaklığı 62 °C’ye ulaşmaktadır. Fındığın 50 °C üzerindeki sıcaklıklarda uzun süreli bekletilmesi durumunda fındıkta peroksit ve serbest yağ asit miktarındaki artış görüldüğünden  $v=0$  m/s hava hızında LED’li kurutmada fındık iç sıcaklığı bu değeri geçtiği için uygun bir kurutma hızı değildir. Bununla birlikte fındık üzerinden akan hava hızı artırıldığında fındık iç sıcaklığı da düşmektedir. 3000K’lik LED için fındık iç sıcaklığı artan hava hızına (0,5 m/s, 1 m/s ve 1,5 m/s) bağlı olarak düşmektedir. Hava hızları artsa d zamana bağlı kurutma için seçilen bu artış optimum sıcaklık aralığında (43-50 °C) kalmaktadır.

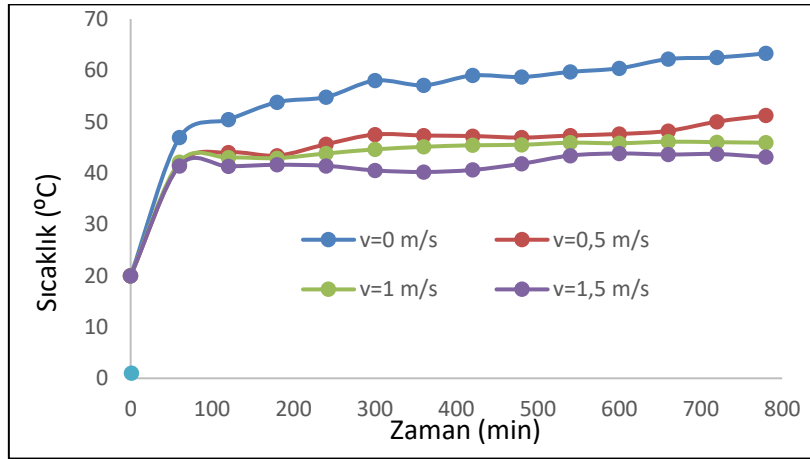
Hava hızına bağlı olarak fındığın (Ø 14-15 mm) kütle –zaman değişimi Şekil 5’da verilmiştir. Fındık çapının 14-15 mm olarak seçildiği kurutma şartlarında fındık iç sıcaklığı hava hızına bağlı olarak düşsede (Şekil 6) fındık kuruma hızı artan hava hızına (0,5 m/s ile kıyaslandığında da, 1 m/s hız için %15 ve 1,5 m/s hız için %25) bağlı olarak kuruma süreleri azalmaktadır.

LED’li kurutmada iki farklı boyuttaki fındığın hava hızlarına bağlı olarak kütle –zaman değişimleri Şekil 7,8 ve 9’da verilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi fındık boyutunun artması kuruma süresini maksimum % 15 daha artırmaktadır.

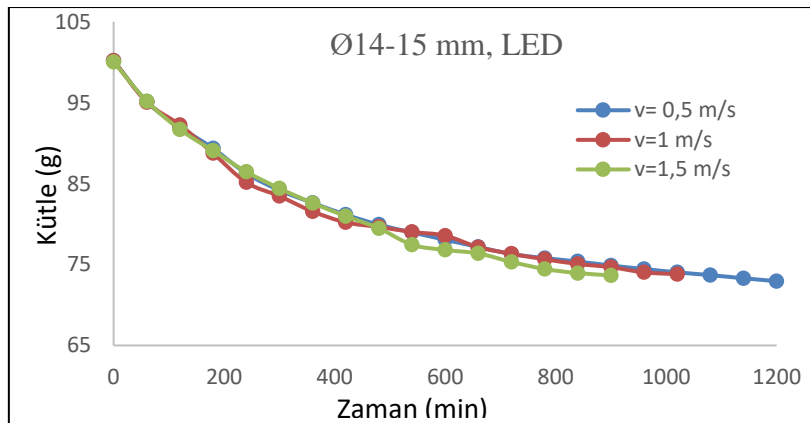




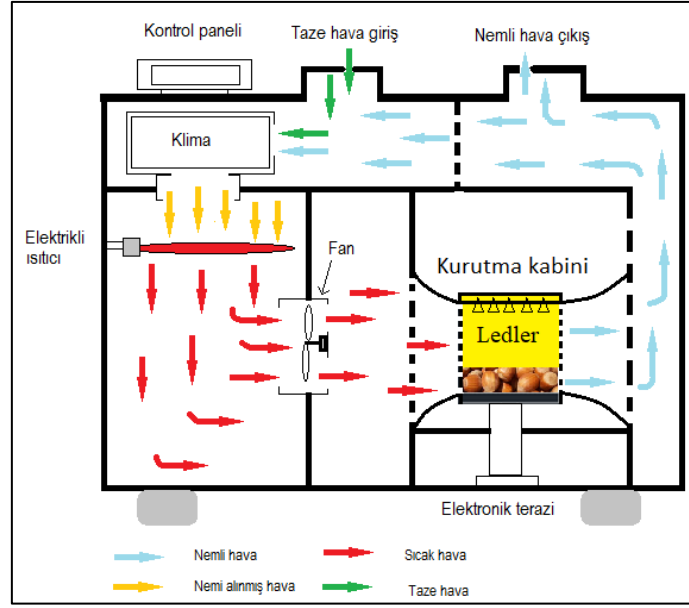
Şekil 3: Led ile kurutmada hava hızına bağlı olarak kurutma kabini çıkış sıcaklık-zaman değişimi  
Figure 3: Variations of drying cabin outlet temperature-time depending on air speed in drying with LED



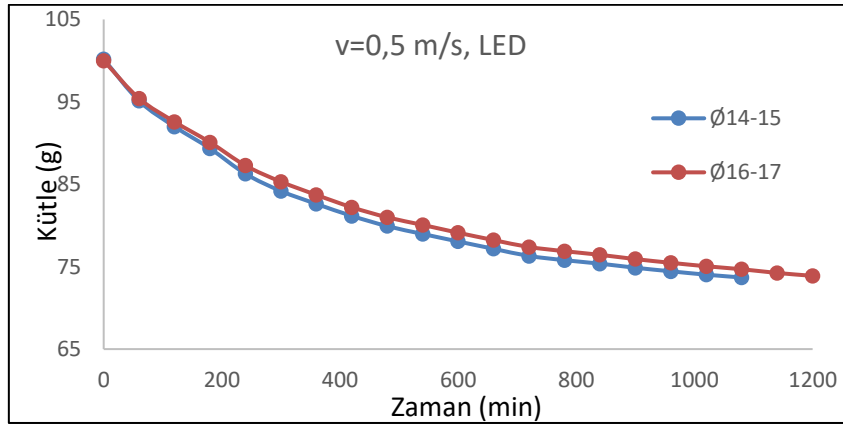
Şekil 4: LED ile kurutmada fındık iç sıcaklığı- zaman değişimi  
Figure 4: Variations of hazelnut inner temperature- time change at drying with LED



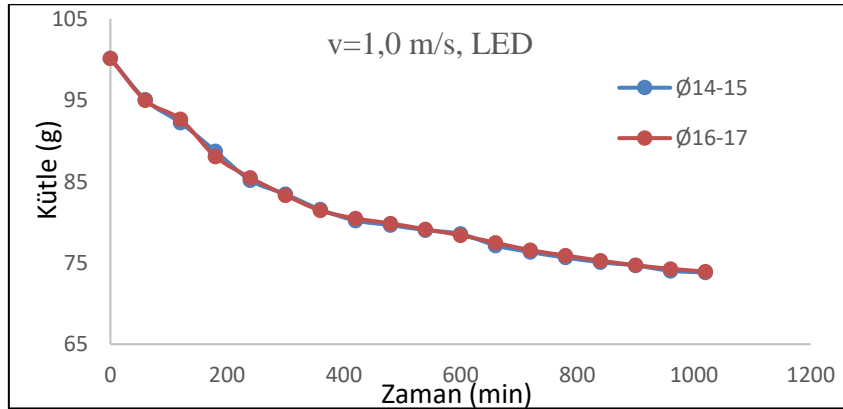
Şekil 5: Hava hızına bağlı olarak fındığın(Ø 14-15) kütle –zaman değişimi  
Figure 5: Mass-time variations of nuts (Ø 14-15) depending on air velocity



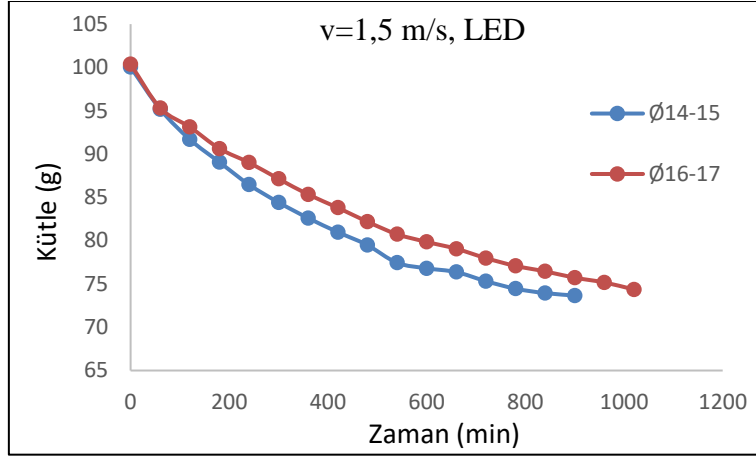
Şekil 6: LED'li kurutma sisteminin şematik görünüşü  
Figure 6: Schematic view of with LED drying system



Şekil 7: Farklı boyuttaki fındığın 0.5 m/s hava hızda kütle – zaman değişimi  
Figure 7: Mass-time variations of in air velocity of 0.5 m/s at different size

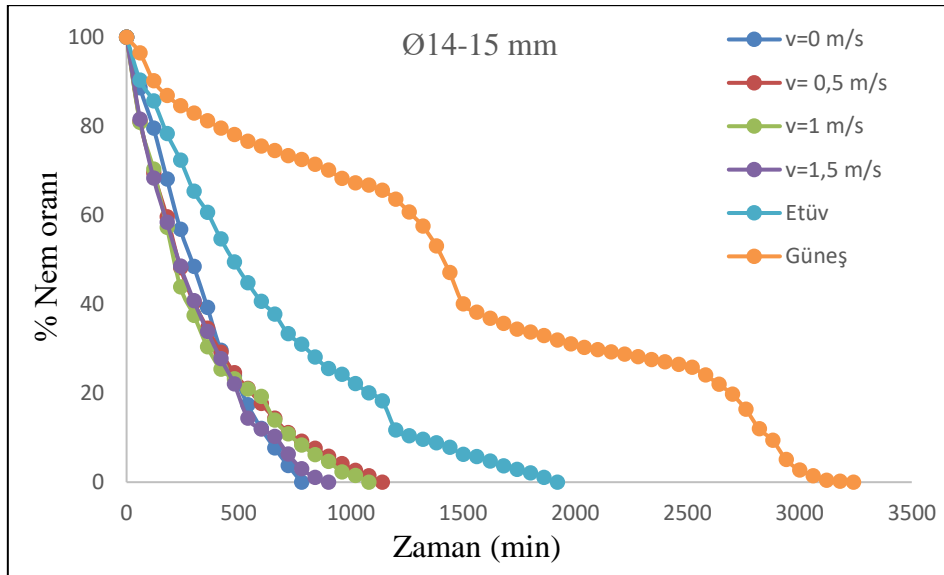


Şekil 8: Farklı boyuttaki fındığın 1 m/s hava hızda kütle – zaman değişimi  
Figure 8: Variations of mass-time at 1 m/s air velocity of different sizes of nuts



Şekil 9: Farklı boyuttaki fındığın 1.5 m/s hava hızında kütle –zaman değişimi  
Figure 9: Variations of mass-time at 1.5 m/s air velocity of different sizes of nuts

Nemi yüksek (yaklaşık %32) olarak hasat edilen 14-15 mm çapındaki fındığın Güneşte, etüvde (43 °C) ve sıcak beyaz (sarı) renkli LED ile farklı hava hızlarında kurutması sırasında zamana bağlı % nem oranı değişimi Şekil 10’da verilmiştir. Grafiklerden görüleceği fındığın neminin %6’ya en kısa sürede (14 saat) düştüğü kurutma; v=0 m/s hava hızlı LED’li kurutmadır. Ancak bu kurutma fındık kurutma ortam sıcaklığı (60 °C) ve fındık iç sıcaklığı dikkate (63 °C) alındığında uygun bir kurutma ortamı olmadığı görülmektedir. Güneşte kurutma (54 saat) ile kıyaslandığında etüvde kurutma %41, v=0,5 m/s hava hızında LED’li kurutma %65, v=1,0 m/s hava hızında Led’li kurutma %67, v=1,5 m/s hava hızında LED’li kurutma %72 daha kısa sürede kurutma işlemi gerçekleşmiştir.



Şekil 10: Farklı kurutma şartlarında fındığın(Ø 14-15) % nem oranı –zaman değişimi  
Figure 10: Moisture ratio-time variation of hazelnut(Ø 14-15) at different drying conditions

LED’li kurutma kabini içerisinde kurutma başlangıcında sıcaklık 30 °C iken kurutma süresince kabin iç sıcaklığı hem taşınım hem de ışınlama ile artmıştır. LED’li sistemde ortam (hava) yerine kurutulması gereken ürüne ışınlama ile enerji verilmiş ve Güneşte yapılan kurutma (gündüz % nem kaybı hızlanmış, gece % nem kaybı oldukça yavaşlamış) modellenmiştir.

Mekanik kurutma sistemlerinde kurutma süresinin kısalması (LED kullanımı) hem zaman hem de enerji verimliliği açısından uygun olması yanında, makinaların rantabl kullanımı ve daha fazla üreticiye hitap etmesi açısından çok önemlidir.

## **Sonuçlar**

1. Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile yapılan fındık kurutma Güneşte kurutmadan süre ve ürün gıda özelliklerinin korunması açısından çok daha avantajlıdır.
2. Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile yapılan kurutma konveksiyonel kurutuculardan süre ve enerji verimliliği açısından daha avantajlıdır.
3. LED’li kurutmada kabin sıcaklığı fındığın bozulma sıcaklığını geçmeyecek şekilde akışkan hava hızı ayarlanmalıdır.
4. LED’lerin ömürlerinin uzun (10 yıl) ve dayanıklı olması dolayısıyla tesis ilk yatırım ve işletme maliyeti düşüktür.
5. LED’li kurutma sistemi yenilenebilir enerji kaynaklarından (Güneş panelleri) beslenmesi nedeniyle enerji maliyeti düşük ve çevreye olan olumsuz bir etki yapmamaktadır.

## **Kaynakça**

1. Lukov A.V., Systems of Differential Equation of Heat and Mass Transfer in Capillary Porous, Int. Journal of Heat and Mass Transfer, 18, 1-14, 1973.
2. Demirtaş C., (1996).Fındık Kurutma Şartlarının Belirlenmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dotoru Tezi, Temmuz, Trabzon
3. Hawlader M.N.A., Chou S.K. And Chua K.J., (1997).Evelopment of Design Charts for Tunnel Dryers, Int. J. Energy Research, Vol. 21, Pp. 1023-1037
4. Hussain M.M. and Dincer I., (2003). Two-Dimensional Heat and Moisture Transfer Analysis of A Cylinder Moist Object Subjected to Drying: A Finite-Difference Approac, I. J . Heat And Mass Transfer, 46:4033-4039,
5. Krokida M.K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. And Kouris D.M., (2003). Drying Kinetics of Some Vegetables, J. Food Engineering, 59: 391-403
6. A.Kaya, O. Aydın, M. Akgün, (2011). “Driying kinetics and moisture transfer parameters of hazelnut”, Journal of Food Processing and Preservation(ISI), 35 714–721
7. Karaarslan S., (2014).Determining of a Drying Model for Microwave Drying of Trabzon Persimmon, Süleyman Demirel University Journal of Agricultural Faculty, 9(1), 8-15

## Kop Tüneli Yapım Çalışmaları ve Metodolojisi

Emine ÇORUH<sup>1\*</sup> , Ahmet Orhan KÖKSAL<sup>2</sup> , Coşkun KAPLAN<sup>2</sup> , Murat DEMİRCİ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane  
<sup>2</sup>KGM 12.Bölge Müdürlüğü, Yol Yapım Şubesi, Erzurum

(Geliş Tarihi/Recived Date: 07.08.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 20.11.2017)

### Öz

Erzurum-Bayburt-Gümüşhane güzergâhında bulunan Kop dağı geçitinde, mevcut yolun bulunduğu alanın zorlu topoğrafik şartları, uzun süren kış aylarında yoğun kar ve buzlanma ile birleştiğinde aşılması oldukça zor bir güzergâh oluşturmaktadır. Kop Tüneli üzerinde ki örtü kalınlığı ortalama 400 metredir ve tünel Yeni Avusturya Tünel Açma (NATM) metoduna göre açılmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) bünyesinde inşaatı devam eden tünel, Türkiye'nin dördüncü en uzun tüneli olacaktır. Kop dağı tünelli geçişi ile birlikte güzergâh bitümlü sıcak karışım kaplamalı, 2x2 şeritli bölünmüş yol standardında olacaktır. Bölge halkı tarafından hizmete açılması dört gözle beklenen tünel inşaatı tamamlandıktan sonra ulaşımın; yaz kış devam etmesi, işletme-bakım onarım maliyetlerinin azaltılması ve özellikle kış aylarında tehlikeli olan kesimlerin yol güvenliğine kavuşması ülke için son derece önemli birer gelişme olarak elde edilecektir. Tünel inşaatının bitirilmesi ile aynı zamanda bölgede ekonomik canlanma ve gelişmenin de sağlanacağı beklenmektedir. Bu çalışma ile Kop Tüneli yapım çalışmaları, bu esnada ortaya çıkan sorunlar ve çözümleri ortaya konularak, projenin hizmete girmesi ile beklenen faydası sunulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye; NATM; Tünel inşaatı; Erzurum; KGM

## Construction Works and Methodology of Kop Tunnel

### Abstract

The Kop mountain pass on the Erzurum-Bayburt-Gumushane route, which is a very difficult to overcome when it is combined with heavy snow and icing in the long winter months. The average soil cover thickness above the Kop Tunnel is 400 meters and the tunnel opens according to the New Austrian Tunneling Method (NATM). Tunnel will be Turkey's fourth longest tunnel. The way together with the Kop mountain tunnel passage will have the 2x2 lane divided road standard with bituminous hot mixture coating. After the completion of the expected tunnel construction by the people of the region transportation to go on uninterrupted for summer and winter months reduction of operating maintenance and repair costs and especially on the road sections which are dangerous in the winter months will be ensured road safety. All these will be achieved as an important development for the country. As the construction of the tunnel is completed, at the same time it is expected that economic revival and development will be provided in the region. In this study, construction works of the Kop Tunnel, the problems and solutions emerged at this stage are put forward and besides with this study to present that expected benefit with the opening of the tunnel.

**Keywords:** Türkiye; Tunnel construction; NATM; Erzurum; GDH

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: coruhemine@gmail.com

## 1. Giriş

Ulaşım; en genel hali ile “insanların, malların ve hizmetlerin iki nokta arasında bir yerden başka bir yere taşınmasında yer ve zaman faydası sağlayan bir unsur” olarak tanımlanabilir (Erdoğan 2016). Ulaştırma; her toplumun iç yapısına göre şekillenen, kendine has geliştirilen araçlarla ve oluşturduğu faaliyet alanı ile toplumların yapısını etkileyen bir hizmet sektörü birimdir. Ekonomide önemli parametrelerden biri olan ulaşım sektörü, kalkınmada da etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Erdoğan 2016). Karayolu yatırımlarının, kamu hizmetleri arasında sosyal, kültürel, ticari, ekonomik ve diğer pek çok boyutta inkâr edilemez derecede önemli bir etkisi vardır. Dolayısı ile bu alanda yapılan yatırımlar lokomotif görevi üstlenerek diğer sektörlerin daha etkin ve verimli olmasını sağlamaktadır (Erdoğan 2016; UDHB 2013). Karayollarının sosyal ve ekonomik olarak sağladığı faydaları; üretim ve istihdamın artırılması, üretim maliyetinin düşürülmesi, tüm sektörlerde verimliliğin artırılması, yol yapımının ekonomiye olan doğrudan veya dolaylı etkileri, arazi planlaması, kullanımı ve bölgesel gelişime olan etkileri, iş ve sosyal amaçlı taşımacılık talebinin karşılanması ki insanların ve malların istenildiği zamanda istenildiği yerde bulundurulması, ulaşımın sağladığı en önemli zaman faydasıdır (Erdoğan 2016), eğitim, sağlık ve turizm amaçlı seyahat talebinin karşılanması, milli gelirin tüm ülke sınırları içerisinde dengeli bir şekilde dağılımı ve alınan vergiler yoluyla ulusal bütçeye olan mali katkılar olarak sayabiliriz (UDHB 2013).

Kamulaştırma maliyetinin bazı yerlerde özellikle çok yüksek olması ve hızlı toplu taşıma araçlarının ihtiyaç duyduğu ilave veya yeni yolların yapılması genellikle tünel uygulamaları gibi yatırımlarla çözülmeye çalışılmıştır (Tunçdemir 2010). Tünel ve benzeri yapılara günden güne artan ihtiyaç, nüfus oranlarının artmasına paralel olarak yerleşim yerlerinde kontrolsüz büyümeyi ve teknik gelişmeleri de beraberinde getirmektedir (Derleme 2016). Doğal mağaraların taklidi ile başlayan tünelcilik son yıllardaki teknolojik gelişmeler ışığında ivme kazanmış ve giderek birçok yeni metodu da bünyesinde barındırmıştır (Arioğlu 2011).

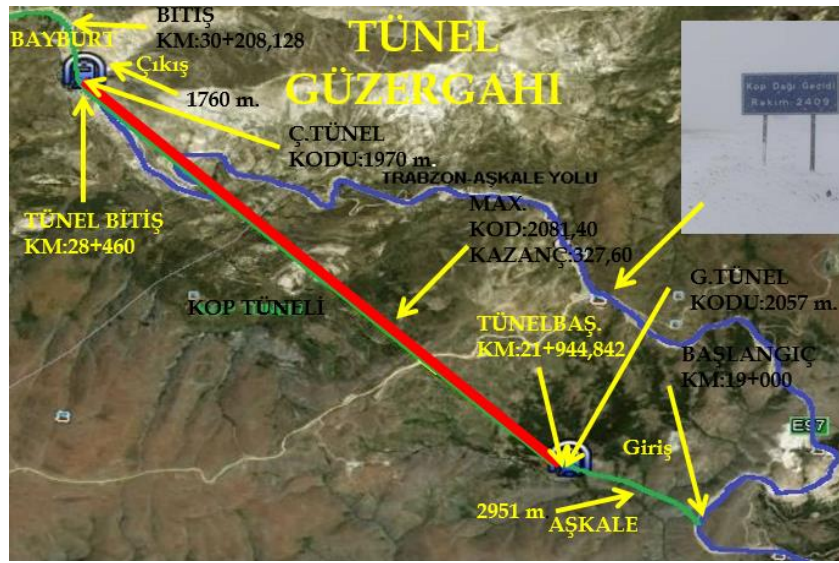
Ülkemiz düne kadar doğu-batı aksında “koridor ülkesi” olarak tanımlanırken, bugün kuzey-güney akslarının da yer aldığı “üç kıtanın birleştiği dünyanın en kritik kavşağı” konumuna gelmiştir. Türkiye’nin ulaşım alt yapısını doğu batı akslarının yanı sıra kuzey-güney akslarını da kapsayacak şekilde yeniden ele alma gereği zaruri olmuştur (UDHB 2011). Türkiye coğrafyası yüksek dağlık alanlara sahip olup ortalama yükselti 1131 m’ den fazladır (Şirin 2016). Arazi yapıları nedeniyle düşük standartlarda zorlu bir topografyaya sahip kesimlerde önemli tünel projelerinin hayata geçirilmesi ile hem yol kilometresi kısaltılmakta hem de bölgenin coğrafi ve mevsimsel zorluklarına karşın yılın her günü hizmete açık yollar amaçlanmaktadır. Türkiye’nin gerek plan/proje ve politikalarında gerekse yatırımlarda ivme kazandığı 2003-2013 yılları arasında tünel yapım çalışmaları kapsamında devlet ve il yollarında 37,1 km uzunluğunda 75 adet tek tüp tünel ve 58,1 km uzunluğunda 34 adet çift tüp tünel, otoyollarda ise 21 km uzunluğunda 12 adet çift tüp tünel ve 1 km uzunluğunda 1 adet tek tüp tünel yapılmıştır (UDHB 2013).

Bu çalışmalardan biri olan ve inşası devam eden kop Tüneli ile Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin ekonomik ve sosyal yapılarında, gerek ülke içi gerekse komşu ülkelerle gidiş gelişlerinde büyük gelişmeler ve canlılık yaşanacağı tahmin edilmektedir. Mevcut yolun bulunduğu alanın zorlu topoğrafik şartları, uzun süren kış aylarında yoğun kar ve buzlanma ile birleştiğinde aşılması oldukça zor bir güzergâh oluşturmaktadır. Kış aylarında bu yolda ulaşım; yolun kar yağışı nedeni ile kapanması, kar ve buzlanma sonrası yolun açılması için yapılan çalışmalar, zaman zaman ihtiyaç duyulan bakım ve onarım çalışmaları, yolda kayan araçlar ve dolayısı ile meydana gelen kazalardan dolayı oldukça zor olmaktadır. Kop Dağı

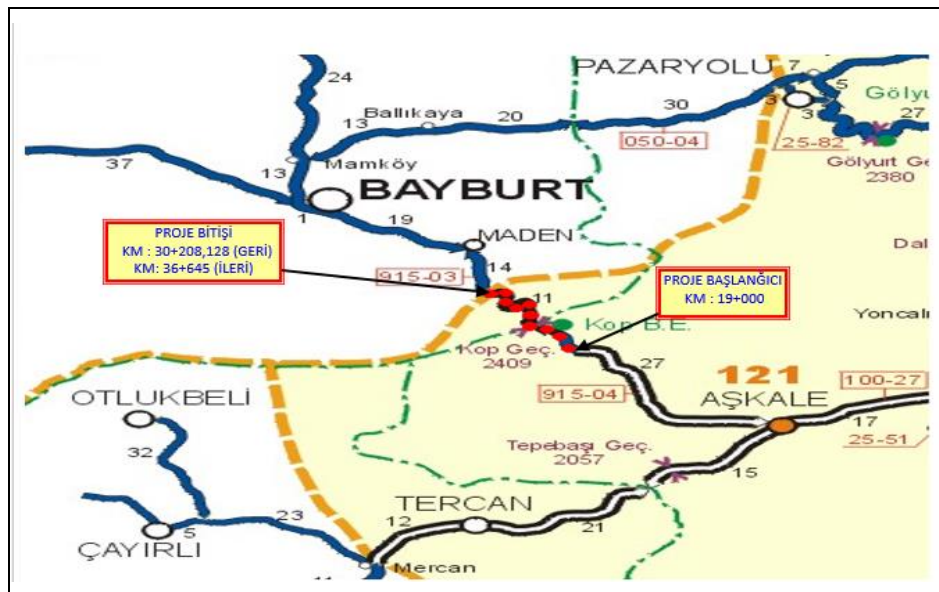
Tünelli geçiş projesi ve Gümüşhane-Bayburt-Kop Dağı-Erzurum arasında kalan yolda devam eden çalışmalar sonucu, ağır geçen kış aylarında kar ve buzlanma nedeniyle sürücülere zor anlar yaşatan bu güzergâhın 12 ay boyunca trafiğe açık tutulması, güvenli ve yüksek standartlı bir ulaşım ağının oluşturulması hedeflenmektedir.

## 2. Kop Tüneli

Kop Tüneli; Erzurum-Bayburt karayolunda yol uzunluğu toplamda 11.208 km olup, giriş yaklaşım yolu 2.951,6 m, çıkış yaklaşım yolu 1.759,128 m dir. Sağ Tünel uzunluğu 6.504,15 m, Sol Tünel uzunluğu 6.490,97 m ve toplam tünel uzunluğu 12.995,12 m dir. Güzergâhta meydana gelecek kısalma 6.436,87 m olacaktır. Tünel gabarisi 2\*(8,0\*5,0) ve çapı 10,60 m dir. Harita üzerinde bu bilgiler Şekil 1’te verilmiştir.



Şekil 1. Harita Üzerinde Kop Tüneli Km ve Giriş-Çıkış Güzergâh Bilgileri



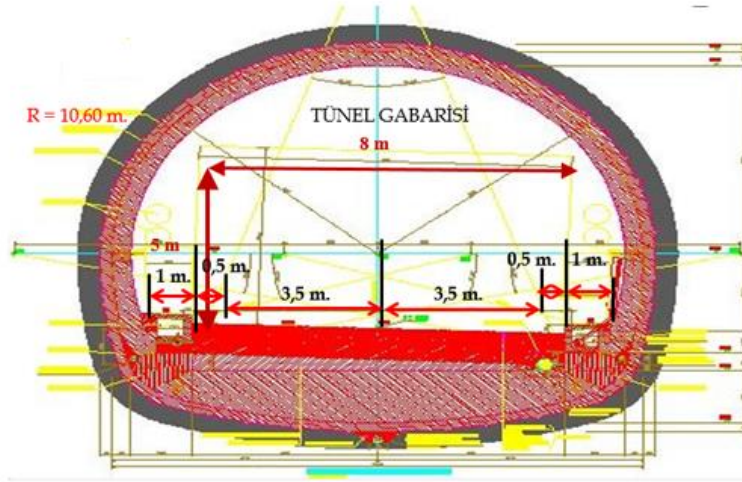
Şekil 2. Kop Dağı Geçit Haritası



Şekil 2’ de sunulan haritadan da görüleceği üzere kop dağı geçidi, Doğu Anadolu Bölgesi ile Karadeniz Bölgesini ayıran önemli bir geçittir ve 2.409 metre yüksekliktedir. Aynı zamanda Erzurum ile Bayburt arasında da bir sınır da teşkil etmektedir. Geçit zirvesi, D 915 karayolunun Bayburt’tan Erzurum yönüne doğru 44. km’sinde, Aşkale’den Bayburt’a doğru ise 27. Km sindedir. Kış aylarında bu yolda ulaşım; yolun kar yağışı nedeni ile kapanması, kar ve buzlanma sonrası açılması için yapılan çalışmalar, zaman zaman ihtiyaç duyulan bakım ve onarım çalışmaları, kayan araçlar ve dolayısı ile meydana gelen kazalardan dolayı oldukça zor olmaktadır.

### 3. Kop Tüneli Yapım Çalışmaları

Kop dağı tünelli geçişi, bölünmüş yol standardında inşaatı devam eden Türkiye’nin dördüncü en uzun tüneldir. T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü 12.Bölge Müdürlüğü (Erzurum) sorumluluğunda bulunup Trabzon-Aşkale yolu Km’si: 111+600-119+845,31-Aşkale/Erzurum-Bayburt Km’si 19+000–Km: 30+208,128(Geri)/ Km:36+645 (İleri) dir tünel kesiti şekil 3’de verilmiştir. Tünel açma tekniklerinden NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) kullanılarak proje ilerlemektedir. Son yıllarda oldukça sık tercih edilen bu teknik klasik metotla tünel açma tekniklerinin en deneysel ve esnek olanı olup en optimum destek ve kazı yöntemlerinin uygulanabildiği bir tünencilik yöntemi olmuştur. NATM tekniği ile kollu kazıcı makinelerinin kullanılması ile açılmış Kop tüneli galeri inşaatı Şekil 4’de verilmiştir. Bu teknik koşulların değişken olduğu ve iyi bilinmediği büyük çaplı uzun tünellerde iyi sonuç veren bir yöntem olarak ta bilinmektedir. Kop tüneli inşaatının Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hattının kesiştiği, makaslama denilen çatlak zonunda bulunması inşaatın zorluklarla mücadele ederek devam etmesine sebep olmaktadır.



Şekil 3. Kop Tünel Kesiti

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) 1997-2006 ve 2013 Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS) kapsamında yer alan NATM yöntemi ile; kayalarda delme-patlatma ile üstyarı-altıyarı şeklinde (A1-A2-B1-B2-B3), zayıf çok zayıf kayalarda delme-patlatma+makinalı kazı; üstyarı-altıyarı ve taban invertli kazı, başlıklı kaya/zemin ortamlarında; bölünmüş veya tam kesit üstyarı bölünmüş veya tam kesit altıyarı ve bölünmüş veya tam kesit invert kazı metotları ile C2-C3 ve C4 sınıfları desteklemeler uygulanmaktadır (Şirin 2016).





Şekil 4. NATM Tekniği İle Açılmış Kop Tüneli Galeri İnşaatı.

Kop Dağı Tüneli Geçiş Proje Bilgileri aşağıda Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kop Dağı Tüneli Geçiş Proje Bilgileri

Proje hızı	90 km/sa
Platform Genişliği	23 m.
Kısalma (Uzunluk)	6.436,872 m.
Tünel Uzunluğu	Sağ Tünel: 6.504,15 m Sol Tünel: 6.490,97 m Toplam Tünel: 12.995,12 m
Tünel Gabarisi	2*(8,0*5,00)
Yak. Yolu Mak. Eğim	Giriş : +%6,885, Çıkış : -%5,94
Tünel Eğimi	+%2,05 , -%2,80 Giriş: 2.057,39 m.
Kot	Çıkış: 1.970,64 m. Çatı: 2.081,40 m Kazanç: 327,6 m.
Tünel Çapı	10,60 m.
Mak. Örtü Kalınlığı	406 m.
Mak. Dever (Anayol)	5,40%
Mak. Dever(Tünel)	3,60%

### 3.1 Tünel Kazı ve Destekleme İşleri

Kop Tüneli kazısı zemin klasına göre aşamalı olarak yapılmaktadır. Bu aşamalar genel olarak üstyarı, altyarı ve taban kazısı olarak isimlendirilir. Kazı kesit alanının büyüklüğüne göre de kazılar aşamalı olarak yapılabilir. Örneğin üstyarı kazısının tek aşamalı yapılması, iki aşamalı yapılması ve üç aşamalı kazı yapılması gibi. Uygulanan kazı metotları; Kırıcı Ekskavatör ile Kazı, Delici Ekskavatör ile Kazı, Düzgün-Kesme Patlatma Tekniği ile Yapılan Kazı ve TBM (Tünel Boring Machine ) dir. Uygulamada kazı destekleme klasına, kayacın RMR ve Q değerlerine göre kazı aynasında karar verilmektedir. Proje aşamasında belirlenen kazı-destekleme sınıflarından ve jeolojik şartlardan farklı durumlarda karşılaşılmaları halinde değişik düzenleme ve uygulamalar yapılabilmektedir. Tünel projesi ve tünel aynasından elde edilen bilgiler ışığında destekleme sistemi aşağıdaki gibi uygulanmaktadır.

B1	Q221/221 çelik hasır, PG Bulon (4m), 10 cm Püskürtme Beton (C20/25)
B2	Q221/221 çelik hasır, SN Bulon (4m), 15cm Püskürtme Beton (C20/25)
B3 (tabanda)	Q221/221 çelik hasır, PG Bulon (4m), 20 cm Püskürtme Beton (C20/25)
B3 Özel	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır, Q32 PG Bulon (4-6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20)
C2	çift kat 2xQ221/221 çelik hasır,, Q28 PG Bulon (6m),25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C2 ÖZEL	çift kat 2xQ589/221 çelik hasır, PG Bulon (6m), 30 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C2 ÖZEL (TİP 1)	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır (+ umbrella arch), Q32 PG Bulon (6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C2 ÖZEL TİP 2	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır, Q32 IBO Bulon (6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C3	çift kat 2xQ221/221 çelik hasır, Q32 PG Bulon (6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C3 ÖZEL TİP 1	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır, Q32 PG Bulon (6m), 1,5" Enjeksiyonlu Boru Süren, 30 cm Püskürtme Beton (C20/25)

Kop tüneline yukarıda verilen sınıflandırma birimlerine göre öngörülen tahkimat elamanlarının kullanılması ile güvenli ve sağlam bir tasarım yapılmaya çalışılmaktadır. Kazı işlemleri bitirildiğinde çelik-hasır ve iksalar yerleştirilmektedir. Çelik-hasırlar, enine ve boyuna yönde dik olmak üzere demir çubuklardan hasır şeklinde fabrikada imal edilmektedir. Çelik-hasır ve iksalar yerleştirildikten sonra püskürtme beton uygulamasına geçilmektedir.

Tünellerde yapım aşamasında tünel geometrisinden kaynaklı daha önceden öngörülemeyen birçok sorun ortaya çıkabilir. Kop Tüneli inşaatı esnasında da tünel hattı boyunca aşırı sökülme, su ve gaz gibi belli başlı sorunların varlığı hem kazı çalışmalarına hem de işin bitirilme süresine olumsuz etki yapmıştır. Tünellerde özellikle suyun yarattığı sorun; tünel, açılma aşamasından sonra drenaj kanalı gibi çalışacağından çoğu zaman büyük zararlara (can ve mal kaybı gibi), tünel maliyetinin artmasına ve tünel açılış süresinin uzamasına sebep olur (Demirbaş vd., 2016). Kop Tüneli inşaatı bu anlamda da gecikmeye uğramıştır. Tünellerde çalışma koşulları ve jeolojik koşullardan ötürü, atmosferik gazlar dışında bazı yabancı gazlarla karşılaşılabilir. Çalışma koşullarının zorlaşmaması ve tehlike durumuna karşı tünel içi gaz ölçümlerinin sürekli kontrol altında tutulması gereklidir. Kop Tünelinde iş güvenliği ve erken uyarı sistemi ile gaz ölçümü yapılmaktadır. Tünel içerisinde projesinde verilen ölçülerde detektörler ile ölçüm yapılarak ölçümler kayıt altına alınmaktadır. Tünel içi gaz ölçümleri de yapılmalıdır bunun için Kop Tüneli havalandırma projesine uygun havalandırma çalışmaları da devam etmektedir.

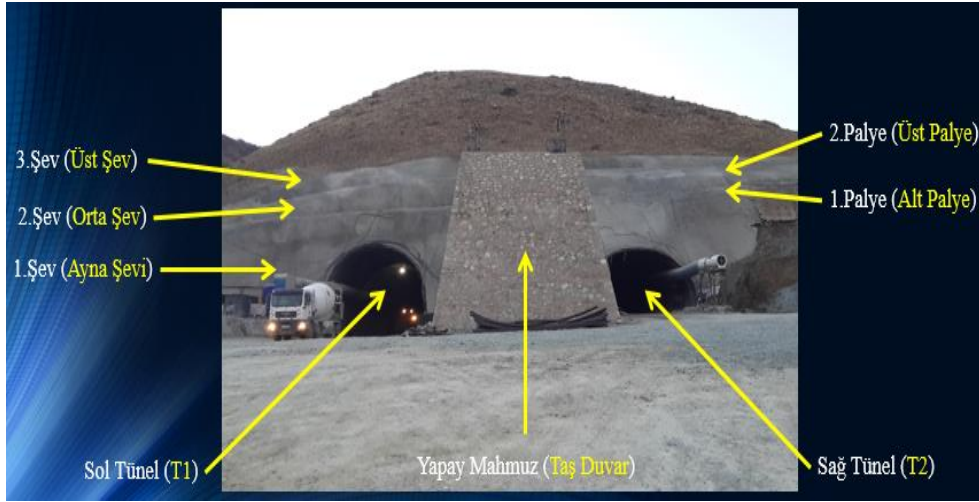
### 3.2 Kop Tüneli Portal ve Diğer İmalatlar

Portal, tünel ağızlarında inşa edilen sanat yapılarıdır. Tünel kazısının başlatılacağı bölgede kaya koşullarının durumu, kalınlığı, giriş koşulları (şaşırtmalı vb) ve alınması zorunlu tedbirler değerlendirilerek portal şevlerinin tasarımına karar verilir (Arıoğlu 2011). Portallar tünele giriş ve çıkış ağızlarında inşa edildiklerinden dolayı imalatının da uygun olarak yapılması gerekir. Aksi hallerde bu yapılarda (tünel giriş ve çıkışında ) oluşabilecek hasarlar tünel içerisinde de imalatların durmasına neden olabilir hatta iş ve işçi güvenliğini de tehlikeye sokabilir. Şekil 5’de Kop Dağı Tüneli Giriş Portalı kazısı ve Şekil 6’ da Kop Tünel Giriş Portalı görülmektedir.



Şekil 5. Kop Dağı Tüneli Giriş Portalı Kazısı

Kop Dağı Tüneli Portal inşasında çift kat çelik hasır ve 15 cm kalınlığında Şekil 6’ da görülen püskürtme beton uygulanmıştır. Püskürtme beton; tasarımına göre belirlenen miktarlarda hazırlanan çimento, hafifçe (%2 ile 6 oranında) nemlendirilmiş kum ve çakıl ile susuz ortamda karıştırılarak elde edilen kuru karışımın püskürtme beton makinesine beslenmesi ile uygulanır. Karışım, buradan basınçlı hava yardımı ile özel iletim hortumuna aktarılır, iletim hortumu ucundaki püskürtme beton tabancasında (nozül) püskürtme suyu ile karıştırılarak, uygulanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Tünel ayna şevinde 12 m boyunda Ø32 mm çapında zemin çivisi, 2.ve 3. şevde 6 m boyunda Ø32 mm çapında PG kaya bulonu kullanılmıştır (Şekil 7).



Şekil 6. Kop Dağı Tüneli Giriş Portalı



Şekil 7. Tünel Portal Bulon Deliklerinin Açılması

Kop Dağı Tüneli zemini duraylılığı düşük, zayıf kaya ortamı şeklindedir. Kazı adımı 0,50-1,50 m arasındadır. Kazı sonrası işlem sırası çelik hasır ve çelik iksa montajı peşine püskürtme beton (shotcrete) atılması şeklindedir. Çelik hasırlar çekme gerilmelerini artırarak ilerde oluşabilecek deformasyonları azaltacaktır. Tünelde kazı, tarama pasa alımı sonrası ilk olarak kafes kiriş sistemindeki ilk çelik hasır montajı yapılır. Nervürlü çelik ile bunları bağlayan bağlantı elemanlarından oluşan iksa, çelik hasır, kaya bulonu, şemsiye sürenleri (umbrella arch) ve püskürtme beton desteklemenin ana elemanlarıdır. Kaya bulonları ana iksanın bir parçası olup, püskürtme betonu ile kaya arasındaki müşterek davranışı harekete geçirmeyi amaçlayan, tünel ana kaplamasının yük taşıma kapasitesine katkıda bulunan destekleme elemanlarıdır. Tünel kazısı sırasında aynanın stabilitesi için gerekli durumlarda da kaya bulonları uygulanır. Ortam kayasının kesme dayanımı artırmak ve kemerlenme çizgisini tünel kazı hattı dışına



ötelemek maksadıyla projede belirtilen sayıda ve tasarımda bulon desteklemesi tüm tünel hattı boyunca yapılır (Apaydın vd., 2016). Uygulanan bulon türleri aşağıdaki gibidir;

1) SN bulon: Projede belirtilen çap ve eğimde bulon delikleri açılır. Hazırlanmış harç enjeksiyonu, kuyu dibinden başlamak suretiyle enjekte edilerek kuyuya doldurulur. Bir ucuna ankraj plakası ve tespit somunu bağlantısı yapmaya uygun dış açılmış, proje ve şartnameye (KGM 2013) uygun çap ve uzunlukta ki nervürlü donatı çubuğu deliğe yerleştirilir. Kaya bulonu yerleştirilip, enjeksiyon piriz aldıktan sonra (yaklaşık 12 saat sonra) plaka takılır. 2 tonluk kuvvet oluşturabilecek tork anahtarı veya havalı tork ile plaka ve somun sıkılır. Bulon plakasının püskürtme beton yüzeyine noktasal değil alansal olarak temas etmesi gerekir.

2) PG bulon: Delik açıldıktan sonra hazırlanmış nervürlü donatı çubuğu (dış açılmış ve merkezleyicisi, enjeksiyon ve hava borusu nervürlü çelik üzerine sabitlenmiş) kuyuya yerleştirilir ve kuyu ağzı tıkanır. Enjeksiyon borusundan enjeksiyon verilir ve hava borusundan enjeksiyon harcının bir müddet çıkması beklenir. Harcın çıkması ve çıkmasının devam etmesi gözlemlendikten sonra hava borusu kapatılır. Enjeksiyon verme işlemine devam edilir, basınç yükseldiği gözlemlendiğinde kuyuya enjeksiyon basma işi durdurulur ve borusu kapatılır. Diğer uygulamalar SN bulon ile aynıdır.

3) IBO bulon: İçi boş en az 6 mm et kalınlığına sahip, dış çapı en az Ø28 olan dışı nervürlü çelik çubuktur. Delici makinenin üzerine tij gibi takılarak kullanılır ve delgi sonrası dışarı alınmadan, delik içerisinde bırakılır. Bulon çubuk içinden enjeksiyon şerbeti verilir, delik ağzından enjeksiyon gelmesi ve süreklilik gösterdiği gözlenmesi halinde işlem durdurulur. Kuyu ağzı ve bulon ucu kapatılır. Plaka ve somun işlemleri SN ile aynıdır.



Şekil 5. Kop Dağı Tünelinde Uygulanan IBO Bulon Delgi ve Montajı

Genellikle aşırı su gelişlerinin yaşandığı ve açılan deliklerde yıkıntılarla karşılaşılan durumlarda IBO uygulaması yapılmaktadır. Kop Tüneli inşaatında da delik stabilitesinin sağlanamadığı durumlarda IBO bulon uygulanmaktadır.

Tünel inşaatında kademeli olarak ilenirken tekrar kazı yapılır. Bir sonraki adımın çelik hasır ve iksa montajıyla birlikte bu iksanın ikinci kat çelik hasır montajı yapılır. Süren, kazı işleri için gerekli destek elemanlarıdır. Kazı aşamasında çökme, aşırı sökülme veya malzeme akma riski olan her türlü kaya ve zemin şartlarında uygulanırlar. Özellikle zayıf ve bloklu kaya koşullarında kazı öncesi bir ön destekleme metodu olarak tercih edilirler. İşlerin emniyetini sağlamak ve aşırı sökülme önlemek üzere çelik iksa montajı ile her zaman bağlantılı olan

süren, şartların gerektirdiği tarzda farklı şekillerde çelik bağ tahkimatı ile ve çevresel koşullara bağlı olarak yerel veya sistematik olarak uygulanabilmektedir (Geniş vd., 2005). Kazı sonrası aşırı sökülme meyilli zemin ortamlarında, özellikle suyla etkileşimli bölgelerde, kazıya girmeden önce süren uygulaması yapılır. Sürenler çelik iksa üzerinden yatayla 5-10 derece açı yapacak şekilde çakılırlar ve adetleri kazı destek türüne göre değişir (Çeçen 2007). Uygulanan süren çeşitleri:

- 1) Çelik levha süren (Palplans) : Düşük kohezyonlu zayıf zeminlerde, malzemenin kazı sırasında veya kazıyı müteakiben çökmesini önlemek amacı ile kullanılır ( Kalınlık: 4-6 mm).
- 2) Çelik boru süren: İç çapı 30-35 mm, et kalınlığı 3 mm'den az olmayan çelik borular kullanılır. Zemine projesinde belirtilen aralık ve çaplara uygun olarak delgi yapılır. Daha sonra süren borusu deliğe yerleştirilir. Boru içerisinden harç enjeksiyonu verilir ve boşlukların enjeksiyon ile dolduğu anlaşıldığında boru ağzı tıkanarak imalat bitirilmiş olur. Harç enjeksiyonuna kuyu dibinden başlanılır.
- 3) Güçlendirilmiş çelik boru süren (umbrella/şemsiye süren) : Tünel üzerindeki zeminin et kalınlığının az olduğu yerlerde ve düşük kohezyonlu zayıf zeminlerde (kumlu, çakıllı) bu tarz süren uygulanır. Genellikle 3" ve daha büyük çapta çelik borular kullanılır. Projede belirtilen aralık, boy ve eğimde delgi yapılır. Zemin koşullarına göre delgiler, kuyuların birbirleri ile etkileşip delik stabilitesinin bozulmaması için atlanılarak yapılırsa daha uygun olur. Sürenler yerlerine yerleştirilip enjeksiyon ve hava borusu yerleştirilerek kuyu ve boru ağzı tıkaçla kapatılır. Enjeksiyon borusundan harç enjeksiyonu verilerek hava borusundan enjeksiyon geldikten sonra hava borusu tıkanarak kapatılır. Bir müddet daha enjeksiyona devam edilir. Basıncın yükseldiği görüldüğünde enjeksiyon durdurulur ve boru kapatılır. Kop dağı tünel inşaatında yer yer umbrella süren uygulanmaktadır.
- 4) Nervürlü çelik çubuktan süren: Çelik boru süren imalatı gibidir sadece kuyu delindikten sonra kuyu enjeksiyon ile doldurulur daha sonra nervürlü çelik çubuk süren kuyuya yerleştirilir.



Şekil 6. Kop Dağı Tüneli Süren Enjeksiyonu ve Şekil 7. Şemsiye Tipi Sürenin Deliğinin Açılması



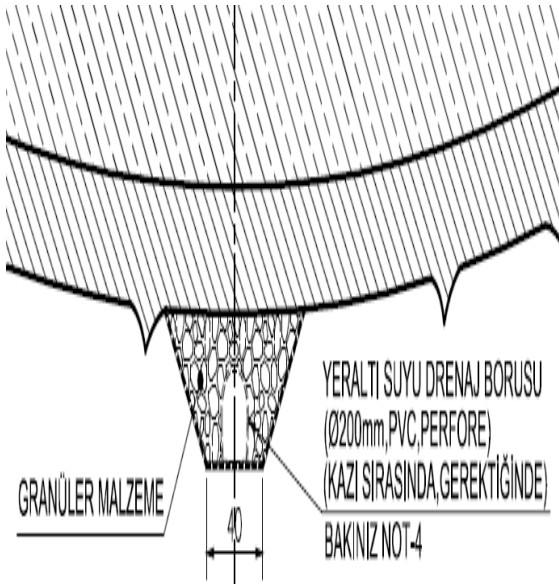
Çelik İksalar yine destek sistemi elemanlarıdır ve kazıdan hemen sonra ön destek elamanı, püskürtme beton kaplamasının donatısı ve yük dağıtan elamanı olarak çalışırlar.



Şekil 8. Kop Tüneli Çelik İksa Çalışmaları.

### 3.3. Yeraltı Suyu Drenajı

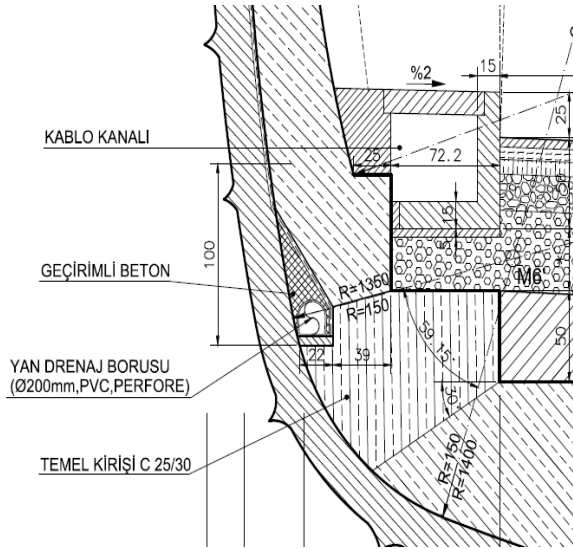
Yeraltı suyu drenajı; destekleme sistemi dışına gelen (bu alan püskürtme betonun zemin ile birleştiği yüzeyin dışıdır) yeraltı suyunun yerçekimi nedeni ile süzülmesi ve bu suyun tahliyesi için en alt kısma yapılan drenaj sistemidir. Genellikle perfore boru ve granüler malzeme kullanılarak projesinde verilen ölçülere uygun olarak yapılır. Şekil 9'da Kop Tünelinde uygulanan drenaj sistemi uygulama detayı ve Şekil 10'da detay uygulama resmi verilmiştir.



Şekil 9. Drenaj Sistemi Proje Uygulama Detayı ve Şekil 10. Drenaj Sistemi Uygulaması

### 3.4. Temel Kirişi, Yan Drenajlar, Geçirimli Beton ve Ana Drenaj İmalatları

Taban kazısı ve destekleme imalatının üstüne veya taban kazı desteklemesi olmayan yerlerde doğrudan altyarı kesitinin en alt yüzeyinde tünel sağında ve solunda yapılan beton imalatına temel kirişi denir. Kop Tünelinde projesinde verilen kalınlıkta ve C25/30 beton olarak uygulanmaktadır.



Şekil 11. Kop Tüneli Temel Kiriş Proje Detayı

Temel kirişi üzerine Kop Tünelinin, sağına ve soluna tünel hattı boyunca membran arkasında toplanabilecek yeraltı suyunu tahliye etmek maksadı ile yan drenaj yapılır. Bunun için Q200 mm'lik-PVC veya perfore yan drenaj borusu Şekil 11'de ki temel kiriş detayında verilen proje ölçülerine uygun olarak yerleştirilir. Geçirimli beton ise drenaj borusunu yerleştirmek için genellikle 37,5 mm'lik agregası ve çimentonun karıştırılması ile elde edilen bir beton olarak kullanılır. Karışım hesabında agreganın çimentoya oranı; 8/1 ve ağırlık olarak 10/1 olmalıdır. Bu uygulamalardan sonra membran ve keçe imalatından önce betonun sivri yüzeylerini tolere etmek amacıyla agregası ince malzemeden oluşan (0-5 mm) püskürtme beton (düzeltme betonu) uygulanır. Uygulanan bu düzeltme püskürtme beton üzerine önce keçe ve onun üstüne de membran serilir. Böylece su yalıtımı, projesine uygun olarak tamamlanmış olur. Bu işlemlerin ardından; püskürtme beton ile zemin arasında bazen oluşan boşlukların doldurulması için veya nihai beton ile membran arasında var olan boşlukların giderilmesi amacıyla yine enjeksiyon şeklinde beton uygulaması yapılır. Bu imalata tünelde kontak enjeksiyonu imalatı denilir. Nihai beton ise Kop Tüneli inşaatında uygulanan bir iç beton kaplamasıdır. Projesine göre donatılı veya donatısız olarak uygulanabilir. Uygulamada taban kirişi üzerine raylar yerleştirilir ve bu raylar üzerinde hareket eden nihai beton kalıp düzeneği kurulur. Kalıp düzeneği sayesinde beton uygulaması anklar yardımı ile nihai beton imalatı olarak gerçekleştirilir.

## Sonuçlar

Türkiye'nin önemli projelerinden biri olan ve kuzey güney aksında yer alan Kop Tüneli; Karadeniz Bölgesi ile Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesini 12 ay kesintisiz olarak



birleştirecektir. Tünel üzerindeki örtü tabakası ortalama 400 m dir. Yeni Avusturya Tünel Açma (NATM) metoduna göre açılan Kop Tüneli inşaatında zorlu çalışma şartlarına rağmen (düşey kaya-zemin geçişlerinin değişkenlik göstermesi, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hattının kesiştiği, makaslama denilen çatlak zonunda yer alması) alınan ek tahkimat ve güvenlik önlemleri ile derinlerde başarılı kazı çalışmaları yürütülmektedir. Gerekli yerlerde iyileştirme ve ilave sağlamlaştırma işlemlerinin yapılması ayrıca önem arz etmektedir. Tüm bu çalışmalar sonucu elde edilen bilgi ve tecrübe gerek KGM gerek özel sektör için mühendislik ve ülke adına önemli kazanımlar sağlamaktadır.

2035 yılında 90 milyon nüfusa ulaşması beklenen ülkemizde yük ve yolcu taşımacılığının da 5 trilyon ton-km yük, 500 milyar yolcu-km hacmine ulaşma öngörüsü ulaştırma altyapı yatırımlarının ne kadar hayati bir öneme sahip olduğunu tekrar göz önüne sermektedir. "Demir İpek Yolu" olarak da adlandırılan Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu Projesi'nin 2017 Ekim ayı sonunda hizmete açılmasının hedeflenmekte olduğu bildirilmiştir. Söz konusu demiryolu projesi ile Londra'dan Pekin'e demiryolu hattının kesintisiz hale getirilerek orta koridor anlamında Türkiye üzerinden yapılan taşımaların daha cazip hale geleceği beklenmektedir. Güzergâhta bulunan; Türkmenistan, Kazakistan, Özbekistan'dan Pakistan, Afganistan ve Hindistan'a kadar bütün ülkelerin yararlanacağına işaret edilerek hizmete açılacak hat üzerinden pek çok ülkeye yük taşımalarının kolaylıkla yapılabilme şansı doğacaktır. Projenin sürekliliği adına Erzurum'da inşa edilen lojistik merkezinin bitmek üzere olduğu, Kars'taki lojistik merkezi inşaatının ise devam ettiği bildirilmiştir. Bu merkezler aracılığı ile Çin'den ve Orta Asya'dan gelen yük hareketlerinin her iki il üzerinden Karadeniz'e ve buradaki limanlar sayesinde de Ortadoğu'ya ve Afrika'ya dağılacağı planlanmaktadır. Dolayısı ile Erzurum ve Kars'ın Kop Tüneli ile Karadeniz'e rahat erişimi bu proje içinde hayati bir önem taşımaktadır (Anonim). Başlatılan, devam eden ve tamamlanan tüm bu ulaşım ve altyapı çalışmaları aynı zamanda diğer sektörlerle dinamizm ve ülke ekonomisine de canlılık kazandıracaktır (UDHB 2013, Çoruh vd., 2016).

## Kaynakça

1. Anonim, <http://www.trthaber.com/haber/ekonomi/baku-tiflis-kars-demiryolu-hizmete-aciliyor-336815.html>
2. Apaydın, N., Arslan, F., Topal, A.M., 2016. Ovit Tüneli Yapım Metodolojisi, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
3. Arıoğlu, E., 2011. Tüneller Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi.
4. Çeçen, Ö., 2007, İstanbul Metrosu Koska Tünelleri Yüzey Deformasyon Analizi, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
5. Çoruh, E., Köksal, A.O., Demirci, M., ve Pirim, B., 2016. Kop Tüneli Ve Bölgesel Önemi, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
6. Demirbaş, N., Sayın, A., Konak, M., Çelik, B., Tütüncü, K., 2016. Ovit Tünelinde Deformasyon Ölçümleri, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
7. Derleme, 10.10.2016, <http://www.tunelteknolojisi.com/pdfler/mak-1433418388.pdf>
8. Erdoğan, H.T., 2016. Ulaşım Hizmetlerinin Ekonomik Kalkınma Üzerine Etkisi, *İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (1), 187-215.
9. Geniş, A.Ö., Alkılıç, Ç., Acun, D., 2005. Çatalağzı Termik Santrali Kül İletim Tünelinde Tahkimat Uygulamalarının Değerlendirilmesi, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET, İzmir.
10. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

- 11.** Şirin, A., 2016. Karayolu Ulaşım Modunda Tünelciliğin Yeri, Gelişimi Ve Hedefleri, Türkiye Jeolojik Koşullarının Tünel Proje ve Yapım Çalışmalarına Olan Etkileri, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
- 12.** UDHB 2011, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanı, Karayolu Sektörü.
- 13.** UDHB 2013, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanı, Ulaşan ve Erişen Türkiye.
- 14.** Tunçdemir, H., 2010. <http://hdl.handle.net/11527/978096>.

## Domuz Ayırığı (*Dactylis glomerata* L.) Populasyonlarında Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi

Gürkan DEMİRKOL<sup>1\*</sup> , Özlem ÖNAL AŞCI<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 05.09.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 20.11.2017)

### Öz

Domuz ayırığı (*Dactylis glomerata* L.) yaygın olarak bulunan çok yıllık bir yem bitkisidir. Ülkemiz domuz ayırığı populasyonları açısından zengin bir ülkedir. Bu çalışma ülkemizin on bir farklı ilinden toplanan domuz ayırığı populasyonlarının genetik farklılıklarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Toplanan on bir populasyonun genetik farklılıklarının belirlenmesinde on dört adet Basit Dizi Tekrarları (SSR) markörü kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 72 allel belirlenmiştir. Locus başına ortalama allel sayısı 5.14 olarak bulunmuş olup, tespit edilen allel sayısı 2-12 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada kullanılan bütün primerlerin polimorfik olduğu görülmüştür. Çalışmadan elde edilen PIC değerleri 0.322-0.921 arasında değişmiştir. Genetik kümeleneşinin görülmesi amaçlı oluşturulan dendrogramda populasyonlar dört grup altında toplanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, benzer yüksekliklerden toplanan populasyonların aynı grup içerisinde yer aldıkları görülmüştür. Bu durum toplanan örneklerdeki genetik çeşitliliğin coğrafi dağılım ile ilişkisini ortaya koymuştur. Çalışmada sonuç olarak, *Dactylis glomerata* ıslahı çalışmalarında gerekli materyali sağlamak açısından ülkemizde yeterince çeşitliliğin bulunduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Genetik farklılık, Mikrosatelit, Polimorfizm

## The Evaluation of Genetic Diversity in Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) Populations

### Abstract

Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) is a perennial forage grass, widely found in many regions of the world. Turkey is a rich country in terms of wild orchardgrass populations. This study was conducted in order to determine the genetic diversity of orchardgrass populations collected from eleven provinces of Turkey. Fourteen Simple Sequence Repeats (SSR) molecular markers were used to estimate genetic diversity in eleven populations. In the study, 72 alleles were detected. The mean number of alleles per locus was 5.14 and it was ranged between 2 and 12. In the study, all SSR loci were determined as polymorphic. The Polymorphism Information Content (PIC) values ranged between 0.322-0.921. A dendrogram was constructed in order to determine genetic cluster, it divided eleven populations into four groups. According to results, the population materials from the same altitude were in the same group thus showing a geographical distribution of genetic diversity of the populations. As a consequence of the study, it was observed that Turkey region have enough diversity to provide the necessary material in *Dactylis glomerata* breeding studies.

**Keywords:** Genetic difference, Microsatellit, Molymorphism

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: gurkandemirkol@odu.edu.tr

## 1. Giriş

Günümüzde ve gelecekte yapılacak ıslah çalışmalarında sahip olunan doğal populasyonlar en önemli genetik materyallerdir. Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik ancak bu materyallerin koruma altına alınmasıyla sağlanacaktır.

Ülkemizde yem bitkileri yetiştiriciliği gelişmiş ülkelere kıyasla oldukça geri kalmıştır. Bu durumun en önemli sebepleri; i) uygun çeşitlerin geliştirilememiş olması, ii) tohumluk probleminin giderilememiş olması, iii) yem bitkilerinin öneminin üretici tarafından tam anlamıyla bilinmemesi olarak sıralanabilir.

Yem bitkileri yetiştiriciliğinin ileri düzeyde olduğu Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde çok önemli bir yere sahip olan domuz ayrığı (*Dactylis glomerata*) türü çok yıllık bir buğdaygil yem bitkisi olup ülkemizin hemen her yerinde doğal olarak bulunmasına rağmen yapılan çalışmalar oldukça yetersizdir.

Son zamanlarda biyoteknolojide görülen hızlı gelişmeler genetik kaynaklarda, genetik çeşitlilik, muhafaza, karakterizasyon, ıslah etme ve çeşit geliştirme gibi hususlar doğrultusunda çok önemli katkılar kazandırmıştır (Acunalp 2012).

Genetik çeşitlilik çalışmaları, genetik kaynakların muhafazası ve bunlardan yararlanılması hedeflerinin optimize edilmesinde gereklidir. Koruma sınırlı bir işlem olduğu için hangi genotiplerin korunacağı konusunda önceliğin belirlenmesi gerekmektedir. Çeşitlerin karakterize edilmesinde son yıllarda genellikle genomda herhangi bir gen bölgesi ile ilgili DNA parçasının temsil edilmesini sağlayan DNA moleküler markörleri kullanılmaya başlanmıştır (Mercan 2010).

Bu çalışma ülkemizin on bir farklı ilinden toplanan domuz ayrığı populasyonlarının genetik farklılıklarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Materyallerin toplanması

Çalışmada kullanılan domuz ayrığı populasyonları; Bolu (780 m), Bursa (302 m), Çanakkale (54 m), Gaziantep (965 m), Isparta (1243 m), İzmir (118 m), Kars (2028 m), Kırşehir (1016 m), Ordu (844 m), Rize (1024 m) ve Zonguldak (367 m) illerindeki belirtilen rakımlardan her ilden bir populasyon olacak şekilde toplanmıştır. Analizler öncesi ilgili örnekler yukarıda belirtilen duraklardan 20'şer adet bitki alınarak oluşturulmuştur.

#### 2.1.2. Bitki örneklerinde genomik DNA izolasyonu

Çiçeklenme döneminde toplanan materyallerde genomik DNA izolasyonu Lefort et al (1998) yöntemine göre yapılmıştır. Elde edilen genomik DNA'ların, saflık değerleri ve

miktarları önce kontrol amaçlı agaroz jelde çalışılmış, daha sonra ise spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir.

### 2.1.3. Kullanılan SSR primerler

Çalışmada kullanılan primerler Çizelge 1’de verilmiştir. Kullanılan primerler daha önce kullanılan ve başarılı sonuçların alındığı primerlerdir (Xie et al 2012; Jiang et al 2013).

**Çizelge 1.** Çalışmada kullanılan primerlere ait bilgiler

Orijinal isim	Primer dizilişi (5'-3')	Orijinal isim	Primer dizilişi (5'-3')
A01F24	AAAATGTTTTATTCTCAGCCC TGCAAGATGGAATGCTCT	A03K22	AGACTCTAGGGTGGCACAC GTAGCACGCTAACGAGAGAT
A01H11	CATCGTAATGACTGCTAGTCC ACAGATCCATCGGTGGTT	A04C24	AGCAACATATCTTACTGCAATG ATCAAACCTCGAAAAGTTGTCA
A01K14	AAGGATGGCCTGATCTTC GCAGAGGTCTTCTCTTGG	A04O08	AGAGGTTAGATGGATGTAGGC ATAGACCCATAGCATGTTGG
A02A10	AGGTTACCGATAGTAAGTGGG AGGGGATGGTTGGTTAGTAT	A01E14	ACCCGTTTTCTATCTCCAG GTTCTAGCGTCGTGAGGG
A02J20	TCCAATGTTACACACATAGCA TGTGTGCGATTTCTGTG	B01A05	GAGAGCGGCAGAGTTATTC AAAGGTCGATATCTCTATTCCA
A03B16	TCTGGAATCTCTGAAATCA ATCTTGACCCTGATGTTCTG	B01C15	GTCGATTGATGGTGTACGTA TCTAGTGCTACTTGTATGCACC
A03C05	TAAGAATCGATCCTCCCG ACCTTCTCCACTCCGTC	B01E09	ACAACCTACAAACTCAAGAACA GTGGACTCGGAGGAGAAG

### 2.1.4. SSR allel bölgelerinin PCR ile çoğaltılması

Çalışma için optimize edilmiş PCR koşullarına ait reaktiflerin yoğunluk ve miktarları Çizelge 2’de, sıcaklık döngüsel düzeni ise Çizelge 3’te verilmiştir.

**Çizelge 2.** Çalışma için optimize edilmiş PCR koşullarına ait reaktiflerin yoğunluk ve miktarları

Reaktif	Yoğunluk	Miktar
Genomik DNA	100 ng/µl	1 µl
İleri primer	2.5 pmol	1 µl
Geri primer	2.5 pmol	1 µl
ddH <sub>2</sub> O		17 µl

**Çizelge 3.** PCR sıcaklık döngüsel düzeni

İşlem	Sıcaklık (°C)	Süre	Döngü
Ön denatürasyon	95	5 dk	1
Denatürasyon	95	30 sn	
Bağlanma	57	30 sn	35
Uzama	72	30 sn	
Son uzama	72	5 dk	1
Saklama	4	∞	

### 2.1.5. Agaroz jel elektroforez yöntemi ile ayırılmanın sağlanması ve skorlama

Lokuslara ait PCR ürünleri % 2.5'lik agaroz jel elektroforezinde 60V 300A şartlarında 6 saat koşturulmuştur. Bant ağırlıklarının tahmini için 100 bp DNA ladder kullanılmıştır. Elde edilen jel görüntüleri sonrasında skorlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

### 2.1.6. Kümeleme analizi

Çalışmada, NTSYSpc v2.11 programı ile UPGMA yöntemine göre populasyonların kümeleme analizleri yapılmış ve dendrogramları çıkarılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 4 incelendiğinde çalışma sonucunda toplam 72 allel tespit edilmiş olup, lokus başına ortalama allel sayısı 5.14 olarak bulunmuştur. Çalışmada en çok allel gösteren mikrosatelit lokusu 12 allel ile A01E14 primerinde görülürken, en az allel gösteren lokus 2 allel ile A02J20 ve B01C15 primerlerinde görülmüştür (Çizelge 4). Çalışmada kullanılan bütün primerlerin polimorfik özellik gösterdikleri tespit edilmiştir.

Çalışmada en yüksek PIC değeri 0.921 ile A01E14 kodlu primerde bulunurken, en düşük PIC değeri ise 0.322 ile A02J20 kodlu primerde bulunmuştur (Çizelge 4).

Benzer primerlerin kullanıldığı bilimsel araştırmalarda görülen değerler mevcut çalışma verileri yüksek oranda benzerlik göstermektedir (Hirata et al 2011; Xie et al 2012; Jiang et al 2013; Madesis et al 2014; Xie et al 2014; Zhao et al 2014).

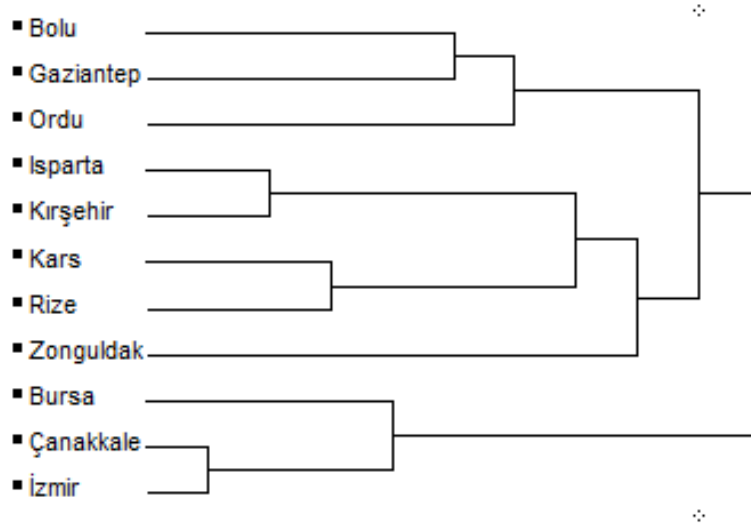
Yapılmış çalışmalarda örneklerin toplandığı bölgenin büyüklüğüne paralel olarak genetik farklılığın artmış olduğu görülmektedir. Mevcut araştırmada, örneklerin toplanmış olduğu bölge göz önüne alınacak olursa, neredeyse tüm Avrupa ülkelerinden toplanan

**Çizelge 4.** Çalışmada kullanılan primerlerin PIC değerleri ve allel sayıları

Primer adı	PIC değeri	Allel sayısı
A01F24	0.771	4
A01H11	0.705	4
A01K14	0.892	6
A02A10	0.731	4
A02J20	0.322	2
A03B16	0.757	4
A03C05	0.903	9
A03K22	0.877	6
A04C24	0.698	4
A04O08	0.564	3
A01E14	0.921	12
B01A05	0.722	5
B01C15	0.455	2
B01E09	0.843	7

örnekler ile yürütülen araştırmalarda elde edildiği kadar çeşitlilik tespit edilmiş olması ülkemizin domuz ayırığı açısından çok zengin bir genetik havuza sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, yem bitkileri üretimi açısından diğer Avrupa ülkelerinin gerisinde kalmış olan ve yerel tohum problemi yaşayan ülkemiz için oldukça kayda değer bir bulgu olarak dikkat çekmektedir. Hirata et al (2011) domuz ayırığı türü üzerinde yapmış olduğu araştırmada bu zenginliğin ıslah anlamında çok büyük avantajlar oluşturacağına dikkat çekmiştir.

UPGMA yöntemi kullanılarak elde edilen filogenetik dendrogram incelendiğinde populasyonların dört grup altında toplandıkları görülmektedir. İlk grupta 750-1000 m yükseklik aralığından toplanan Bolu, Gaziantep ve Ordu populasyonları içerisinde en çok populasyonu barındıran ikinci grupta 1000 m üzeri yükseklikten toplanan Isparta, Kırşehir, Kars, Rize populasyonları, üçüncü grupta yalnızca Zonguldak populasyonu, dördüncü grupta ise birbirine yakın coğrafi bölgede sayılabilecek olan Bursa, Çanakkale ve İzmir populasyonları yer almıştır (Şekil 1). İlk iki grupta rakım seviyeleri bakımından



Şekil 1. UPGMA yöntemi kullanılarak elde edilen filogenetik dendrogram

dördüncü grupta ise benzer coğrafi bölge bakımından anlamlı sonuçlar elde edilmiş olması yapılan analizlerin güvenilirliğini ortaya koymakla birlikte aynı zamanda ülkemizdeki genetik çeşitliliğin birçok faktör açısından değişiklik gösterebildiğini izah etmektedir.

#### 4. Sonuç

Çalışmada toplanan *Dactylis glomerata* populasyonlarının genetik karakterizasyonu bu konuda en güvenilir moleküler analizlerden biri olan mikrosatelitler ile ortaya konmuştur. Araştırmada yüksek oranda çeşitlilik tespit edilmiştir. Bu durum önümüzdeki yıllarda sürdürülebilecek ıslah çalışmaları için ülkemizde bulunan mevcut materyalden faydalanılabileceğini göstermektedir.

## Kaynakça

1. Acunalp S (2012). Ekonomik öneme sahip yerli kiraz (*Prunus avium* L.) genotiplerinin SSRs (Simple Sequence Repeats)'a dayalı genetik karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara.
2. Hirata M, Yuyama N & Cai H (2011). Isolation and characterization of simple sequence repeat markers for the tetraploid forage grass *Dactylis glomerata*. *Plant breeding*, **130**(4): 503-506.
3. Jiang L F, Zhang X Q, Ma X, Huang L K, Xie W G, Ma Y M & Zhao Y F (2013). Identification of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars by using simple sequence repeat markers. *Genetics and molecular research* **12**(4): 5111-5123.
4. Lefort, F., Lally, M., Thompson, D., Douglas, G.C. 1998. Morfolojical traits microsatellite fingerprinting and genetic relatedness of a stand of elite oaks (Q. Robur L.) at Tuallynally, Ireland. *Silvae Genetica* **47**: 5-6.
5. Madesis P, Abraham E M, Kalivas A, Ganopoulos I & Tsafaris A (2014). Genetic diversity and structure of natural *Dactylis glomerata* L. populations revealed by morphological and microsatellite-based (SSR/ISSR) markers. *Genetics and molecular research* **13**(2): 4226-4240.
6. Mercan L (2010). Yerli tavuk genotiplerinin ticari genotipler ile olan genetik farklılığının SSR (Simple Sequence Repeats- Basit Dizi Tekrarları) yöntemi ile analizi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Zootekni Anabilim Dalı, Samsun.
7. Xie W, Bushman B S, Ma Y, West M S, Robins J G, Michaels L & Stratton S D (2014). Genetic diversity and variation in North American orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars and breeding lines. *Grassland science* **60**(3): 185-193.
8. Xie W G, Lu X F, Zhang X Q, Huang L K & Cheng L (2012). Genetic variation and comparison of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) cultivars and wild accessions as revealed by SSR markers. *Genetics and molecular research* **11**: 425-433.
9. Zhao Y F, Zhang X Q, Ma X, Xie W G & Huang L K (2014). Morphological and genetic characteristics of hybrid combinations of *Dactylis glomerata*. *Genetics and Molecular Research* **13**(2): 2491-2503.



## Yenilebilir Aljinat ve Zein Filmlerin Gıda Ambalajlamasında Kullanımı

Gökce SARITAŞ KÜÇÜK<sup>1</sup>, Ömer Faruk ÇELİK<sup>1</sup>, Hasan TÜRE<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Ordu

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Mühendisliği, Fatsa-Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 06.09.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 17.10.2017)

### Özet

Son yüzyılda artan dünya nüfusu ve çevre kirliliğinin sonucu olarak gıda kaynaklarındaki azalmalar doğal ve işlenmiş gıdaların muhafazasını daha da önemli hale getirmiştir. Bu kapsamda yeni işleme teknolojileri yanında daha uzun raf ömrü sağlayan ambalaj ve depolama tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Biyopolimerlerden elde edilen yenilebilir filmler; doğal, ucuz ve çevre dostu özelliklerinden ötürü son yıllarda gıda ambalajlama materyali olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu derlemede yenilebilir filmlerin yapımında son yıllarda tercih edilen aljinat ve zein biyopolimerlerinin ambalaj materyali olarak potansiyel kullanımları özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aljinat, Zein, Yenilebilir filmler, Kaplamalar, Mekanik özellikler

### Using of Alginate and Zein Films in Food Packaging

#### Abstract

The decline in food resources as a consequence of the increasing world population and environmental pollution in the last century has made conservation of natural and processed foods even more important. In this context, besides new processing technologies, it is necessary to develop packaging and storage techniques that provide longer shelf life. Edible films obtained from biopolymers have been used as food packaging materials in recent years since they are cheap, natural and environmentally friendly. In this review, the potential use of alginate and zein biopolymers, which are preferred for production of edible films in recent years, as packaging materials has been summarized.

**Keywords:** Alginate, Zein, Edible films, Coatings, Mechanical properties

#### 1. Giriş

Yenilebilir film ve kaplamalar; bir gıdanın yüzeyi üzerinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdalla birlikte yenilebilen, sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen çevre dostu malzemelerdir. Yenilebilir film/kaplama malzemelerinin kullanımı gıda ürünleri için gereken paketleme malzemesini basitleştirme ve azaltmayı mümkün kıldığı gibi, plastiklerle yapılan gıda ambalajlamasının ciddi sorunlarından olan kanserojen riskini

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: hasanture@odu.edu.tr

ve çevre kirliliğini azaltma potansiyeline sahiptir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda özellikle 2000’li yıllarda yenilebilir film ve kaplamalardaki gelişmeler oldukça hız kazanmıştır. Yenilebilir filmlerin hazırlanmasında temelde hidrokolloidler (protein ve polisakkarit) ve lipidler kullanılırken, bunların kombinasyonlarından elde edilen kompozit filmlerden de yararlanmak mümkündür.

İyi kaliteye sahip yenilebilir bir filmin; duyuşal özellikleri (şeffaf, tatsız ve kokusuz) yanında bariyer özellikleri (nem, oksijen geçirgenlikleri), gıda ile film ve/veya atmosfer ile film arasında gerçekleşebilecek fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlara karşı kararlı yapıda olması, sağlık açısından güvenilir, çevreyle dost ve düşük maliyetli olması önemlidir. Bu nedenlerden dolayı yenilebilir film ve kaplamalarda genellikle nişasta, selüloz ve türevleri, gamlar (guar, keçiyoynuzu gamı, karagenan, pektinler ve diğer türevleri) ve kitin/kitosan ile aljinatın da içinde yer aldığı polisakkarit esaslı ürünlerden yararlanılmaktadır (Sarıküş 2006). Son yıllarda yapılan araştırmalarda sıklıkla kullanılan yenilebilir film ve kaplamaların başında kahverengi deniz yosunlarından elde edilen polisakkarit bazlı aljin, aljinik asit ve aljinatlar gelmektedir (Norajit et al 2010; Rhim et al 1998). Aljinatlardan elde edilen film ve kaplamalar, ambalaj materyali olarak kullanıldığında gıdanın nem kaybını önlemekte ve lipid oksidasyonu ile artan acılaşmayı azaltmaktadır (Draget et al 1995; Fabra et al 2008a; Fabra et al 2008b). Ayrıca, doğal olarak elde edilmesi aljinata hem çevre dostu olarak hem de ekonomik yönden değer kazandırmaktadır.

Protein bazlı film ve kaplamalara bakıldığında, hayvansal proteinlerden kazein, peynir altı suyu, kollajen ve jelatinin; bitkisel proteinlerden ise zein (mısır), soya ve glutenin daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Yapılan araştırmalarda gıda ambalaj materyali olarak zein çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Birçok çalışmada esnekliğini geliştirmek için zein filmine plastikleştirici maddeler (organik asit, gliserol, şekerler vb.) eklenmesi yoluyla filmde meydana gelen kopmaların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Zein, tatların yayılmasında veya maskelenmesinde kontrol amacıyla da kullanılmıştır. Sert kabuklu ürünlerde, ürün üzerindeki antioksidanları sabitleştirerek oksidatif acılaşma, bayatlama ve nemlenmeyi önlemede olumlu etki yapmıştır (Gennadios & Weller 1990). Farklı özelliklerdeki yenilebilir film ve kaplamaların çeşitli gıdalarda etkin bir şekilde uygulandığı yapılan çalışmalarla gösterilmiş olup antimikrobiyal madde ilaveli aljinat ve zein yenilebilir filmlerin de gıdalardaki mikrobiyal yükü azaltarak gıda güvenliğini sağlama, kalite kayıplarını azaltma ve raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Aljinat ve zein bazlı yenilebilir film örnekleri Şekil 1’de verilmiştir.

## 2. Yenilebilir Polisakkarit Bazlı Film ve Kaplamalar

Yenilebilir polisakkarit bazlı film ve kaplamalar; aljinat, kitin/kitosan, pektin, agar, karagenan, selüloz türevleri, nişasta ve hidrolizatları, dekstran gibi maddelerden oluşmaktadır.

Polisakkaritler suda çözünebilen ve moleköl ağırlığı yüksek olan hidrokolloidlerdir. Birçok polisakkaritin hidrofilik yapısından dolayı filmlerde nem tutma kapasitesi yüzeyde gerçekleşmektedir. (Ali et al 1997). Polisakkarit film ve kaplamaların en

önemli avantajları; yapısal kararlılıkları ve oksijen transferini azaltmalarıdır (Nieto 2009). Bu tip film ve kaplamalar karbondioksit ve oksijen geçirgenlikleri nedeniyle anaerobik ortam oluşturmadan istenilen modifiye atmosfer koşullarını sağlayarak gıdanın raf ömrünü uzatabilmektedir.

Bazı polisakkarit film ve kaplamalar, lipid ve diğer gıda bileşenleriyle beraber oksidasyona karşı ortak koruma da sağlamaktadır (Baldwin et al 1995; Banker 1966; Gontard et al 1996).

Kitosan; bazı eklembacaklıların kabuklarında, bakteri ve mantarların hücre duvarlarında bulunan kitinin ( $\beta$ -(1-4)-poli-N-asetil-D glukozamin) asetillendirilmesi yoluyla elde edilen bir polimerdir (Duman ve Şenel, 2004). Toksik ve alerjik olmamasının yanında biyobozunur ve ekonomiktir. Kitosanın gıda ambalajlamasında en önemli kullanım şekli film olarak, özellikle sebze ve meyvelerin raf ömrünü ve kalitesini artırması şeklindedir. Kitosan bazlı film ve kaplamalar iyi bir oksijen bariyeri olması yanında çevresiyle arasında nem transferini ve sıcaklığı kontrol altında tutmaktadır. Kitosan film ve kaplamalar, et ve su ürünlerinin güvenilirliğinin ve raf ömrünün korunmasında başarılı bir materyal olarak kullanılmaktadır (Crackel et al 1988; Gómez-Estaca et al 2007; Kim & Thomas 2007; Sathivel 2005; Tsai et al 2002; Yılmaz et al 2007).

Karagenan; kırmızı deniz yosunlarının (*Rhodophyceae*) bazı türlerinden su ekstraksiyonuyla elde edilen bir polimerdir. Gıda teknolojisinde kullanılan karagenan bazlı film ve kaplamalar; kappa( $\kappa$ ), iota( $\iota$ ) ve lambda( $\lambda$ ) polimerlerinden üretilmektedir. Karagenan, büyük veya küçük molekül yapısı gösterir. Fareler üzerinde yapılan araştırmalarda, küçük moleküllü karagenanın farelerin bağırsak fonksiyonlarını olumsuz etkilediği tespit edildiğinden gıda sanayinde kullanılan karagenanın büyük moleküllü olması tercih edilmektedir (Çakmakçı & Çelik 2004). Karagenan, bazı polisakkaritlerin birleşimi olup gıda teknolojisinde jelleştirme, kıvam artırma ve gıdaların viskozitelerini iyileştirmede kullanılmaktadır. Gıda uygulamalarında kullanılan karagenan film ve kaplamalar ise tavuk ürünleri ile balıkların raf ömrünü ve kalitesini artırmak için kullanılmaktadır (Baldwin et al 1995; Meyer et al 1959; Nisperos-Carriedo 1994; Pearce & Layers 1949).

Pektinler, bitki hücrelerinin orta lamellerinden bulunan polisakkaritlerdir. Metil ester içeriğine bağlı olarak pektinlerin çözünürlük ve jelleşme özellikleri değişmektedir. Pektin bazlı film ve kaplamaların düşük nemli gıdalarda kullanıldığı fakat çok iyi bir nem bariyeri olmadığı belirlenmiştir. Biftek parçaları kalsiyum pektinat jeli ile kaplandığında büzülme azalttığı ve bakteriyel gelişimi yavaşlattığı görülmüştür (Gennadios 2002). Düşük metoksilli pektin kaplamalar ise yapışkanlığı azaltıp görünüşü iyileştirmek amacıyla fındıklarda kullanılmıştır (Baldwin et al 1995).

Film ve kaplamaların hazırlanmasında çok yaygın olarak kullanılan ham materyaller nişasta ile selüloz ve bunların türevleridir. Selüloz türevleri; CMC (E466, karboksi metil selüloz), MC (E461, metil selüloz), HPMC (E464, hidroksipropil metil selüloz) ya da HPC (E463, hidroksipropil selüloz) olarak kullanılmaktadır (Skurtys et al 2010). Selüloz türevleri, bulundukları polimer zincir sayesinde yenilebilir film ve kaplamaları suda çözünen, lipidlere dirençli ve esnek hale getirmektedir (Baldwin et al 1995). Metilselüloz (MC), selülozun metilklorid ile tepkimeye girdikten sonra alkali ile

reaksiyonu sonucu oluşan selüloz türevidir (Dursun & Erkan 2009). MC ve HPMC soğuk suda çözünerek etlere uygulanan kaplamalarda pişirme sırasındaki besinsel kaybı minimuma indirmekte, dondurulmuş cips ve soğan kızartmalarında yağ alımını; tavuk ürünleri ve su ürünlerinde ise glazing (ince buz ile kaplama) olarak kullanıldığında nem kaybını azaltmaktadır. CMC ise muz, elma ve portakal gibi meyvelerde oksijen ve karbondioksit geçişine izin vermeyerek bariyer görevi yapmaktadır (Gennadios 2002; Kester & Fennema 1986; Krochta & Mulder-Johnston 1997; Saldamlı 1985).

Dekstran; D-glukopiranosil birimlerinin glikozit bağlarının farklı dizilişleri ve miktarlarıyla oluşan mikrobiyal gamlardır. Genel olarak, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Leuconostoc dextranum* sükröz fermentasyonu ile dekstran biyosentezinde görevli mikroorganizmalardır. Dekstranlar, depolama sırasında koruyucu kaplama olarak sıvı solüsyon veya dispersiyon şeklinde parça etlere, sosis, pastırma gibi kırmızı et ürünlerine ve soyulmamış karidese, balıklara uygulanmaktadır (Gennadios et al 1997).

### 2.1. Aljinat Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Kahverengi deniz yosunlarının alkali ile reaksiyona girmesiyle elde edilen aljinatlar, gıda endüstrisinde ve endüstriyel alanda birçok uygulamalarda kullanılan hidrokolloidlerdendir. Aljinatlar, *Phaeophyceae* sınıfından ekstrakte (izole) edilen linear D-mannuronik ve L-guluronik asit monomerlerinin aljinik asit tuzudur (Lu et al 2009; Sanderson 1981). *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyberborea*, *Laminaria digitata* ve *Ascorphyllum nodosum* türlerinden elde edilmektedir. ABD, İngiltere, Fransa, İspanya, Norveç, Kanada ve Japonya gibi ülkelerde aljinat üretimi yapılmaktadır (Gombotz & Wee 2012).

Aljinatlar suda çözünen polisakkaritlerdir. Formülasyonunda; R-D-mannuronate (M) ve a-L-guluronate (G) asit birimlerinden oluşup (1-4)-bağlantılı farklı pozisyonlarda ve zincirin farklı yerlerinde bulunurlar. M ve G birimlerinin kimyasal birleşimi ve dizilişleri yosunun ne kadar olgunlaştığına ve biyolojik kaynağına göre değişmektedir (King 1983). Aljinat bazlı yenilebilir film ve kaplamalar uzun zamanlardan beri birçok gıda ürünlerinin ambalajlanmasında kullanılmaya devam etmektedir. Gıda ürünlerinde nem kaybını önlemekten ziyade lipid oksidasyonu ile ortaya çıkan acılaşmayı önleyici özelliği ön plana çıkmaktadır. Böylece meyve ve sebzelerde kararmayı, hayvansal ürünlerde ise acılaşmayı engellemektedir (Yeşiltaş 2012). Aljinatlar; su ürünlerinde ve et ürünlerinde yaygın şekilde kullanılan materyallerden birisidir. Ayrıca dondurma ve peynirlerde stabilizatör, sütlü puding ve jel halindeki sulu tatlılarda jelleştirici olarak, meyveli içecek ve diğer sulu meşrubatlarda süspansiyon oluşturarak koyulaştırıcı, birada köpük oluşturucu ve mayonezde ise emülgatör rolünde kullanılmaktadır (Datta et al 2008; Erickson & Hung 2012; Gennadios 2002; Gennadios et al 1997; Gombotz & Wee 2012).

Birçok gıda ürününde aljinat kullanımıyla raf ömrünün artırılması ve kalite kayıplarının azaltılmasına yönelik araştırmalar yapılmakta ve sürekli yeni yöntemler geliştirilmektedir. Aljinat esaslı filmlerin herhangi bir alerjik etkisine rastlanmamış olup doğal olarak elde edilmesi aljinatı hem çevre dostu hem de ekonomik olarak avantajlı kılmaktadır (Yeşiltaş 2012).

## 2.2. Aljinat Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalarla İlgili Çalışmalar

Field et al (1986) tarafından yapılan çalışmada; glikoz oksidaz enzimi ilaveli aljinat kaplamalar, dondurulmuş ve taze *Pseudopleuronectes americanus* türü yassı balık filetosunda ve bütün balıkta kullanılmıştır. Bu çalışmada glikoz oksidaz içeren aljinat kaplamanın duyuusal özelliğın korunmasında ve bozulma kokusunun engellenmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Siragusa & Dickson (1992) organik asit ilave edilmiş aljiinat ile kaplanan sığır eti karkaslarında *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli O157:H7* gelişiminde sırasıyla 1.80, 2.1 ve 0.74 log azalma gerçekleştiğini göstermişlerdir. Bir diğeri çalışmada laktik asidi aljinat kaplamayla beraber kullanarak sığır etinde *L. monocytogenes*'in inhibisyonu hedeflenmiştir. Depolama sürecinde (7 gün) aljinat kaplamaların potansiyel koruyucu olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Gennadios et al (1997) -18°C sıcaklıkta muhafaza boyunca polietilen torbalara konulmuş aljinat kaplı ringa balıklarının, polietilen torbalardaki kaplanmayan kontrollerden biraz daha fazla nem içeriğine ve daha az lipid oksidasyonuna (daha düşük TBA değeri) sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang & Quantick (1998), mozarella peynirini kitosan, sodyum aljinat ve soya proteini izolatlarını kullanarak kaplamışlar ve depolama boyunca sodyum aljinatın peynirin fizikokimyasal özelliklerini daha iyi koruduğunu bulmuşlardır.

Wang et al (2007) yaptıkları çalışmada karboksi metil selüloz (CMC), jelatin, peynir altı suyu proteini izolatu, patates nişastası, sodyum kazeinat ve sodyum aljinat ile hazırlanan yenilebilir filmlerle yapılan çalışmada sodyum aljinatın en düşük su buharı geçirgenliğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada sodyum aljinat filminin uzama yüzdesi ve gerilme gücü en yüksek olan yenilebilir film olduğu belirtilmiştir.

Rojas-Graü et al (2007) aljinat ve jelatin kaplı elmalarda kaplamaların su buharı direncini ayçiçeği yağı kullanarak artırmışlardır (aljinatta 15.7'den 19.2'ye, jelatinde ise 14.6'dan 27.6s/cm'ye çıkmıştır). Ayçiçek yağı eklenmesi aljinat kaplamaya kıyasla jelatin kaplamada daha iyi bir etki göstermiştir.

Marcos et al (2007) yaptıkları çalışmada sığır jambonunda *L. monocytogenes*'i inhibe etmek amacıyla belli konsantrasyonlarda Enterosin içeren aljinat filmlerle kaplama yapmışlardır. Soğuk muhafazada (6 °C) kontrol grubuna ait mikrobiyal yükün 8 gün sonunda 10<sup>4</sup>'den 10<sup>7</sup>kob/g'a yükseldiği görülürken %5 aljinat kaplamalı jambon gruplarında *L. monocytogenes*'in inhibisyonunun sağlandığı tespit edilmiştir.

Olivas et al (2007) tarafından "Gala" elmalarında aljinat, asetilleştirilmiş aljinatlı monogliserid linoleik asit ve aljinat-yağ-linoleik asit gibi farklı kaplama içerikleri uygulanarak ve 5°C'de %85 bağıl nemde muhafaza edilmiştir. Düzenli olarak ağırlık kaybı, renk, tekstür, mikrobiyal yük ve asitlik gelişimi kontrol edilmiştir. Bütün kaplama çeşitleri, "Gala" elmalarında kahverengileşmeyi önleyici etki sağlamış ve elmaların sıklık (firmness) özelliklerini korumuştur. Kaplamaların asitlik, mezofil ve

psikrofil bakteriler ile maya ve küf sayılarında önemli bir azalma sağlamadığı belirlenmiştir.

Norajit et al (2010) yaptıkları çalışmada 0.5g/ml ginseng ekstraktı içeren %2'lik aljinat ihtiva eden biyobozunur filmin antioksidan özelliklerini ve film yapısındaki değişiklikleri araştırmışlardır. Ginseng ekstraktı filme iyi adapte olmuş ve antioksidan aktiviteyi artırmış, filmin nem içeriğinde ise belirgin bir değişikliğe neden olmamıştır. Ayrıca, ginseng katkısıyla filmin gerilme direnci ve elastikiyetinde azalma olurken uzama yüzdesinde ise artış meydana gelmiştir. Aljinat filmlere ait bazı mekanik özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

### 3. Yenilebilir Protein Bazlı Film ve Kaplamalar

Yenilebilir protein film ve kaplamalar; bitkisel (mısır zeini, soya proteini, buğday gluteni vb.) ve hayvansal protein (kazein, peynir altı suyu, kollajen vb.) bazlı olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

Protein bazlı film ve kaplamalar; oksijen, karbondioksit ve lipitlere karşı bariyer olma ve mekanik özellikler bakımından polisakarit bazlı film ve kaplamalara kıyasla daha iyidir. Filmin geçirgenlik özellikleri, proteinlerin amino ve karboksil grupları arasındaki etkileşimlere bağlı olarak izoelektrik noktasındaki değişmelere göre farklılık gösterebilmektedir. Film çözeltisi dökülürken sahip olduğu pH değerinin film özelliklerinde (renk, yapı, gerilme direnci gibi) farklılıklara neden olduğu gözlenmiştir (Gennadios et al 1993a).

Protein kaynaklı film ve kaplamaların en önemli avantajları fiziksel kararlılıklarının yüksek olması ve bundan dolayı ürüne istenilen şeklin verilmesini sağlamasıdır (sucuk kılıfları gibi) (Gennadios et al 1993b). Protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar, ayrıca kullanıldığı gıdayı besin değeri açısından da zenginleştirmektedir (Dursun & Erkan 2009).

Kollajenler; hayvanlarda deri ve konnektif doku bileşenlerinde bol miktarda bulunan protein polimerleridir. Kollajenler; film ve kaplama olarak ticari anlamda yaygın olarak kullanılırlar. Özellikle kollajen kılıflar; sosis kaplamalarında doğal bağırsakla aynı görevi üstlenmekte ve daha çok kullanılmaktadır. Sosis ve et ürünlerinin kaplanması için kullanılan kollajen kılıflar, çok kalın üretilmediği sürece ürünle birlikte yenilebilir veya tüketilmeden önce üründen uzaklaştırılabilirler (Baker et al 1994). Bu tür film ve kaplamalar ürün işlenirken sağlam kalabilen ve gerilme miktarı yüksek olan esnek bir yapıya sahiptirler. Görünüş olarak şeffaf olup sağlıklıdır. Kapladıkları gıdanın net ağırlığını da arttırırlar (Kutas 1984).

Buğday gluteni; buğday ununun suda çözünmeyen proteinleridir. Gluten; gliadin ve glütenin polipeptidlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Yüksek molekül ağırlığı, apolar karakteri ve yapısal çeşitliliği önemli özelliklerindedir. Yüksek nem geçirgenliğine sahip olup, oksijen ve karbondioksit geçirgenliği düşüktür (Muilen 1971; Turbak 1972). Bu film ve kaplamalar; gıda esaslı katkı maddeleri kullanıldığı ve doğal olmayan maddeler kullanılmadığı zaman yenilebilir özelliktedirler (Temiz & Yeşilsu 2006). Fakat bazı insanların glutene karşı duyarlılığından dolayı herkes tarafından kabul

görmüş hammaddeler kısmına giremezler. Gluten kaplamalar tuz ve tat vericilerin çerezler üzerine kaplanmasını sağlamakta ve fırıncılık ürünlerinde tat ve renk etkenlerinin kapsülasyonunda da kullanılmaktadır (Gennadios & Weller 1990; Krochta & Mulder-Johnston 1997; Muilen 1971; Turbak 1972).

Soya proteini ham materyal olarak gıda endüstrisinde çok yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle Uzakdoğu ülkelerinde üretilmektedirler. Soya protein konsantresi ve soya protein izolatları kuru ağırlık olarak %70–90 oranında proteinden oluşmaktadır. Soya proteini izolatları, yağı alınmış soya keklerinin seyreltik alkali ile ekstraksiyonu sonucunda elde edilmektedir. Ekstraksiyon sonucu protein, pH değerinin 4.5 altına düşürülmesi ile çöktürülür ve daha sonra santrifüj yardımıyla ayrılıp kurutulur (Gennadios et al 1993a). Film oluşumu; protein polimerizasyonundan sorumlu olan disülfid bağlarının ısı uygulamasıyla artmaktadır (Temiz & Yeşilsu 2006).

Süt proteinleri düzenli yapılarından dolayı geçirgenliğin kontrolü açısından, yenilebilir filmlerin üretimi için çok uygundur. Süt proteini; %80 kazein ve %20peynir altı suyundan oluşur (Chen 1995; McHugh & Krochta 1994).

Kazeinler, suda çözünebilir fosfoproteinlerdir. Kazeinden elde edilen filmler şeffaf, kokusuz ve esnektir (Krochta & Mulder-Johnston 1997). Meyve ve sebzelerin korunmasında kazein film ve kaplamaların yapısına ilave edilen yağ ile nem geçirgenliğine karşı direnci artırılmaktadır. Kazeinlerin asitte koagüle olanları pH6.7'de sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum hidroksit kullanılarak çözülebilirler. Yağlar ile birleştiğinde taze meyveleri, kuru meyve sebzeleri ve dondurulmuş balıkları nem geçişine ve oksidasyona karşı koruma işlevindedirler (Krochta & Mulder-Johnston 1997). Kazein ve sodyum kazeinat, yağ (pamuk, mısır, soya, keten tohumu veya ayçiçeği yağı) içeren kaplamalar; çikolatalı kek, çikolata ve fındık gibi ürünlerde raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır (Acar & Alper 1996; Krochta & Mulder-Johnston 1997; McHugh & Krochta 1994).

Peynir altı suyu, peynir üretimi esnasında çok miktarda açığa çıkmakta olup son zamanlarda yapılan araştırmalarla değerlendirilmeye başlanan önemli bir süt proteini kaynağıdır. Peynir altı suyu protein filmi oksijen geçirgenliğini engellemede üstün özelliklere sahip olmasına rağmen, nem bariyeri özelliği hidrofilik yapısı nedeniyle yeterince dirençli değildir. Peynir altı suyu proteinlerinden üretilen filmler, berrak ve kokusuz olup yüksek elastikiyet özelliklerine sahiptir (Anker 1996; Shellhammer & Krochta 1997). Peynir altı suyu proteini kaplamalar; dondurulmuş balıklarda antioksidan özellik sağlar ve pişirilmiş gıdalarda, şekerleme, çikolata ve bisküvi ürünlerinde kullanılırlar. Peynir altı suyu proteinleri ve peynir altı suyu proteinleri-asetile edilmiş monogliserit karışımı kaplamalar kahvaltılık gevreklerde nem geçirgenliğini ve kuru üzümün yapışkanlığını azaltma amaçlı olarak kullanılmaktadır (Krochta & Mulder-Johnston 1997).

### **3.1. Zein Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalar**

Oldukça parlak ve sert bir yapıya sahip olan zein, yağ bariyer özelliğine sahip film ve kaplamaların hazırlanmasında yaygın olarak kullanılan bir biyopolimerdir (Gennadios & Weller 1990). Taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) elde edilen görüntüler, zein

filmlerin porlu bir yapı sergilediğini göstermektedir (Şekil 2). Birçok çalışmada zein filminin kırılma yapısından dolayı esnekliğini geliştirmek için plastikleştirici maddeler (organik asit, gliserol, şekerler vb.) eklenerek filmde meydana gelen kopmaların önüne geçilmiştir. Yapılan araştırmalarda; gliserolle plastikleştirilmiş filmlerin yüksek su aktivitesinde, plastikleştirilmemiş filmlere kıyasla beş kat daha fazla su absorpsiyon kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Plastikleştirilmiş filmlerin daha yüksek nem tutma kapasiteleri kullanılan plastikleştiricilerin (gliserolün) hidrofilik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Polietilen glikol veya laktik asit ile plastikleştirilmiş filmler gliserolle plastikleştirilmiş filmlerden daha düşük su absorpsiyonuna sahiptir (Temiz & Yeşilsu 2006). Zein filmlere ait bazı mekanik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Zein film kaplamalar fındık, şeker, şekerleme ürünleri başta olmak üzere birçok gıdalarda kullanılmıştır. Zeinin gıda değeri asetil olmayan gliseritler ve özel ağartıcı maddeler katılarak artırılmıştır. Küçük meyve parçaları, kuru yemişler ve dondurularak kurutulmuş bazı gıdalar zein ile kaplanmıştır (Yıldırım & Barutçu-Mazı 2017). Zein ilaç endüstrisinde kapsüllerin kaplanmasında koruma amaçlı ve tatların yayılması ya da engellenmesinde kontrol amacıyla da kullanılmaktadır (Mchugh et al 1994). Ayrıca sosis kılıflarında kollajenlere alternatif olarak, kuru gıdalarda ise suda eriyen poşetlerin üretiminde bitki kaynaklı biyopolimer olarak uygulanmıştır (Georgevits 1967; Turbak 1972). Domatesler zeinle kaplandığında, parlaklığını ve nem geçirgenliğini azaltmakta, renk değişimini de geciktirmektedir.

### **3.2. Zein Bazlı Yenilebilir Film ve Kaplamalarla İlgili Çalışmalar**

Yenilebilir protein bazlı filmlerin kıyaslandığı çalışmada; mısır zeini, buğday gluteni ve buğday gluteni/soya proteini izolatu filmlerinin 4 farklı sıcaklıktaki oksijen geçirgenlikleri incelenmiş ve sıcaklık arttıkça geçirgenlik değerinin azaldığı, en yüksek geçirgenliğin mısır zeini filmde en az geçirgenlik değerinin ise buğday gluteni/soya proteini izolatından elde edilen filmde olduğu görülmüştür (Gennadios et al 1993a).

Wong et al (1996) yaptıkları bir çalışmada zein bazlı filmle kaplanan tavuk yumurtalarında depolama süresi boyunca yumurta albumini, soya proteini izolatu, buğday gluteni ve mineral yağ çözeltileriyle muamele edilen yumurtalara kıyasla daha az su kaybı gerçekleşmiş ve Haugh birim değerlerinin (iç kalite kriteri) başlangıçtaki değerini koruduğu saptanmıştır. Ayrıca kaplamanın, koruyucu bir bariyer oluşturmak suretiyle yumurta kabuklarının kırılma dayanımını geliştirdiği belirlenmiştir.

Yağsız nişastalı ürünlerin farklı yenilebilir filmlerle kaplanmasının nem tutma ve yağ alımındaki azalmaya etkilerinin incelendiği bir çalışmada 47 mm çapındaki ezilmiş patates topları gıda modeli olarak kullanılmıştır. Örnekler; mısır zeini, HPMC (Hidroksipropil Metil Selüloz) ya da MC (Metil Selüloz) ile kaplanırken kaplanmamış örnekler kontrol örnekleri olarak seçilmiştir. Kontrol örneklerine kıyasla sırasıyla mısır zeini, HPMC ve MC ile kaplanan örneklerde nem kaybında %14.9, %21.9, %31.1’lik azalma gözlenmiştir. Yine buna benzer olarak sırasıyla mısır zeini, HPMC, MC filmleri ile kaplanan örneklerde yağ alımında %59, %61.4, %83.6’lık bir azalma gözlenmiştir. Nem kaybında ve yağ alımındaki azalma açısından en iyi bariyer özelliği MC filmin gösterdiği saptanmıştır (Mallikarjunan et al 1997).



Padgett et al (1998), nisin ve lizozimin gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal etkisini inceledikleri bir çalışmada, antimikrobiyal olarak nisin ya da lizozim ilave edilmiş mısır zeini ve soya proteininden yapılan filmlerde, zein film içindeki lizozim konsantrasyonu arttıkça filmin, *Lactobacillus plantarum* inoküle edilmiş ortamda oluşturduğu inhibisyon alanı artmıştır. Ayrıca, filme EDTA ilave edilmesiyle *E. coli*'ye karşı inhibe edici etkinin arttığı saptanmıştır.

Zein filmle modifiye atmosfer ortamının yaratılmasının taze brokoli yapraklarına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; taze brokoli yaprakları cam bir kavanoza konmuş ve üstü yenilebilir mısır zeini filmi ile kapatılmış, ambalajın içinde modifiye atmosfer ortamı yaratılarak brokoli örnekleri soğutucuda 6 gün süreyle depolanmıştır. 6.günün sonunda film materyalinin ambalajın içinde modifiye atmosfer ortamının gelişmesini sağladığı ve brokoli yapraklarının ilk günkü tazeliğini ve rengini koruduğu gözlenmiştir (Rakotonirainy et al 2001).

Janes et al (2002), yaptıkları çalışmada, tüketime hazır tavuk ürünlerinin kaplanmasında zein filmlerinin kullanımını incelemişlerdir. *L. monocytogenes* inoküle edilmiş tavuklar, nisin ve/veya kalsiyum propiyonat içeren zein filmlerine daldırılarak kaplanmıştır. Nisin içeren filmlerin et ürünlerinde potansiyel bir patojen olan *L. monocytogenes*'in kontrolünde etkili olduğu belirlenmiştir.

Mecitoğlu et al (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, gıda güvenliği artırma amaçlı olarak lizozimin, zein filmlerde kullanılabilmesi gösterilmiştir. Kısmen saflaştırılmış lizozim eklenen zein filmlerin *Bacillus subtilis* ve *Lactobacillus plantarum* üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, disodyum EDTA ilavesi yapılan zein filmlerin *E. coli* üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Aljinat ve zein kaplamaların taze domateslerdeki kalite kriterleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kaplamaların solunum hızını yavaşlatarak ve etilen oluşumunu sınırlandırarak olgunlaşmayı geciktirdiği böylece renk ve tekstür özelliklerini koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca, her iki kaplamanın domatesteki özellikle askorbik asit içeriğini muhafaza ettiği görülmüştür. Duyusal analizlerde ise zein kaplamaları domateslerin en yüksek toplam kaliteye sahip olduğu belirlenmiştir (Zapata et al 2008).

Ünalın et al (2013)'e ait çalışmada, *L. monocytogenes* inoküle edilmiş kaşar peyniri; lizozim, kateşin ve gallik asit ilave edilen zein ve çeşitli zein-mum (carnauba, candelilla ve bal mumu) kompozit filmleriyle kaplanmış 4°C'de 56 gün boyunca depolanmıştır. Lizozim bulunduran tüm filmler, depolama süresince *L. monocytogenes* sayısının artmasını engellerken sadece zein-karnauba mumu kompozit filminin başlangıç mikrobiyal yükünde önemli bir azalma sağladığı belirlenmiştir. Kateşin ve gallik asitin antimikrobiyal etkisi sadece *in vitro* olarak belirlenirken kaşar peynir üzerinde önemli bir etkisine rastlanmamıştır. Diğer taraftan, gallik asit ve kateşinin oksidatif değişimlerin engellenmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Ultra filtre İran Feta peyniri üzerinde yapılan çalışmada, zein filmine farklı oranlarda (%1-4) *Zataria multiflora* boiss (dağ kekiği) uçucu yağı ilave edilmiş ve peynirler filmlerle kaplandıktan sonra 14 gün boyunca 4°C'de depolanmıştır. Depolama süresince

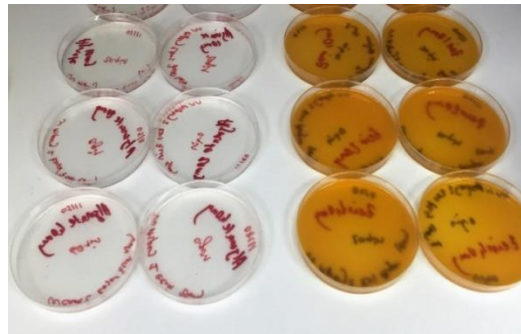
artan konsantrasyonlarda uçucu yağ içeren zein filmlerinin *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* sayılarını önemli miktarda azalttığı belirlenmiştir (Ghasemi et al 2015).

Yıldırım & Barutçu-Mazı (2017)'ye ait çalışmada iç fındıklar, fındık iç zarı ve alfa tokoferol içeren zeinle kaplanmıştır. 40°C'de 5 ay boyunca depolanan fındıklarda zein kaplamalarının herhangi bir kaplama uygulanmayan fındıklara kıyasla oksidatif acılaşmayı engellediği tespit edilmiştir. Fındık zarı içeren zein kaplamalarının oksidatif acılaşmaya etkisi herhangi bir katkı bulundurmeyen zein kaplamalarıyla aynı bulunurken, alfa tokoferol varlığının oksidatif acılaşmayı engellemede daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, alfa tokoferol varlığının fındıklara daha pürüzsüz bir dış yüzey kazandırdığı bildirilmiştir.

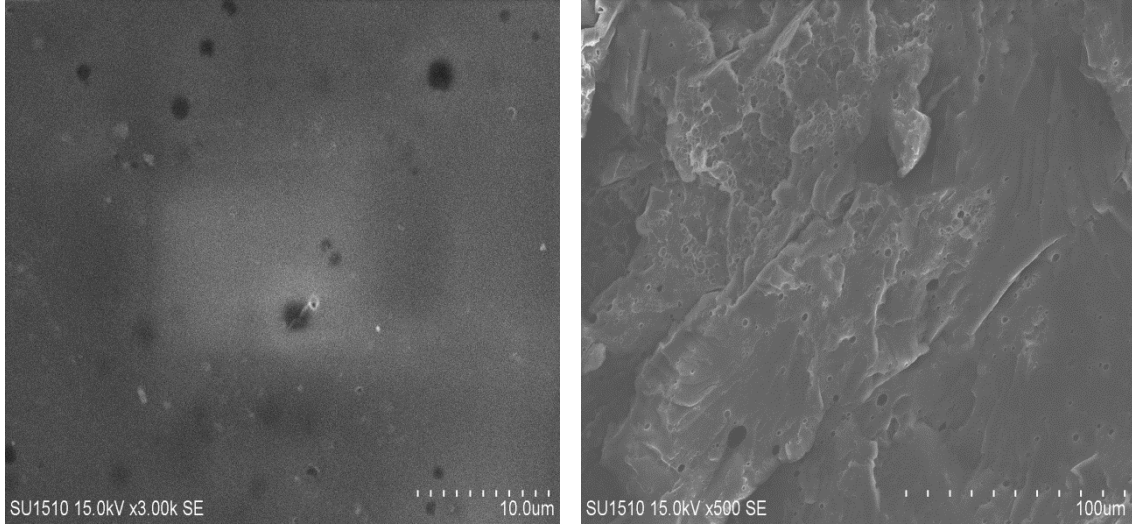
#### 4. Sonuç

Çevreye duyarlı ambalaj materyallerine ve gıda kalitesini ve güvenliğini artırmada doğal maddelere olan ihtiyaçlar yenilebilir filmlere olan ilgiyi gün geçtikçe artırmaktadır. Bu derlemede, zein ve aljinat bazlı yenilebilir film ve kaplamaların gıdalardaki güncel uygulamalarına ilişkin çalışmalara yer verilmiştir.

Sonuç olarak, uygulanan ürün çeşidine, bileşimine ve fiziksel özelliklerine, filmin uygulanma şekline ve birlikte uygulandığı ilave maddelere bağlı olarak her iki filmin bazı üstün özellikleri göze çarpmaktadır. Bunun yanında, bazı ilave maddeler kullanıldığında filmlerin gerek fiziksel gerekse bariyer olarak zayıf yönlerinin geliştirilebildiği görülmektedir. Bu durum, aljinat ve zein film ve kaplamalarının gıda uygulamalarındaki potansiyelini ortaya koyarken yeni çalışmalara olan ihtiyacı da beraberinde getirmektedir. Film ve kaplamaların uygulamaya yönelik özellikleri geliştirilirken yenilebilir, çevre dostu, biyobozunur ve düşük maliyet gibi avantajlarının da kaybedilmemesi hususu önemlidir. Aljinat ve zein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar gıda uygulamalarında oldukça yüksek potansiyele sahip olup gıda kalitesi ve güvenliğinin artırılmasında önemli ambalaj malzemeleridir.



**Şekil 1.** Aljinat (sol) ve zein (sağ) filmler  
*Figure 1. Alginate (left) and zein (right) films*



**Şekil 2.** Zein filmlerine ait kesit (sol) ve yüzey (sağ) taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri  
*Figure 2. Scanning electron microscope images for section (left) and surface (right) of zein films*

### Kaynakça

1. Acar J & Alper N (1996). Yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Mühendisliği Dergisi* **1** (4): 3-9
2. Ali Z, Lazan H & MITRA S (1997). Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. *Postharvest of Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*
3. Alkan D, Aydemir L Y, Arcan I, Yavuzdurmaz H, Atabay H I, Ceylan C & Yemenicioğlu A (2011). Development of flexible antimicrobial packaging materials against *Campylobacter jejuni* by incorporation of gallic acid into zein-based films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59** (20): 11003-11010
4. Anker M (1996). Edible and biodegradable films and coatings for food packaging: a literature review. SIK Institutet för livsmedelsforskning, Göteborg, Sverige
5. Arcan I & Yemenicioğlu A (2011). Incorporating phenolic compounds opens a new perspective to use zein films as flexible bioactive packaging materials. *Food Research International* **44** (2): 550-556
6. Baker R A, Baldwin E A & Nisperos-Carriedo M O (1994). Edible coatings and films for processed foods. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* **1**: 89
7. Baldwin E A, Nisperos-Carriedo M O & Baker R A (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* **35** (6): 509-524
8. Banker G S (1966). Film coating theory and practice. *Journal of Pharmaceutical Sciences* **55** (1): 81-89
9. Benavides S, Villalobos-Carvajal R & Reyes J (2012). Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and

- oregano essential oil concentration. *Journal of Food Engineering* **110** (2): 232-239
10. Chen H (1995). Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. *Journal of Dairy Science* **78** (11): 2563-2583
  11. Crackel R H L, Gray J, Booren A, Pearson A & Buckley D (1988). Effect of antioxidants on lipid stability in restructured beef steaks. *Journal of Food Science* **53** (2): 656-657
  12. Çakmakçı S & Çelik İ (2004). Gıda Katkı Maddeleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesis, Erzurum, 214s*
  13. Datta S, Janes M, Xue Q G, Losso J & La Peyre J (2008). Control of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella anatum* on the surface of smoked salmon coated with calcium alginate coating containing oyster lysozyme and nisin. *Journal of Food Science* **73** (2)
  14. Draget K, Storker T M, Gudmund S & Olav S (1995). Alginates. In *Food Polysaccharides and Their Applications*, CRC Press, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL
  15. Dursun S & Erkan N (2009). Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of FisheriesSciences.com* **3** (4): 352-373
  16. Erickson M & Hung Y-C (2012). *Quality in frozen food*. Springer Science & Business Media
  17. Fabra M J, Hambleton A, Talens P, Debeaufort F, Chiralt A & Voilley A (2008a). Aroma barrier properties of sodium caseinate-based films. *Biomacromolecules* **9** (5): 1406-1410
  18. Fabra M J, Talens P & Chiralt A (2008b). Effect of alginate and  $\lambda$ -carrageenan on tensile properties and water vapour permeability of sodium caseinate-lipid based films. *Carbohydrate Polymers* **74** (3): 419-426
  19. Field C E, Pivarnik L F, Barnett S M & RAND A G (1986). Utilization of glucose oxidase for extending the shelf-life of fish. *Journal of Food Science* **51** (1): 66-70
  20. Gennadios A (2002). *Protein-based films and coatings*. CRC Press
  21. Gennadios A, Hanna M A & Kurth L B (1997). Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *LWT-Food Science and Technology* **30** (4): 337-350
  22. Gennadios A & Weller C L (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*
  23. Gennadios A, Weller C L & Testin R (1993a). Temperature effect on oxygen permeability of edible protein-based films. *Journal of Food Science* **58** (1): 212-214
  24. Gennadios A, Weller C L & Testin R F (1993b). Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films

25. Georgevits L E (1967) Method of making a water soluble protein container, Google Patents
26. Ghasemi S, Javadi N H S, Moradi M & Khosravi-Darani K (2015). Application of zein antimicrobial edible film incorporating Zataria multiflora boiss essential oil for preservation of Iranian ultrafiltered Feta cheese. *African Journal of Biotechnology* **14** (24): 2014-2021
27. Gombotz W R & Wee S F (2012). Protein release from alginate matrices. *Advanced Drug Delivery Reviews* **64**: 194-205
28. Gómez-Estaca J, Montero P, Giménez B & Gómez-Guillén M (2007). Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold-smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food chemistry* **105** (2): 511-520
29. Gontard N, Thibault R, Cuq B & Guilbert S (1996). Influence of relative humidity and film composition on oxygen and carbon dioxide permeabilities of edible films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **44** (4): 1064-1069
30. Janes M, Kooshesh S & Johnson M (2002). Control of *Listeria monocytogenes* on the surface of refrigerated, ready-to-eat chicken coated with edible zein film coatings containing nisin and/or calcium propionate. *Journal of Food Science* **67** (7): 2754-2757
31. Kester J J & Fennema O (1986). Edible films and coatings: a review. *Food Technology (USA)*
32. Kim K W & Thomas R (2007). Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. *Food Chemistry* **101** (1): 308-313
33. Kim S, Sessa D & Lawton J (2004). Characterization of zein modified with a mild cross-linking agent. *Industrial Crops and Products* **20** (3): 291-300
34. King A (1983). Brown seaweed extracts (alginates). *Food Hydrocolloids* **2**: 115-188
35. Koushki M, Azizi M, Azizkhani M & Koohy-Kamaly P (2015). Effect of different formulations on mechanical and physical properties of calcium alginate edible films. *Journal of Food Quality and Hazards Control* **2** (2): 45-50
36. Krochta J M & Mulder-Johnston D (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology (USA)*
37. Kutas R (1984). Great sausage recipes and meat curing. The Sausage Maker Inc, New York
38. Lai H-M & Padua G W (1997). Properties and microstructure of plasticized zein films. *Cereal chemistry* **74** (6): 771-775
39. Lai H-M & Padua G W (1998). Water vapor barrier properties of zein films plasticized with oleic acid. *Cereal Chemistry* **75** (2): 194-199
40. Lu F, Liu D, Ye X, Wei Y & Liu F (2009). Alginate–calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 C. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **89** (5): 848-854

41. Mallikarjunan P, Chinnan M, Balasubramaniam V & Phillips R (1997). Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT-Food Science and Technology* **30** (7): 709-714
42. Marcos B, Aymerich T, Monfort J M & Garriga M (2007). Use of antimicrobial biodegradable packaging to control *Listeria monocytogenes* during storage of cooked ham. *International Journal of Food Microbiology* **120** (1): 152-158
43. McHugh T H & Krochta J M (1994). Milk-protein-based edible films and coatings. *Food Technology* **48** (1): 97-103
44. McHugh T H, Weller C L & Krochta J M (1994). Edible coatings and films based on proteins, 201 pp
45. Mecitoğlu Ç, Yemenicioğlu A, Arslanoğlu A, Elmacı Z S, Korel F & Çetin A E (2006). Incorporation of partially purified hen egg white lysozyme into zein films for antimicrobial food packaging. *Food Research International* **39** (1): 12-21
46. Meyer R, Winter A & Weiser H (1959) Edible protective coatings for extending the shelf life of poultry, pp. 146-148, Inst Food Technologists, Suite 300 221 N Lasalle St, Chicago, IL 60601-1291
47. Muilen J D (1971) Film formation from nonheat coagulable simple proteins with filler and resulting product, Google Patents
48. Nieto M B (2009). Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*pp. 57-112, Springer
49. Nisperos-Carriedo M O (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* **1**: 322-323
50. Norajit K, Kim K M & Ryu G H (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering* **98** (3): 377-384
51. Olivas G, Mattinson D & Barbosa-Cánovas G (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’apples. *Postharvest Biology and Technology* **45** (1): 89-96
52. Olivas G I & Barbosa-Cánovas G V (2008). Alginate–calcium films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. *LWT-Food Science and Technology* **41** (2): 359-366
53. Padgett T, Han I & Dawson P (1998). Incorporation of food-grade antimicrobial compounds into biodegradable packaging films. *Journal of Food Protection* **61** (10): 1330-1335
54. Pearce J A & Layers C (1949). Frozen storage of poultry: V. Effects of some processing factors on quality. *Canadian Journal of Research* **27** (6): 253-265
55. Pranoto Y, Salokhe V M & Rakshit S K (2005). Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International* **38** (3): 267-272

56. Rakotonirainy A, Wang Q & Padua G (2001). Evaluation of zein films as modified atmosphere packaging for fresh broccoli. *Journal of Food Science* **66** (8): 1108-1111
57. Rhim J-W (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food Science and Technology* **37** (3): 323-330
58. Rhim J-W, Gennadios A, Weller C L, Cezeirat C & Hanna M A (1998). Soy protein isolate–dialdehyde starch films. *Industrial Crops and Products* **8** (3): 195-203
59. Rojas-Graü M, Tapia M, Rodríguez F, Carmona A & Martin-Belloso O (2007). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids* **21** (1): 118-127
60. Saldamlı İ (1985). Gıda katkı maddeleri ve ingrediyenler. Hacettepe Üniversitesi, Ankara
61. Sanderson G (1981). Polysaccharides in foods. *Food Technology* **35** (7): 50
62. Sarıkuş G (2006). Farklı antimikrobiyal maddeler içeren yenilebilir film üretimi ve kaşar peynirinin muhafazasında mikrobiyal inaktivasyona etkisi. Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi
63. Sathivel S (2005). Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss, and lipid oxidation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Science* **70** (8)
64. Shellhammer T & Krochta J (1997). Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science* **62** (2): 390-394
65. Shi K, Yu H, Lakshmana Rao S & Lee T-C (2012). Improved mechanical property and water resistance of zein films by plasticization with tributyl citrate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60** (23): 5988-5993
66. Siragusa G R & Dickson J S (1992). Inhibition of *Listeria monocytogenes* on beef tissue by application of organic acids immobilized in a calcium alginate gel. *Journal of Food Science* **57** (2): 293-296
67. Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrione J, Osorio F & Aguilera J (2010). Food hydrocolloid edible films and coatings. In *Food hydrocolloids: Characteristics, properties and structures*, Nova Science Publishers, Inc.
68. Temiz H & Yeşilsu A F (2006). Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Teknolojisi Dergisi* **2**: 41-50
69. Tsai G J, Su W H, Chen H C & Pan C L (2002). Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation. *Fisheries Science* **68** (1): 170-177
70. Turbak A F (1972) Edible vegetable protein casing, Google Patents
71. Ünalın İ U, Arcan İ, Korel F & Yemenicioğlu A (2013). Application of active zein-based films with controlled release properties to control *Listeria monocytogenes* growth and lipid oxidation in fresh Kashar cheese. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **20**: 208-214

72. Wang L Z, Liu L, Holmes J, Kerry J F & Kerry J P (2007). Assessment of film-forming potential and properties of protein and polysaccharide-based biopolymer films. *International Journal of Food Science & Technology* **42** (9): 1128-1138
73. Wong Y, Herald T & Hachmeister K (1996). Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Science* **75** (3): 417-422
74. Yeşiltaş M (2012). Dumanlanmış balığın kalitesinde aljinat kaplama etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
75. Yıldırım E & Barutçu-Mazı I (2017). Effect of zein coating enriched by addition of functional constituents on the lipid oxidation of roasted hazelnuts. *Journal of Food Process Engineering* **40** (4)
76. Yılmaz L, Bayezit A A & Yılsay T Ö (2007). Süt proteinlerinin yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* **1**: 59-64
77. Zapata P J, Guillén F, Martínez-Romero D, Castillo S, Valero D & Serrano M (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88** (7): 1287-1293
78. Zhang D & Quantick P C (1998). Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **73** (6): 763-767



**Çizelge 1.** Zein ve aljinat filmlerin mekanik özellikleri  
*Table 1. Mechanical properties of zein and alginate films*

Film çeşidi	Gerilme direnci (MPa)	Kopma anında uzama yüzdesi (%)	Elastik modülü (MPa)	Kaynaklar
zein+ gliserol (0.3 g/g zein)	7.25±2.0	4±1	3.81±0.61	Alkan et al (2011)
zein+gliserol (0.3 g/g zein)+gallikasit (168 mg/g film solüsyonu)	0.06±0.01	13±3	0.04±0.0	Alkan et al (2011)
zein+ gliserol (0.3 g/g zein)	10.19±0.83	3.34±0.66	5.28±0.39	Arcan & Yemenicioğlu (2011)
zein	6.81±1.89	3.18±0.86	317.12±23.2	Lai & Padua (1997)
zein	33±1	2.23±0.04	1710±30	Kim et al (2004)
zein	6.70±0.37	1.96±0.18	409.86±7.62	Shi et al (2012)
zein+%10 tributilsitrat (a/a)	17.80±4.26	4.53±0.54	556.29±29.4	Shi et al (2012)
zein+oleikasit (0.5 g/g zein)	8.7±1.0	11.9±3.1	267.2±46.4	Lai & Padua (1998)
sodium aljinat film+gliserin (0.5 g/g aljinat)	33.6±3.1	14.0±2.9	-	Rhim (2004)
sodium aljinat film+gliserin (0.5 g/g aljinat)+ CaCl <sub>2</sub> (0.08 g)	43.5±4.5	9.1±1.3	-	Rhim (2004)
sodium aljinat film+sorbitol (0.4 g/g aljinat)	65.9	2.5	-	Olivas & Barbosa-Cánovas (2008)
sodium aljinat film+gliserol (0.4 g/g aljinat)	66.12	4.05	-	Pranoto et al (2005)
sodium aljinat film+gliserol (0.4 g/g aljinat)+garlik oil (0.4 h/h)	38.67	2.73	-	Pranoto et al (2005)
sodium aljinat+gliserol (0.243 g/g aljinat)	39.7±5.3	4.4±0.5	-	Benavides et al (2012)
Sodium aljinat+gliserol (0.243 g/g aljinat)+ CaCO <sub>3</sub> (0.03 g/g aljinat)	52.9±5.5	2.3±0.9	-	Benavides et al (2012)
kalsiyum aljinat	2.73	5.8	-	Koushki et al (2015)

## Ordu İlinde Yetiştirilen Sakarca (*Ornithogalum umbellatum*) Bitkisinin Antibakteriyel Aktivitesi ve Toplam Fenolik Madde İçeriği

Melike DEMİRKOL<sup>1\*</sup> , Ömer Faruk ÇELİK<sup>1</sup> , Zekai TARAKÇI<sup>1</sup> 

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

(Geliş Tarihi/Received Date: 15.09.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 18.11.2017)

### Öz

Bu çalışmada, Ordu ilinin farklı bölgelerinden temin edilen sakarca bitkilerinin kimyasal bileşimleri, antimikrobiyal aktiviteleri ve toplam fenolik madde içerikleri araştırılmıştır. Buna göre Sakarca bitkisinin % kül miktarı, pH ve asitlik değerlerinde bölgelere göre önemli farklılık gözlenirken, kurumadde miktarları arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark görülmemiştir. Toplam fenolik madde miktarları (TFM) bölgelere göre önemli düzeyde değişmiştir. En yüksek TFM 51.60 mg GAE 100g<sup>-1</sup> ile S1 numaralı bitki örneğinde en düşük TFM ise 28.35 mg GAE 100g<sup>-1</sup> ile S7 numaralı bitki örneğinde tespit edilmiştir. Antibakteriyel test sonuçlarına göre sekiz örneğe ait ekstraktların gram (+) bir bakteri olan *S. aureus*'a karşı etkili olduğu görülürken bunlardan S3 ve S9 numaralı örneklerin etkilerinin nispeten daha düşük oldukları belirlenmiştir. Örneklerden sadece 2 tanesi (S9 ve S10) *E. coli*'ye karşı antimikrobiyal etki gösterirken, *Listeria monocytogenes*'e karşı test edilen örneklerden hiçbirisi antimikrobiyal etki göstermemiştir. Bu sonuçlar, *Ornithogalum umbellatum* yabancı bitki türü ekstraktının doğal tıpta ve gıdalarda fonksiyonel gıda bileşeni olarak uygulanabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sakarca, Antibakteriyel aktivite, Fenolik bileşen

## Antibacterial Activity and Total Phenolic Content of Sakarca (*Ornithogalum umbellatum*) Plant Growing in Ordu

### Abstract

In this study, the chemical composition, antimicrobial activities and total phenolic content of sacchara plants obtained from different regions of Ordu province were investigated. According to this, while the amount of ash content, pH and acidity values of Sakarca plant were considerably different according to the regions, statistically significant difference was not observed between the amounts of dry matter. The total amount of phenolic contents (TPC) varied considerably from region to region. The highest TPC was determined in plant number S1 with 51.60 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> and the lowest TPC in plant number S7 with 28.35 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>. Antibacterial test results indicate that extracts of eight samples are effective against *S. aureus*, a gram (+) bacterium, while the effects of samples S3 and S9 are relatively low. Only 2 of the samples (S9 and S10) showed antimicrobial activity against *E. coli*, none of the samples tested against *Listeria monocytogenes* showed antimicrobial activity. These results show that *Ornithogalum umbellatum* wild plant species extract can be applied as a natural food and functional food ingredient in food.

**Keywords:** Sakarca, Antibacterial activity, Phenolic compound

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: gmatmaca@hotmail.com

## 1. Giriş

Gıdalarda doğal olarak bulunan ve beslenme yoluyla alınan fonksiyonel özelliğe sahip biyoaktif bileşenlerin gerek insan hastalıklarının tedavisinde kullanımı ve gerekse hastalıklardan korunmadaki rolleri son yıllarda üzerinde önemle durulan konulardandır. İlaç, gıda ve kozmetik endüstrilerinde tıbbi ve aromatik bitkilerin doğal kaynak olarak kullanılması, tüm dünyada artan bir eğilimi göstermektedir. Farklı bitki ekstraktları / uçucu yağlar ve bunların türevleri, antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve farklı gıdalara uygulanması bakımından araştırılmıştır. Farklı sınıfta fenolik bileşikler içeren bitki ekstraktlarının antimikrobiyal özellikleri hakkında çok sayıda sonuç bildirilmiştir. Özellikle, birçok çalışma fenolik bileşiklerin hidroksibenzoik asit türevleri gibi bazı sınıflarının antimikrobiyal etkinliğini vurgulamışlardır (Gatto et al 2011; Perumalla & Hettiarachchy, 2011).

Sakarca bitkisi Ordu yöresinde, halk arasında yaygın olarak tüketilen yabani bitkilerin başında gelmektedir. Yörede “Akyıldız” veya halk arasında “Sakarca” (*Ornithogalum umbellatum*) olarak bilinen bitki, Nisan-Temmuz aylarında çiçeklenir, başta Ordu merkez olmak üzere, Ulubey, Gölköy, Gürgentepe’de bulunan fındık bahçelerinde yaygın olarak yetişir ve soğanları ile toprak üstü kısımları pişirilerek kullanılmaktadır (Yılmaz et al 2004). Plancic et al (2015), *Ornithogalum*’un diğer bazı türlerinin yaprakları ve tomurcuklarından alınan ekstraktların antimikrobik, antioksidan ve serbest radikal süpürücü aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ülkemizde, yabani bitkiler üzerine yapılmış araştırmaların çoğu bölgesel ve etnobotanik çalışmalar olup, yabani yenilebilir türlerden elde edilen fenolik ekstraktların antimikrobiyal aktivitesi üzerine yapılmış çalışmalar ise sınırlı sayıdadır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, Ordu ilinin farklı bölgelerine ait sakarca bitkisi ekstraktlarının antimikrobiyal aktivite ve fenolik madde içeriğini tespit etmektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Bitkilerin Toplanması

Araştırmada kullanılan Ordu ve yöresindeki doğal vejetasyonda yetişen Sakarca (*Ornithogalum umbellatum*) bitkisi Mayıs 2017’de Ordu ve çevresinden (Gürgentepe, Gülyalı, Altınordu, Kabadüz, Perşembe, Ünye, Fatsa, İkizce, Ulubey, Kumru) örnekleme kurallarına göre (tesadüfi örnekleme) toplanmıştır. Toplanan örneklere yukarıda verilen sıraya göre S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 ve S10 kodları verilmiştir. Bitkiler yenebilecek şekilde ayıklanıp, yıkanıp, el blenderi ile parçalanmış ve geçirgenliği düşük olan vakum poşetlerde analiz süresine kadar derin dondurucuda depolanmıştır (-18°C).

### 2.2. Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Örneklerinin ekstraksiyonunda, 10 g örnek 30 ml asidifiye metanol/su (80:20) (v/v) (% 0.1 HCl) ile oda sıcaklığında 24 saat çalkalayıcıda bırakılmış daha sonra Ultra-turrax ile 5 dk ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakt toplam fenolik madde ve antibakteriyel aktivite analizlerinde kullanılmak üzere Whatman No.1 filtre kağıdından vakum altında filtre edilmiştir.

### 2.3. Fizikokimyasal analizler

Saf su ile parçalanıp süzülen örnekler 0.1 N NaOH ile pH 8.1'e kadar titre edilmiş ve sonuçlar % sitrik asit cinsinden verilmiştir. Örneklerin pH değeri direkt olarak inoLab (Weilheim, Germany) marka pHmetre ile tespit edilmiştir. Parçalanarak homojen hale getirilen bitki örnekleri etüvde 70°C'de 4 saat, sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup desikatörde soğutulmuş ve tartım alınarak, kuru madde miktarı gravimetrik olarak hesaplanmıştır (AOCS 1998). Örneklerin kül miktarı 525<sup>0</sup> C' de beyaz kül edilinceye kadar kül fırınında yakılmasıyla belirlenmiştir (Anonymous 1962).

### 2.4. Toplam Fenolik Madde (TFM)

Sakarca ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarı, fenolik bileşiklerin alkali ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisi ile verdiği rengin spektrofotometrede ölçümü ile saptanmıştır (Singleton ve Rossi 1965). Bunun için uygun oranda seyreltilmiş ekstrakt alınarak üzerine Folin-Ciocalteu çözeltisi eklenip 5 dk bekletilmiş daha sonra doygun Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi eklenmiş ve 120 dk bekletildikten sonra 760 nm'de absorbansı ölçülmüştür. Gallik asitle çizilen standart eğriden yararlanılarak hesaplama yapılmış ve sonuçlar gallik asit cinsinden mg GAE 100g<sup>-1</sup> olarak verilmiştir.

### 2.5. Antibakteriyel aktivite

Sakarca örneklerine ait metanol ekstraktları hazırlandıktan sonra antibakteriyel etkilerini belirlemek üzere agar disk difüzyon yönteminden yararlanılmıştır. Model bakteriler olarak; bir gıda patojeni olan *Listeria monocytogenes* ve gram pozitif ve gram negatif bakterileri temsilen sırasıyla *Escherichia coli* BL21 ve *Staphylococcus aureus* NCTC 8530 bakterileri kullanılmıştır. Tüm bakteriler, stoktan çıkarılıp Tryptic Soy Broth içerisinde 37°C sıcaklıkta büyütüldükten sonra iki kez pasaj geçilmiş ve analiz öncesinde aynı besiyerine inoküle edilerek orta-logaritmik faza kadar büyütülmüştür. Bu kültürlerden 100 µl Mueller-Hinton Agar üzerine transfer edilerek yayma yöntemiyle ekilmiştir. Besiyerleri yeterince kuruduktan sonra steril diskler (6 mm çap) pens yardımıyla agar üzerine aseptik şekilde yerleştirilmiş ve her ekstraktan 10 µl alınarak disklere emdirilmiştir. İnkübasyon (37°C, 24 saat) sonrasında disklerin çevresinde oluşan inhibisyon zonlarına ait çaplar dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve değerlendirilmiştir (Alzoreky & Nakahara 2003).

### 2.6. İstatistik Analiz

Veriler SPSS 20 paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA modeli) ile incelenmiştir. Ortalamalar arasındaki farkların tespitinde ise Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Fizikokimyasal analizler

Sakarca bitki örneklerine ait fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kül miktarı %0.60- %0.85, TKM %7.79-%22.35, pH değeri 6.09-6.41,

titrasyon asitliği ise %0.02-%0.04 arasında değişmektedir. Yapılan Varyans Analizi sonucuna göre kül miktarı, pH ve asitlik değerlerinin yabancı bitki örneklerine göre değişkenlik gösterdiği bu değişimin istatistikî açıdan  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Yabancı bitki çeşitleri içerisinde Sakarca bitkilerinin kül miktarı S5 nolu bölgede en yüksek (%0.85) bulunurken, S2 nolu bölgede ise %0.60 ile en düşük miktarda olduğu gözlenmiştir. Bitkilerin toplam kurumadde miktarı ortalamaları değerlendirildiğinde en yüksek TKM miktarı S6 nolu bölgedeki Sakarca (%22.35) bitkisinde tespit edilirken, en düşük TKM ise yine S2 nolu bölgeye ait bitkide tespit edilmiştir. Diğer bölgelerdeki bitki örnekleri arasında ise TKM açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ). Yıldırım et al (2001), Yukarı Çoruh Vadisi'nde sebze olarak tüketilen 8 yabancı bitki türünde kurumaddeyi %11.89-20.87 arasında bildirmişlerdir. Sekeroğlu et al (2006), Ordu ili ve çevresinden temin ettikleri Isırgan, Kaldırık, Melocan ve Sakarca bitkilerinde kurumaddeyi %7.01-18.49 arasında, kurumadde üzerinden külü ise %4-19 arasında bildirmişlerdir.

**Çizelge 1.** *Ornithogalum umbellatum* örneklerine ait fizikokimyasal analiz sonuçları

Table 1. Physicochemical analysis results of *Ornithogalum umbellatum* samples

Bitki Örnekleri	Kül (%)	pH	Asitlik (%)	Kurumadde (%)
S1	0.81 ± 0.004 <sup>AB</sup>	6.27 ± 0.028 <sup>ABC</sup>	0.03 ± 0.001 <sup>B</sup>	16.65 ± 0.598 <sup>AB</sup>
S2	0.60 ± 0.022 <sup>D</sup>	6.34 ± 0.057 <sup>AB</sup>	0.03 ± 0.001 <sup>B</sup>	7.79 ± 1.510 <sup>B</sup>
S3	0.73 ± 0.002 <sup>ABC</sup>	6.41 ± 0.007 <sup>A</sup>	0.02 ± 0.004 <sup>C</sup>	15.89 ± 1.670 <sup>AB</sup>
S4	0.66 ± 0.038 <sup>CD</sup>	6.32 ± 0.021 <sup>AB</sup>	0.02 ± 0.002 <sup>C</sup>	16.43 ± 2.590 <sup>AB</sup>
S5	0.85 ± 0.019 <sup>A</sup>	6.10 ± 0.007 <sup>C</sup>	0.03 ± 0.002 <sup>AB</sup>	16.51 ± 2.220 <sup>AB</sup>
S6	0.72 ± 0.014 <sup>BCD</sup>	6.16 ± 0.057 <sup>BC</sup>	0.03 ± 0.000 <sup>B</sup>	22.35 ± 0.052 <sup>A</sup>
S7	0.73 ± 0.055 <sup>ABC</sup>	6.31 ± 0.014 <sup>AB</sup>	0.03 ± 0.002 <sup>B</sup>	12.77 ± 0.666 <sup>AB</sup>
S8	0.79 ± 0.027 <sup>AB</sup>	6.09 ± 0.120 <sup>C</sup>	0.04 ± 0.001 <sup>A</sup>	12.70 ± 7.350 <sup>AB</sup>
S9	0.83 ± 0.006 <sup>AB</sup>	6.31 ± 0.000 <sup>AB</sup>	0.02 ± 0.001 <sup>C</sup>	17.67 ± 4.010 <sup>AB</sup>
S10	0.77 ± 0.058 <sup>ABC</sup>	6.26 ± 0.078 <sup>ABC</sup>	0.03 ± 0.001 <sup>B</sup>	14.49 ± 2.000 <sup>AB</sup>

<sup>A-D</sup>Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden  $p < 0.05$  düzeyinde farklıdır.

pH ve titrasyon asitliği bakımından farklı bölgelere ait bitki örnekleri içerisinde istatistikî önemde farklılıklar bulunmaktadır ( $p < 0.01$ ). Çizelge 1'den de görüldüğü üzere en yüksek pH değeri S3 numaralı bitki örneğinde ölçülürken, en düşük pH değeri S5 ve S8 örneklerinde ölçülmüştür. Titrasyon asitliği ise en yüksek S8 örneğinde, en düşük ise S3, S4 ve S9 örneklerinde tespit edilmiştir.

### 3.2. Toplam Fenolik Madde

Farklı bölgelere ait Sakarca bitki örneklerinin metanol ile hazırlanan ekstraktlarından elde edilen toplam fenolik madde miktarları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Buna göre TFM, 51.60 mg GAE 100g<sup>-1</sup> en yüksek S1 numaralı bitki örneğinde, en düşük ise S7 numaralı bitki örneğinde tespit edilmiştir. S2-S6 numaralı bitki örnekleri arasında ise istatistik düzeyde önemli bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0.05$ ). Bunu yanı sıra Çizelge 2'de verilen sonuçlar tüm bölgelere ait bitki örneklerinin önemli düzeyde fenolik madde içerdiğini göstermiştir. Aberoumand & Deokule (2009), İran ve Hindistanda yabancı bitki türleri üzerine yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde miktarını 0.87-7.02 mg GAE 100g<sup>-1</sup> kuru ekstrakt arasında bulmuşlardır. Rat et al (2016), farklı *Ornithogalum* türlerinde toplam fenolik madde miktarını 7.55-28.9 mg GAE g<sup>-1</sup> arasında tespit

etmişlerdir. Bunun yanısıra bitkilerdeki fenolik madde içeriğinin, bitkinin türü ve çevre koşullarına göre değişiklik gösterdiğini de bildirmişlerdir.

**Çizelge 2.** *Ornithogalum umbellatum* örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı  
*Table 2. Total phenolic content of Ornithogalum umbellatum samples*

Bitki Örnekleri	TFM (mg GAE 100g <sup>-1</sup> )
S1	51.60 ± 2.120 <sup>A</sup>
S2	31.88 ± 3.290 <sup>CDE</sup>
S3	37.13 ± 0.106 <sup>BCD</sup>
S4	32.55 ± 1.480 <sup>CDE</sup>
S5	35.85 ± 0.424 <sup>BCD</sup>
S6	32.70 ± 3.820 <sup>CDE</sup>
S7	28.35 ± 0.212 <sup>E</sup>
S8	41.03 ± 1.167 <sup>B</sup>
S9	30.23 ± 0.530 <sup>DE</sup>
S10	37.95 ± 1.061 <sup>BC</sup>

<sup>A-E</sup>Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır.

### 3.3. Antimikrobiyal aktivite

Sakarca bitki örneklerine ait antimikrobiyal aktivite sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3.** *Ornithogalum umbellatum* örneklerine ait antimikrobiyal aktiviteler  
*Table 3. Antimicrobial activities of Ornithogalum umbellatum samples*

Bitki Örnekleri	İnhibisyon zon çapları (mm)	
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
S1	x	x
S2	x	x
S3	7.60 ± 0.283 <sup>ABC</sup>	x
S4	7.80 ± 0.000 <sup>AB</sup>	x
S5	7.05 ± 0.071 <sup>C</sup>	x
S6	7.90 ± 0.141 <sup>A</sup>	x
S7	7.85 ± 0.212 <sup>AB</sup>	x
S8	7.35 ± 0.071 <sup>ABC</sup>	x
S9	7.25 ± 0.071 <sup>BC</sup>	6.75 ± 0.071 <sup>A</sup>
S10	7.95 ± 0.212 <sup>A</sup>	7.65 ± 0.354 <sup>A</sup>
Negatif kontrol (metanol)	x	x

<sup>A-C</sup>Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden p<0.01 düzeyinde farklıdır. x: inhibisyon zonu yok.

Buna göre Sakarca bitkisi örneklerine ait metanol ekstraktlarının potansiyel antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir. Antimikrobiyal etkinliğin uygulanan bakterilere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Sekiz örneğe ait

ekstraktların gram (+) bir bakteri olan *S. aureus*'a karşı etkili olduğu görülürken bunlardan S3 ve S9 numaralı örneklerin etkilerinin nispeten daha düşük oldukları belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Örneklerden sadece 2 tanesi (S9 ve S10) *E. coli*'ye karşı antimikrobiyal etki gösterebilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus*'un her ikisine karşı antimikrobiyal aktivite gösteren iki örnek etki sırasına göre S10 ve S9 numaralı örnekler olurken test edilen örneklerden hiçbirisi *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyal etki göstermemiştir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada kullanılan analizlerin sonuçları, *Ornithogalum umbellatum* bitkisinin fenolik maddelerce zengin ve antimikrobiyal özellikte bir bitki olduğunu göstermiştir. Birçok bitkiden elde edilen fenolik ekstraktların antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri, gıda endüstrisinde büyük bir ilgi uyandırmaktadır; zira doğal katkı maddeleri olarak potansiyel kullanımları, sentetik maddelerin yerini almak için giderek büyüyen bir piyasa oluşturabilir. Bu araştırma sonucu aynı zamanda daha sonraki yapılacak çalışmalar için ön araştırma niteliği taşımaktadır. Ayrıca, bu çalışma, söz konusu yabancı bitkilerin buldukları ortamda kültüre alınması ve zengin floranın korunmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

#### Kaynakça

1. Aberoumand A & Deokule S S (2009). Studies on nutritional values of some wild edible plants from Iran and India. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(1), 26-31.
2. Alzoreky N S & Nakahara K (2003). Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *International journal of food microbiology*, 80(3), 223-230.
3. Anonymous 1962. Determination of Ash. IFJU Analyses No: 9, 2p.
4. AOAC 1998. Association of official analytical chemists. Official methods of analysis. Washington DC: Method 734.06
5. James G S (1995). Analytical chemistry of foods Blackie Academic and Professional, London (pp. 117–120)
6. Gatto M A, Ippolito A, Linsalata V, Cascarano N A, Nigro F, Vanadia S & Di Venere D (2011). Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1), 72-82.
7. Najjaa H, Zerria K, Fattouch S, Ammar E & Neffati M (2011). Antioxidant and antimicrobial activities of *Allium roseum* L. "Lazoul," a wild edible endemic species in North Africa. *International journal of food properties*, 14(2), 371-380.
8. Perumalla A V S & Hettiarachchy N S (2011). Green tea and grape seed extracts - Potential applications in food safety and quality. *Food Research International* 44, 827-839.
9. Plančić M, Božin B, Kladar N, Rat M & Srđenović B (2015). Phytochemical profile and biological activities of the genus *Ornithogalum* L.(Hyacinthaceae). *Biologia Serbica*, 36(1-2).

10. Rat M. M, Gavaric N S, Kladar N V, Andric A M, Anackov G T & Bozin B N (2016). The Phenolics of the *Ornithogalum umbellatum* L.(Hyacinthaceae): Phytochemical and Ecological Characterization. *Chemistry & biodiversity*, 13(11), 1551-1558.
11. Sekeroglu N, Ozkutlu F, Deveci M, Dede O & Yilmaz N (2006). Evaluation of some wild plants aspect of their nutritional values used as vegetable in eastern Black Sea region of Turkey. *Asian Journal of Plant Sciences*..
12. Singleton V L & Rossi J A (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
13. Yıldırım E, Dursun A & Turan M (2001). Determination of the nutrition contents of the wild plants used as vegetables in upper Çoruh Valley. *TUBİTAK, Turk. J. Bot.*, 25, 367-371.
14. Yılmaz N, Deveci M, Dede Ö & Şekeroğlu N (2004). Ordu ve Giresun illerinde doğal olarak yetişen tıbbi ve aromatik bitkilerin tespiti, kullanılma alanları ve yetiştirme koşullarının belirlenmesi. *Üçüncü Milli Fındık Şurası (Bildiri kitabı)*, 10-14 Ekim 2004, Sayfa: 432-447, Giresun.



## On the Distribution of a Boundary Functional of the Semi-Markovian Random Walk Process with Two Delaying Barriers

Selahattin MADEN 

Ordu University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu, Turkey

(Geliş Tarihi/Recived Date: 10.08.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.11.2017)

### Abstract

In this study, a process of semi-Markovian random walk with delaying barriers at  $0-$  and  $\beta-$  levels ( $\beta > 0$ ) and first falling moment of the process into the delaying barrier at zero-level, ( $\tau_0$ ), are mathematically constructed, in this case when the random walk happens according to the Laplace's distribution  $L(1^-; 1^+)$ . Then it is given an explicit expression of the Laplace transformation of the distribution of random variable  $\tau_0$ . Also the simple formulas for expectation and variance of random variable  $\tau_0$  are obtained by the means of this Laplace transformation.

**Keywords:** Semi-Markovian random walk process, Laplace distribution, delaying barrier, expected value, variance, Laplace transformation.

### İki Tutan Bariyerli Yarı-Markovian Rastgele Yürüyüş Sürecinin Bir Sınır Fonksiyonunun Dağılımı Hakkında

#### Öz

Bu çalışmada, rastgele yürüyüşün  $L(1^-; 1^+)$  Laplace dağılımına sahip olması durumunda, sıfır ve  $\beta(\beta > 0)$  – seviyelerinde tutan bariyerlere sahip bir yarı-Markovian rastgele yürüyüş süreci ve bu sürecin sıfır seviyesindeki tutan bariyere ilk kez düşme anı, ( $\tau_0$ ), matematiksel olarak kurulmuştur. Daha sonra  $\tau_0$  rastgele değişkeninin Laplace dönüşümünün açık bir ifadesi verilmiştir. Ayrıca bu Laplace dönüşümünü kullanarak,  $\tau_0$  rastgele değişkeninin beklenen değer ve varyansı için basit formüller elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yarı-Markovian rastgele yürüyüş süreci, Laplace dağılımı, Tutan bariyer, Beklenen değer, Varyans, Laplace dönüşümü.

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: maden55@mynet.com

## **1. Introduction**

In recent years, random walks with one or two barriers are used to solve a number of very interesting problems in the fields of inventory, queues and reliability theories, mathematical biology etc. Many good monographs in this field exist in literature (see references Borovkov 1975; Borovkov 1976; Feller 1968 and etc.).

In particular, a number of very interesting problems of stock control, queues and reliability theories can be expressed by means of random walks with two barriers. These barriers can be reflecting, delaying, absorbing, elastic, etc., depending on concrete problems at hand. For instance, it is possible to express random levels of stock in a warehouse with finite volumes or queueing systems with finite waiting time or sojourn time by means of random walks with two delaying barriers. Furthermore, the functioning of stochastic systems with spare equipment can be given by random walks with two barriers, one of them is delaying and the other one is any type barrier. Numerous studies have been done about step processes of semi-Markovian random walk with two barriers of their practical and theoretical importance. But in the most of these studies the distribution of the process has free distribution. Therefore the obtained results in this case are cumbersome and they will not be useful for applications (see references Borovkov 1975; Borovkov 1976; Feller 1968; Khaniev 1984; Khaniev & Ünver 1997; Lotov 1991 and etc.).

For the problem considered in this study, it is considered a semi-Markovian random walk with two delaying barriers, and the process representing the quantity of the stock has been given by using a random walk and a renewal process. Such models were rarely considered in literature (see references Maden & Shamilova 2016; Maden 2016; Maden 2017; Nasirova 1984; Nasirova & Omarova 2007; Nasirova & Sadikova 2009; Nasirova & Shamilova 2014; Nasirova et al.; Omarova & Bakhshiev 2010 and etc.). The practical state of the problem mentioned above is as follows.

Suppose that some quantity of a stock in a certain warehouse is increasing or decreasing in random discrete portions depending to the demands at discrete times. Then, it is possible to characterize the level of stock by a process called the semi-Markovian random walk process. But sometimes some problems occur in stock control theory such that in order to get an adequate solution we have to consider some processes which are more complex than semi-Markovian random walk processes. For example, if the borrowed quantity is demanded to be added to the warehouse immediately when the quantity of demanded stock is more than the total quantity of stock in the warehouse then, it is possible to characterize the level of stock in the warehouse by a stochastic process called as semi-Markovian random walk processes with delaying barrier at zero-level. Also since the volume of warehouse is finite in real cases, the supply coming to the warehouse is stopped until the next demand when the warehouse becomes full. In order to characterize the quantity of stock in the warehouse under these conditions it is necessary to use a stochastic process called as semi-Markovian random walk process with two delaying barriers. Note that semi-Markovian random walk processes with two delaying barriers, have not been considered enough in literature. This type problems

may occur, for example, in the control of military stocks, refinery stocks, reserve of oil wells, and etc.

In the following, a semi-Markovian random walk with delaying barriers at  $0-$  and  $\beta(\beta > 0)-$  levels, that has a denumerable state space, is constructed and the main probability characteristics of a boundary functional of this process are considered.

## 2. Construction of the Process

Suppose that  $\{(\xi_i, \eta_i): i=1,2,\dots\}$  is any sequence of identically and independently distributed random variables, defined on any probability space  $(\Omega, F, P(\cdot))$ , such that  $\xi_i$ 's are positive valued, i.e.,  $P\{\xi_i > 0\} = 1$ . Also, the random variables  $\xi_i$  and  $\eta_i$  are mutually independent as well. Furthermore the numbers  $z > 0$ ,  $\beta > 0$  and  $0 < z < \beta$  are given. In this case, let us denote the distribution functions of  $\xi_1(w)$  and  $\eta_1(w)$

$$\Phi(t) = P\{\xi_1(w) < t\}, F(x) = P\{\eta_1(w) < x\}, t \in \mathbb{R}^+ \text{ and } x \in \mathbb{R},$$

respectively. By the means of these random variables, we can construct the following process:

$$X_1(t) = \sum_{i=0}^{n-1} \eta_i, \text{ if } \sum_{i=0}^{n-1} \xi_i \leq t < \sum_{i=0}^n \xi_i, n = 1,2,3,\dots,$$

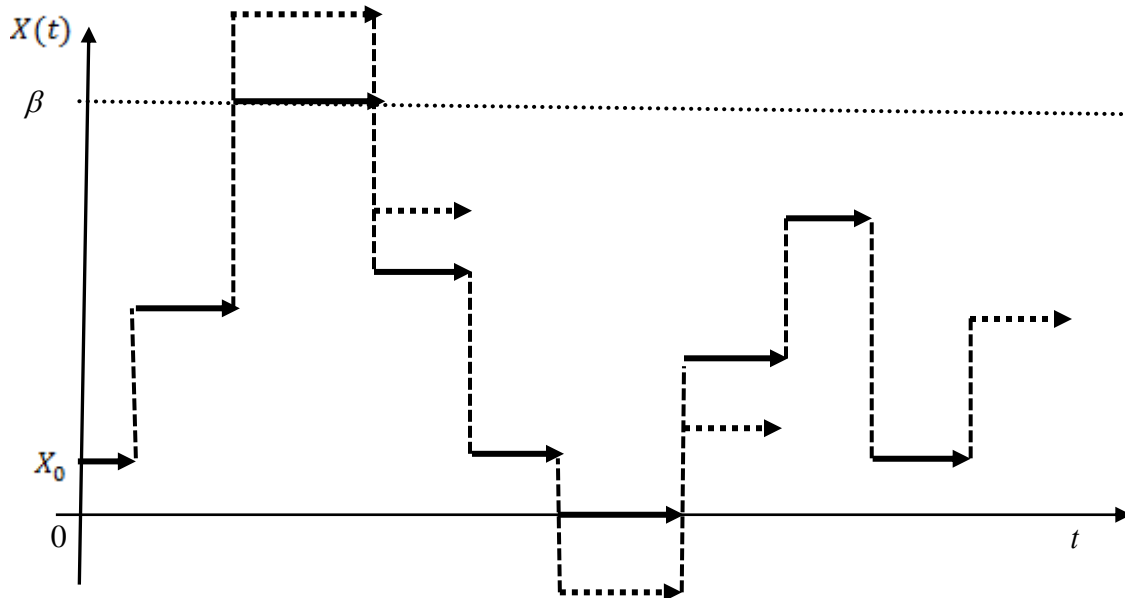
where  $\xi_0 = 0$  and  $\eta_0 = z \in (0, \beta)$ . This process forms a step process of the semi-Markovian random walk. Now, let us delay this process by a delaying barrier at zero level as follows:

$$X_2(t) = X_1(t) - \inf_{0 < s < t} \{0, X_1(s)\}.$$

This process forms a step process of semi-Markovian random walk with delaying barrier on the zero-level. Then, the process  $X_2(t)$  is delayed by a delaying barrier on  $\beta(\beta > 0)-$  level:

$$X(t) = X_2(t) - \sup_{0 \leq s \leq t} \{0, X_2(s) - \beta\}.$$

The process  $X(t)$  forms a step process of semi-Markovian random walk with delaying barriers on the zero-level and on the  $\beta(\beta > 0)-$  level.



**Fig. 1.** A View of a Step Process of Semi-Markovian Random Walk with Two Delaying Barriers

Now, we can construct the desired stochastic process in the following way we shall call the step process of the semi-Markovian random walk with delaying barriers at levels 0- and  $\beta$  ( $\beta > 0$ )-level.

$$X(t) = X_n, \text{ if } \sum_{i=0}^{n-1} \xi_i \leq t < \sum_{i=1}^n \xi_i, \quad n \geq 1,$$

where

$$X_n = \min\{\beta, \max\{0, X_{n-1} + \eta_n\}\}, \quad n \geq 1, \quad X_0 = z.$$

Let us denote by  $\tau_0$  the first falling moment of the process  $X(t)$  into the delaying barrier at zero-level. In this case, we can write

$$\tau_0 = \inf\{t : X(t) = 0\}.$$

Also we get  $\tau_0 = +\infty$  when  $X(t) \neq 0$  for every  $t \in \mathbb{R}^+$ .

Note that  $\tau_0$  is important from a scientific and practical point of view and it is an important boundary functional of the process  $X(t)$ . This random variable plays an important role in solving of most probability problems arising in control of random levels of stocks in a warehouse which is functioning according to the process  $X(t)$ . For

this reason, the consideration with detailed of random variable  $\tau_0$  seems very interesting from scientific and practical point of view.

### 3. The Laplace Transformation of $\tau_0$

In this section, let us calculate the Laplace transformation of random variable  $\tau_0$ , because the Laplace transformation is the most important characteristic of a random variable. Let us denote the Laplace transform of the distribution of the random variable  $\tau_0$  by

$$L(\theta) = E[e^{-\theta\tau_0}] \quad (3.1)$$

and the Laplace transform of the conditional distribution of the random variable  $\tau_0$  by

$$L(\theta|z) = E[e^{-\theta\tau_0} | X(0) = z], \quad \theta > 0, z \geq 0. \quad (3.2)$$

Let us denote the conditional distribution of random variable of  $\tau_0$  and the Laplace transformation of the conditional distribution of it by

$$N(t|z) = P[\tau_0 > t | X(0) = z], \quad (3.3)$$

and

$$\tilde{N}(\theta|z) = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} N(t|z) dt, \quad (3.4)$$

respectively. Then, the Laplace transformation of the absolute distribution has the following form:

$$\tilde{N}(\theta) = \int_{z=0}^{\infty} \tilde{N}(\theta|z) dP(X(0) < z).$$

Finally, let us denote the Laplace transformation of random variable  $\xi_1$  by

$$\varphi(\theta) = E[e^{-\theta\xi_1}]. \quad (3.5)$$

Thus, we can easily obtain that

$$\tilde{N}(\theta|z) = \frac{1-L(\theta|z)}{\theta} \quad \text{or} \quad L(\theta|z) = 1 - \theta\tilde{N}(\theta|z).$$

Now, let us give an integral equation for  $\tilde{N}(\theta|z)$ . For this aim, we can state the following theorem:

**Theorem 1:** Under above representations, we have

$$\tilde{N}(\theta|z) = \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} + \varphi(\theta) \int_{y=0}^{\infty} \tilde{N}(\theta|y) d_y P\{\eta_1 < y - z\}.$$

**Proof:** According to the total probability formula, it is obvious that

$$\begin{aligned} N(t|z) &= P_z\{\tau_0 > t\} = P\{\tau_0 > t | X(0) = z\} \\ &= P\{\tau_0 > t; \xi_1 > t | X(0) = z\} + P\{\tau_0 > t; \xi_1 < t | X(0) = z\} \\ &= P\{\xi_1 > t\} + \int_{s=0}^t \int_{y=0}^{\beta} P\{\tau_0 > t-s | X(0) = y\} \\ &\quad \cdot P\{\xi_1 \in ds; z + \eta_1 > 0; \min[\beta, z + \eta_1] \in dy\}. \end{aligned}$$

Thus, we have an integral equation for the distribution of random variable  $\tau_0$  as follows:

$$N(t|z) = P\{\xi_1 > t\} + \int_{s=0}^t P\{\xi_1 \in ds\} \int_{y=0}^{\beta} N(t-s|y) d_y [\varepsilon(\beta - y) P\{\eta_1 < y - z\}] \quad (3.6)$$

where

$$\varepsilon(\beta - y) = \begin{cases} 1, & \beta \geq y \\ 0, & \beta < y \end{cases}.$$

By applying the Laplace transform to this equation, i.e., multiplying both sides of (3.6) by  $e^{-\theta t}$ , integrating with respect to  $t$  from 0 to  $\infty$ , and taking into account the definition of  $\tilde{N}(\theta|z)$ , we have

$$\begin{aligned} \tilde{N}(\theta|z) &= \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} N(\theta|z) dt = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} P\{\xi_1 > t\} dt \\ &\quad + \int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} \int_{s=0}^t \int_{y=0}^{\beta} P\{\xi_1 \in ds\} N(t-s|y) d_y [P\{\eta_1 < y - z\}] dt. \end{aligned} \quad (3.7)$$

On the other hand, it is obviously

$$\int_{t=0}^{\infty} e^{-\theta t} P\{\xi_1 > t\} dt = \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta},$$

where  $\varphi(\theta) = E[\exp(-\theta\xi_1)]$ . Thus, the equation (3.7) can be rewritten in the following form

$$\begin{aligned} \tilde{N}(\theta|z) &= \int_0^{\infty} e^{-\theta t} P\{\xi_1 > t\} dt \\ &= \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} + \varphi(\theta) \int_{y=0}^{\infty} \tilde{N}(\theta|y) d_y P\{\eta_1 < y-z\}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Therefore, Theorem 1 is proved.

For the arbitrary distributed random variable  $\eta_1$ , the equation (3.8) can be solved with method successive approximations. But such decision is not useful for applications (see references Maden & Shamilova 2016; Maden 2016; Maden 2017; Nasirova 1984; Nasirova & Omarova 2007; Nasirova & Sadikova 2009 and etc.). Therefore we shall solve it, for example, if  $\eta_1$  has the Laplace distribution as follows:

$$P\{\eta_1 < x\} = \begin{cases} \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{\mu x}, & x < 0 \\ 1 - \frac{\mu}{\lambda + \mu} e^{-\lambda x}, & x > 0 \end{cases}$$

where  $\mu > 0$  and  $\lambda > 0$ . In this case the equation (3.8) can be write as

$$\begin{aligned} \tilde{N}(\theta|z) &= \frac{1-\varphi(\theta)}{\theta} + \frac{\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\lambda(\beta-z)} \tilde{N}(\theta|\beta) \\ &\quad + \frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\mu b} \int_{y=0}^z \tilde{N}(\theta|y) e^{\mu y} dy + \frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{\lambda z} \int_{y=z}^{\beta} \tilde{N}(\theta|y) e^{-\lambda y} dy. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Now, we shall following replacement  $\tilde{N}(\theta|z) = \frac{1-L(\theta|z)}{\theta}$ . Thus, we have

$$\begin{aligned} L(\theta|z) &= \frac{\lambda\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\mu z} + \frac{\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\lambda(\beta-z)} L(\theta|\beta) \\ &\quad + \frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\mu z} \int_{y=0}^z L(\theta|y) e^{\mu y} dy + \frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{\lambda z} \int_{y=z}^{\beta} L(\theta|y) e^{-\lambda y} dy \end{aligned} \quad (3.10)$$

On the other hand, by considering this integral equation, we can write the following differential equation on  $z$  :

$$L''(\theta|z) - (\lambda - \mu)L'(\theta|z) - \lambda\mu[1 - \varphi(\theta)]L(\theta|z) = 0, \quad (3.11)$$

which has the solution

$$L(\theta|z) = c_1(\theta) e^{k_1(\theta)z} + c_2(\theta) e^{k_2(\theta)z}, \quad (3.12)$$

where  $k_i(\theta)$ ,  $i = 1, 2$  the roots of the characteristic equation of the differential equation (3.11), that is,

$$k^2(\theta) - (\lambda - \mu)k(\theta) - \lambda\mu[1 - \varphi(\theta)] = 0.$$

From the integral equation (3.10) we find the following boundary conditions:

$$\begin{cases} L(\theta|0) = \frac{\lambda\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} + \frac{\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\lambda\beta} L(\theta|\beta) + \frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} \int_{y=0}^{\beta} L(\theta|y) e^{-\lambda y} dy, \\ L'(\theta|0) = -\frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} e^{-\lambda\beta} L(\theta|\beta) + \frac{\lambda^2\mu\varphi(\theta)}{\lambda + \mu} \int_{y=b}^{\beta} L(\theta|y) e^{-\lambda y} dy. \end{cases}$$

Whence we have the following system of the linear algebraic non-homogeneous equations

$$\begin{cases} \left\{ \lambda[\lambda - k_1(\theta)] + [\lambda - k_2(\theta)]k_1(\theta) e^{-[\lambda - k_1(\theta)]\beta} \right\} c_1(\theta) \\ \quad + \left\{ \lambda[\lambda - k_2(\theta)] + [\lambda - k_1(\theta)]k_2(\theta) e^{-[\lambda - k_2(\theta)]\beta} \right\} c_2(\theta) = \lambda^2\varphi(\theta), \\ \left\{ \mu[\lambda - k_1(\theta)] - [\lambda - k_2(\theta)]k_1(\theta) e^{-[\lambda - k_1(\theta)]\beta} \right\} c_1(\theta) \\ \quad + \left\{ \mu[\lambda - k_2(\theta)] - [\lambda - k_1(\theta)]k_2(\theta) e^{-[\lambda - k_2(\theta)]\beta} \right\} c_2(\theta) = \lambda\mu\varphi(\theta). \end{cases}$$

After some calculations we get

$$c_1(\theta) = \frac{\lambda\varphi(\theta)[\lambda - k_1(\theta)]k_2(\theta)}{[\lambda - k_1(\theta)]^2 k_2(\theta) - [\lambda - k_2(\theta)]^2 k_1(\theta) e^{-[k_2(\theta) - k_1(\theta)]\beta}}$$

and



$$c_2(\theta) = -\frac{\lambda\varphi(\theta)[\lambda - k_2(\theta)]k_1(\theta)}{[\lambda - k_1(\theta)]^2 k_2(\theta) e^{[k_2(\theta)-k_1(\theta)]\beta} - [\lambda - k_2(\theta)]^2 k_1(\theta)}.$$

Substituting values of  $c_1(\theta)$  and  $c_2(\theta)$  in (3.12) we find the  $L(\theta|z)$ . Applying the total probability formula, we have

$$\begin{aligned} L(\theta) &= \int_{z=0}^{\beta} L(\theta|z)dP\{X(0) < z\} = L(\theta|\beta)P\{\eta_1^+ > \beta\} - \int_{z=0}^{\beta} L(\theta|\beta)dP\{\eta_1^+ > z\} \\ &= e^{-\lambda\beta}L(\theta|\beta) + \lambda \int_{z=0}^{\beta} e^{-\lambda z}L(\theta|\beta)dz. \end{aligned}$$

Now, we shall find  $E[\tau_0]$  and  $Var[\tau_0]$ . By the definitions of expected value and variance and the property of the Laplace transformation, we know that

$$E[\tau_0] = -L'(0)$$

and

$$Var[\tau_0] = L''(0) - [L'(0)]^2.$$

Therefore, we can write the following expression for the expectation of the random variable  $\tau_0$

$$\begin{aligned} E[\tau_0] &= \left\{ \frac{\lambda + \mu}{\lambda - \mu} \left( 1 - e^{-\lambda\beta} \right) + \frac{\lambda^2 - \lambda\mu - \mu^2}{(\lambda - \mu)^2} e^{-\lambda\beta} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\mu^3}{\lambda(\lambda - \mu)^2} e^{-(\lambda-\mu)\beta} + \frac{\lambda\mu}{(\lambda - \mu)^2} \left( e^{-\mu\beta} - 1 \right) \right\} E[\xi_1]. \end{aligned}$$

Also we get the following expression for the variance of  $\tau_0$ :

$$\begin{aligned} Var[\tau_0] &= \left\{ \frac{\lambda + \mu}{\lambda - \mu} - \left( \frac{\lambda + \mu}{\lambda - \mu} + \frac{\lambda\mu}{\lambda - \mu} \beta \right) e^{-\lambda\beta} + \left[ \frac{\lambda^2 - \mu(\lambda + \mu)}{(\lambda - \mu)^2} + \frac{\lambda\mu\beta}{\lambda - \mu} \right] e^{-\lambda\beta} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\mu}{\lambda(\lambda - \mu)^2} \left[ \lambda^2 - 2\mu^2 e^{-\lambda\beta} \right] e^{-(\lambda-\mu)\beta} + \frac{\mu(\lambda^2 + \mu^2)}{\lambda(\lambda - \mu)^2} e^{-\lambda\beta} \right\} Var[\xi_1] \\ &\quad + \left\{ \left[ \frac{\lambda^4 + \mu^4 - \lambda\mu(\lambda - \mu)^2}{(\lambda - \mu)^4} + \frac{\lambda\mu(3\lambda + \mu)}{(\lambda - \mu)^2} \beta + \frac{(\lambda\mu)^2}{(\lambda - \mu)^2} \beta^2 \right] e^{-\lambda\beta} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{\lambda^3 - \mu^3 + \lambda\mu(3\lambda + \mu)(e^{-\lambda\beta} - 1)}{(\lambda - \mu)^3} - \frac{(\lambda\mu)^2}{(\lambda - \mu)^2} \beta^2 e^{-\lambda\beta} \\
 & - \frac{\lambda\mu(3\lambda^2 - \mu^2)}{(\lambda - \mu)^2} \beta e^{-\lambda\beta} - \frac{2\mu^4}{(\lambda - \mu)^3} \beta e^{-\mu\beta} + \frac{2\mu^6}{\lambda^2(\lambda - \mu)^4} e^{-2(\lambda - \mu)\beta} \\
 & - \left[ \frac{\lambda\mu(3\lambda + \mu)}{(\lambda - \mu)^3} + \frac{4(\lambda\mu)^2}{(\lambda - \mu)^3} \beta \right] \left[ e^{-(\lambda - \mu)\beta} - e^{-\lambda\beta} \right] - \frac{2\lambda\mu^2}{(\lambda - \mu)^3} \beta e^{-\lambda\beta} \\
 & + \left[ \frac{\mu^3(7\lambda^2 - 5\mu^2)}{\lambda(\lambda - \mu)^4} + \frac{4\mu^4\beta}{(\lambda - \mu)^3} \right] e^{-(\lambda - \mu)\beta} + \frac{10\mu^4\beta}{(\lambda - \mu)^3} e^{-(2\lambda - \mu)\beta} \\
 & - \left[ \frac{\lambda + \mu(1 - e^{-\lambda\beta})}{\lambda - \mu} - \frac{\lambda^2 - \lambda\mu - \mu^2}{(\lambda - \mu)^2} e^{-\lambda\beta} \right. \\
 & \left. - \frac{\mu^3 e^{-(\lambda - \mu)\beta}}{\lambda(\lambda - \mu)^2} - \frac{\lambda\mu e^{-(\lambda - \mu)\beta}}{(\lambda - \mu)^2} (e^{-\mu\beta} - 1) \right]^2 \left\} [E[\xi_1]]^2.
 \end{aligned}$$

In this expressions, by limiting as  $\beta \rightarrow \infty$  we get

$$E[\tau_0] = \frac{\lambda + \mu}{\lambda - \mu} E[\xi_1]$$

and

$$Var[\tau_0] = \frac{\lambda + \mu}{\lambda - \mu} Var[\xi_1] + \frac{2\lambda\mu(\lambda + \mu)}{(\lambda - \mu)^3} [E[\xi_1]]^2.$$

## REFERENCES

1. Borovkov, A.A., (1975). On the random walk in the strip with two delaying barriers, Math. Zametki 17, 4, 647-657
2. Borovkov, A.A., (1976). Stochastic Processes in Queueing Theory, Springer-Verlag: New York
3. Feller, W., (1968). An Introduction to Probability Theory and Its Applications, Vol. I, Wiley, New York
4. Khaniev, T.A., (1984). Distribution of a semi-Markovian Walk with two delay screens, Some question of the theory of stochastic processes, Collect sci. Works, Kiev, 106-113

5. Khaniev, T.A., Ünver, I., (1997). The study of the level zero crossing time of a semi-Markovian random walk with delaying screen, *Turkish J. of Mathematics* 21, 257-268
6. Lotov, V.I., (1991). On the asymptotic of distributions in two-sided boundary problems for random walks defined on a Markovian chain, *Sib. Adv. Math.* 1, No. 3, 26-51
7. Maden, S., Shamilova, B.Q., (2016). The Laplace Transform of a Boundary Functional of The Semi-Markovian Random Walk Process with Two Delaying Barriers, *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, 6(1), 43-53
8. Maden, S., (2016). The Laplace Transform for The Ergodic Distribution of A Semi-Markovian Random Walk Process with Reflecting And Delaying Barriers, *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, 6(2), 243-256
9. Maden, S., (2017). On Distribution of A Semi-Markovian Random Walk Process with Two Delaying Barriers, *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, 7(1) , 33-41
10. Nasirova, T. H., (1984). *Processes of Semi-Markovian Random Walk*, ELM, Baku
11. Nasirova, T.I., and Omarova, K.K., (2007). Distribution of The Lower Boundary Functional of The Step Process of Semi-Markovian Random Walk with Delaying Barrier at Zero, *Ukrainian Math. Journal.*, Vol. 59, No. 7, 1010–1018
12. Nasirova, T.I., and Sadikova, R.I., (2009). Laplace Transformation of the Distribution of the Time of System Sojourns within a Band, *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 43, No. 4, 190–194
13. Nasirova, T.I., and Shamilova, B.G., (2014). Investigation of Some Probabilistic Characteristics of One Class of Semi-Markovian Wandering with Delaying Screens, *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 48, No. 2, 109–119
14. Nasirova, T.I., Sadikova, R.I., and Ibaev, E.A., (2015). Determination of the Mean and Mean Square Deviations of the System Level, *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 49, No. 1, 37–45
15. Omarova, K.K., Bakhshiev, S.B., (2010). The Laplace Transform for The Distribution of The Lower Bound Functional in a Semi-Markovian Walk Process with a Delay Screen at Zero, *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 44, No. 4, 246-252

## On Neutrosophic Continuity

Süleyman ŞENYURT<sup>1\*</sup> , Gülşah KAYA<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Ordu University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Ordu, Turkey

(Received Date / Geliş Tarihi: 06.06.2017; Accepted Date / Kabul Tarihi: 19.10.2017)

### Abstract

In this paper, we defined the neutrosophic continuous function, neutrosophic open function, neutrosophic closed function and neutrosophic homeomorphism on neutrosophic topological spaces. Then, we give some characteristics of these functions; neutrosophic closed function is a neutrosophic continuous function, neutrosophic open function is a neutrosophic continuous function.

**Keywords:** Neutrosophic set, neutrosophic topological space, neutrosophic continuous function, neutrosophic open function, neutrosophic homeomorphism.

## Neutrosophic Süreklilik Üzerine

### Öz

Bu çalışmada, neutrosophic topolojik uzaylarda neutrosophic sürekli fonksiyon, neutrosophic açık fonksiyon, neutrosophic kapalı fonksiyon ve neutrosophic homeomorfizm tanımlandı. Daha sonra, bu fonksiyonların bazı karakteristik özellikleri hakkında bilgi verildi.

**Anahtar Kelimeler:** Neutrosophic küme, neutrosophic topolojik uzay, neutrosophic sürekli fonksiyon, neutrosophic açık fonksiyon, neutrosophic homeomorfizm.

## 1. Introduction

The concept of neutrosophic sets was first introduced by Smarandache (Smarandache, 2005), as a generalization of intuitionistic fuzzy sets (Atanassov, 1986) where we have the degree of membership, the degree of indeterminacy and the degree of non-membership of each element in  $X$ . After the introduction of the neutrosophic sets, neutrosophic set operations have been investigated. Topology of neutrosophic sets have been studied intensively by researchers, such as Samarandache (Samarandache, 2002), Lupianez (Lupianez, 2008), (Lupianez, 2009(1)), (Lupianez, 2009(2)) and (Lupianez, 2010).

\* Corresponding Author / Sorumlu Yazar: senyurtsuleyman@hotmail.com

In this study, we define the neutrosophic continuous function and its features neutrosophic closed function, neutrosophic open function. Finally, we describe the neutrosophic homeomorphism with an its expository example.

## 2. Preliminaries

In this section, we give some information about the neutrosophic sets and the neutrosophic topological spaces (Karataş ve Kuru, 2016). Let  $A$  neutrosophic set  $A$  on the universe of discourse  $X$  be defined as

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \sigma_A(x), \gamma_A(x) \rangle : x \in X \}$$

where  $\mu_A, \sigma_A, \gamma_A : X \rightarrow ]0, 1+[$  and  $-0 \leq \mu_A(x) + \sigma_A(x) + \gamma_A(x) \leq 3^+$ . The neutrosophic have the values on non-standard (or real standard) on interval  $]0, 1+[$ . Thus, we take into account the neutrosophic set which takes the values on subsets of  $[0, 1]$  real interval. Set of all neutrosophic sets over  $X$  is denoted by  $\mathcal{N}(X)$ , (Smarandache, 2005).

**Definition 2.1** Let  $\tau \subseteq \mathcal{N}(X)$ , then  $\tau$  is called a neutrosophic topology on  $X$  if

1.  $\tilde{X}$  and  $\tilde{\emptyset}$  belong to  $\tau$ ,
2. The union of any number neutrosophic sets in  $\tau$  belongs to  $\tau$ ,
3. The intersection of any two neutrosophic sets in  $\tau$  belongs to  $\tau$ .

The pair  $(X, \tau)$  is called a neutrosophic topological space over  $X$ . Moreover, the members of  $\tau$  are said to be neutrosophic open sets in  $X$ . If  $A^c \in \tau$ , then  $A \in \mathcal{N}(X)$  is said to be neutrosophic closed set in  $X$ . Set of all neutrosophic closed sets over  $X$  is denoted by  $\kappa(\tau)$ , (Karataş ve Kuru, 2016).

**Definition 2.2** Let  $(X, \tau)$  be a neutrosophic topological space over  $X$  and  $A \in \mathcal{N}(X)$ .

1. The neutrosophic interior of  $A$ , denoted by  $int(A)$  is the union of all neutrosophic open subsets of  $A$ . So  $int(A)$  is the biggest neutrosophic open set over  $X$  containing  $A$ ,
2. The neutrosophic closure of  $A$ , denoted by  $cl(A)$  is the intersection of all neutrosophic closed super subsets of  $A$ . So  $cl(A)$  is the smallest neutrosophic closed set over  $X$  which containing  $A$ ,
3. The neutrosophic boundary of a neutrosophic set  $A$  over  $X$  is denoted by  $fr(A)$  and is defined as  $fr(A) = cl(A) \setminus (int(A))^c$ . It must be noted that  $fr(A) = fr(A^c)$  (Karataş ve Kuru, 2016).

**Theorem 2.1** Let  $(X, \tau)$  be a neutrosophic topological space over  $X$  and  $A, B \in \mathcal{N}(X)$ .

Then, we have (Karataş ve Kuru, 2016).

1.  $int(A) \mid A$ ,
2.  $A \mid cl(A)$ ,
3.  $int(A^c) = (cl(A))^c$ ,

4.  $cl(A^c) = (int(A))^c$ ,
5.  $cl(A) = int(A) \cup fr(A)$ .

**Definition 2.3** Let  $X$  and  $Y$  be two non empty set,  $f : X \rightarrow Y$  be a function,  $A \in N(X)$  and  $B \in N(Y)$ . Then, we have (Salama ve ark., 2014).

1. Image of  $A$  under  $f$  is defined by

$$f(A) = \{ \langle y, f(\mu_A)(y), (1 - f(1 - \sigma_A))(y), (1 - f(1 - \nu_A))(y) \rangle : y \in Y \}$$

where

$$f(\mu_A)(y) = \begin{cases} \sup_{x \in f^{-1}(y)} \mu_A(x), & f^{-1}(y) \neq \emptyset, \\ 0, & f^{-1}(y) = \emptyset, \end{cases}$$

$$(1 - f(1 - \sigma_A))(y) = \begin{cases} \inf_{x \in f^{-1}(y)} \sigma_A(x), & f^{-1}(y) \neq \emptyset, \\ 1, & f^{-1}(y) = \emptyset, \end{cases}$$

$$(1 - f(1 - \nu_A))(y) = \begin{cases} \inf_{x \in f^{-1}(y)} \nu_A(x), & f^{-1}(y) \neq \emptyset, \\ 1, & f^{-1}(y) = \emptyset. \end{cases}$$

2. Pre-image  $B$  under  $f$  is defined by

$$f^{-1}(B) = \{ \langle x, f^{-1}(\mu_B)(x), f^{-1}(\sigma_B)(x), f^{-1}(\nu_B)(x) \rangle : x \in X \}.$$

**Theorem 2.2** Let  $f : X \rightarrow Y$  be a function,  $A_1, A_2 \in N(X)$  and  $B_1, B_2 \in N(Y)$ . Then followings are provided: (Salama ve ark., 2014).

1. If  $A_1 \mid A_2$ , then  $f(A_1) \mid f(A_2)$ ,
2.  $A \mid f^{-1}(f(A))$  (If  $f$  is an injective function, then equality holds.),
3. If  $B_1 \mid B_2$ , then  $f^{-1}(B_1) \mid f^{-1}(B_2)$ ,
4.  $f(f^{-1}(B)) \mid B$  (If  $f$  is surjective function, then equality holds.) (If  $f$  is a injective function, then equality holds).

### 3. Neutrosophic Continuity

**Example 3.1** Let  $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ ,  $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ ,  $A \in \mathcal{N}(X)$  and  $B \in \mathcal{N}(Y)$  such that

$$A = \{\langle x_1, 0.1, 0.2, 0.3 \rangle, \langle x_2, 0.7, 0.6, 0.5 \rangle, \langle x_3, 0.3, 0.4, 0.7 \rangle\}$$

$$B = \{\langle y_1, 0.2, 0.5, 0.7 \rangle, \langle y_2, 0.3, 0.8, 0.6 \rangle, \langle y_3, 0.1, 0.7, 0.9 \rangle\}.$$

Moreover, let  $f : X \rightarrow Y$  be a function such that  $f(x_1) = y_2$ ,  $f(x_2) = y_1$  and  $f(x_3) = y_1$ . Then, we have

$$f(A) = \{\langle y_1, 0.7, 0.4, 0.5 \rangle, \langle y_2, 0.1, 0.2, 0.3 \rangle, \langle y_3, 0.0, 1.0, 1.0 \rangle\}$$

$$f^{-1}(B) = \{\langle x_1, 0.3, 0.8, 0.6 \rangle, \langle x_2, 0.2, 0.5, 0.7 \rangle, \langle x_3, 0.2, 0.5, 0.7 \rangle\}.$$

**Definition 3.1** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a function. If  $f^{-1}(G) \in \tau$  for all  $G \in \sigma$ , then  $f$  is called neutrosophic continuous function (Salama ve ark., 2014).

**Example 3.2** Let  $X = \{x_1, x_2\}$ ,  $Y = \{y_1, y_2\}$ ,  $A \in \mathcal{N}(X)$ ,  $B \in \mathcal{N}(Y)$  and  $f : X \rightarrow Y$  be a function such that

$$A = \{\langle x_1, 0.4, 0.2, 0.2 \rangle, \langle x_2, 0.5, 0.4, 0.6 \rangle\}, B = \{\langle y_1, 0.2, 0.4, 0.8 \rangle, \langle y_2, 0.5, 0.7, 0.1 \rangle\}$$

and

$$f(x_1) = y_1, f(x_2) = y_2.$$

Then,  $\tau = \{\tilde{X}, \tilde{\emptyset}, A\}$  and  $\sigma = \{\tilde{Y}, \tilde{\emptyset}, B\}$  are two neutrosophic topologies over  $X$  and over  $Y$ , respectively. Hence,  $f : (X, \tau) \rightarrow (Y, \sigma)$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.1** Let  $(X, \tau)$ ,  $(Y, \sigma)$  and  $(Z, \rho)$  be three neutrosophic topological spaces. If  $f : X \rightarrow Y$  and  $g : Y \rightarrow Z$  are two neutrosophic continuous functions, then  $g \circ f : X \rightarrow Z$  is a neutrosophic continuous function.

*Proof.* Let  $G \in \rho$  is a neutrosophic continuous so  $g^{-1}(G) \in \sigma$  and  $f$  is a neutrosophic continuous so  $f^{-1}(g^{-1}(G)) \in \tau$  and  $f^{-1}(g^{-1}(G)) = (g \circ f)^{-1}(G)$  so  $(g \circ f)^{-1}(G) \in \tau$ . Then,  $(g \circ f)$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.2** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces.  $f : X \rightarrow Y$  is a neutrosophic continuous if and only if  $f^{-1}(F) \in \kappa(\tau)$  for all  $F \in \kappa(\sigma)$ .

*Proof.*  $(\Rightarrow)$ : Let  $A \in \kappa(\tau)$ . Then we have  $f^{-1}(A) \in \kappa(\tau)$ . Because  $f$  is neutrosophic continuous,  $f^{-1}(A)$  set is neutrosophic closed set. Thence,  $f^{-1}$  function is neutrosophic closed.

( $\Leftarrow$ ): Let  $A \in \kappa(\tau)$ . Then we have  $f^{-1}(A) \in \kappa(\tau)$ .  $f^{-1}(A)$  set is neutrosophic closed set because of  $f^{-1}$  is neutrosophic closed. Thence,  $f^{-1}$  function is neutrosophic continuous.

**Theorem 3.3** *Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a function. Then,  $f$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $f(\text{cl}(A)) \mid \text{cl}(f(A))$  for all  $A \in \mathcal{N}(X)$ .*

*Proof.* ( $\Rightarrow$ ): Let  $A \in \mathcal{N}(X)$  and  $f$  be a neutrosophic continuous function.

From Theorem 2.1, we know that

$$A \mid \text{cl}(A) \Rightarrow f(A) \mid \text{cl}(f(A))$$

Then, applying 2 Theorem 2.2, we have

$$A \mid f^{-1}(f(A)) \mid f^{-1}(\text{cl}(f(A))) \text{ and } \text{cl}(A) \mid \text{cl}(f^{-1}(\text{cl}(f(A)))).$$

Because  $f$  is a neutrosophic continuous function and  $\text{cl}(f(A))$  is a neutrosophic closed set, we know  $\text{cl}(f^{-1}(\text{cl}(f(A)))) = f^{-1}(\text{cl}(f(A)))$ .

Hence,  $f(\text{cl}(A)) \mid \text{cl}(f(A))$ .

( $\Leftarrow$ ): Let  $f(\text{cl}(A)) \mid \text{cl}(f(A))$  for all  $A \in \mathcal{N}(X)$ .  $F \in \kappa(\sigma)$  is given. Then,  $\text{cl}(f(f^{-1}(F))) \mid \text{cl}(F) = F$  and so  $f^{-1}(F) \in \kappa(\tau)$ . From Theorem 3.2,  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.4** *Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces,  $f : X \rightarrow Y$  be a function. Then,  $f$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $\text{cl}(f^{-1}(B)) \mid f^{-1}(\text{cl}(B))$  for all  $B \in \mathcal{N}(Y)$ .*

*Proof.* ( $\Rightarrow$ ): Let  $B \in \mathcal{N}(Y)$  and  $f$  be a neutrosophic continuous function. From Theorem 2.2 and Theorem 2.1, we have  $f^{-1}(B) \mid f^{-1}(\text{cl}(B))$ . Then,  $\text{cl}(f^{-1}(B)) \mid \text{cl}(f^{-1}(\text{cl}(B)))$ . Because we know  $\text{cl}(B) \in \kappa(\sigma)$  by Theorem 3.2,  $f^{-1}(\text{cl}(B)) \in \kappa(\tau)$ . Thus,

$$\text{cl}(f^{-1}(B)) \mid \text{cl}(f^{-1}(\text{cl}(B))) = f^{-1}(\text{cl}(B)).$$

( $\Leftarrow$ ): Let  $\text{cl}(f^{-1}(B)) \mid f^{-1}(\text{cl}(B))$  for all  $B \in \mathcal{N}(Y)$ .  $F \in \kappa(\sigma)$  is given. Then,

$$\text{cl}(f^{-1}(F)) \mid f^{-1}(\text{cl}(F)) = f^{-1}(F).$$

From Theorem 3.2,  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.5** *Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces,  $f : (X, \tau) \rightarrow (Y, \sigma)$  be a bijective function.  $f$  is neutrosophic continuous if and only if*



$int(f(A)) \mid f(int(A))$  for all  $A \in \mathbf{N}(X)$ .

*Proof.*  $(\Rightarrow)$ : Let,  $A \in \mathbf{N}(X)$  and  $f$  be a bijective and neutrosophic continuous function.  $f(A) = B$  is given. From Theorem 2.2 and Theorem 2.1 we know that  $f^{-1}(int(B)) \mid f^{-1}(B)$ . Since  $f$  is an injective function we know  $f^{-1}(B) = A$ , so that  $f^{-1}(int(B)) \mid A$ . Therefore,  $int(f^{-1}(int(B))) \mid int(A)$ . Here,  $f^{-1}(int(B)) \in \tau$  and  $f^{-1}(int(B)) \mid int(A)$  then,  $f(f^{-1}(int(B))) \mid f(int(A))$ . Since  $f$  is a surjective function we know that  $f(f^{-1}(int(B))) = int(B)$ . Hence,  $int(f(A)) \mid f(int(A))$ .

$(\Leftarrow)$ : Let  $int(f(A)) \mid f(int(A))$  for all  $A \in \mathbf{N}(X)$ . Because  $V \in \sigma$ ,  $f$  is surjective we know that  $V = int(V) = int(f(f^{-1}(V))) \mid (f(int(f^{-1}(V))))$ .  $f^{-1}(V) \mid int(f^{-1}(V))$  then  $f^{-1}(V) \in \tau$  by injective  $f$ . Hence,  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.6** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a function. Then,  $f$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $f^{-1}(int(B)) \mid int(f^{-1}(B))$  for all  $B \in \mathbf{N}(Y)$ .

*Proof.*  $(\Rightarrow)$ : Let  $B \in \mathbf{N}(Y)$  and  $f$  be a neutrosophic continuous function.  $int(B) \mid B \Rightarrow f^{-1}(int(B)) \mid f^{-1}(B) \Rightarrow int(f^{-1}(int(B))) \mid int(f^{-1}(B))$ . Since  $int(B) \in \sigma$  and  $f^{-1}(int(B)) \in \tau$ . So that,  $int(f^{-1}(int(B))) = f^{-1}(int(B)) \mid int(f^{-1}(B))$ .

$(\Leftarrow)$ : Let  $f^{-1}(int(B)) \mid int(f^{-1}(B))$  for all  $B \in \mathbf{N}(Y)$  and  $G \in \tau$ . Then,  $f^{-1}(G) \mid int(f^{-1}(G))$  and  $f^{-1}(G) = int(f^{-1}(G))$  so that  $f^{-1}(G) \in \tau$ . Hence  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.7** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a bijective function. Then  $f$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $f(fr(A)) \mid fr(f(A))$  for all  $A \in \mathbf{N}(X)$ .

*Proof.*  $(\Rightarrow)$ : Let  $f$  is a bijective and neutrosophic continuous function and  $A \in \mathbf{N}(X)$ . From Definition 2.2, we know that  $fr(A) = cl(A) \uparrow (int(A))^c$ . Therefore, from Theorem 3.2,  $f(int(A)) \mid int(f(A))$  and from Theorem 3.5 we find  $f(cl(A)) \mid cl(f(A))$ . Hence,

$$f(fr(A)) = f(cl(A) \uparrow (int(A))^c)$$

$$\begin{aligned} & | f(\text{cl}(A)) \uparrow f((\text{int}(A))^c) \\ & = f(\text{cl}(A)) \uparrow f((\text{int}(A)))^c \\ & = \text{fr}(f(A)) \end{aligned}$$

( $\Leftarrow$ ): Let  $f(\text{fr}(A)) \uparrow \text{fr}(f(A))$  for all  $A \in \mathcal{N}(X)$ .

$$\begin{aligned} f(\text{cl}(A)) & = f(A) \uparrow (\text{fr}(A)) \\ & = f(A) \uparrow f((\text{fr}(A))) \\ & | f(A) \uparrow \text{fr}(f(A)) \\ & = \text{cl}(f(A)) \end{aligned}$$

By Theorem 3.3 we find  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.8** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a bijective function. Then,  $f$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $\text{fr}(f^{-1}(B)) \uparrow f^{-1}(\text{fr}(B))$  for all  $B \in \mathcal{N}(Y)$ .

*Proof.* ( $\Rightarrow$ ): Let  $f$  is a bijective and neutrosophic continuous function and  $B \in \mathcal{N}(Y)$ . By Theorem 3.4 and Theorem 3.6, we know that  $\text{cl}(f^{-1}(B)) \uparrow f^{-1}(\text{cl}(B))$  and

$$\begin{aligned} & f^{-1}(\text{int}(B)) \uparrow \text{int}(f^{-1}(B)). \\ f^{-1}(\text{fr}(B)) & = f^{-1}(\text{cl}(B)) \uparrow (\text{int}(B))^c \\ & = f^{-1}(\text{cl}(B)) \uparrow f^{-1}((\text{int}(B))^c) \\ & = f^{-1}(\text{cl}(B)) \uparrow f^{-1}(\text{int}(B))^c \end{aligned}$$

From Theorem 3.3 and Theorem 3.6 we know  $\text{cl}(f^{-1}(B)) \uparrow f^{-1}(\text{cl}(B))$  and  $(\text{int}(f^{-1}(B)))^c \uparrow (f^{-1}(\text{int}(B)))^c$ ; hence,  $f^{-1}(B) \uparrow f^{-1}(\text{fr}(B))$ .

( $\Leftarrow$ ): Let  $\text{fr}(f^{-1}(B)) \uparrow f^{-1}(\text{fr}(B))$  for all  $B \in \mathcal{N}(Y)$ . Then,

$$\text{fr}(f^{-1}(B)) \uparrow f^{-1}(B) \uparrow f^{-1}(\text{fr}(B)) \uparrow f^{-1}(B)$$

Hence,

$$\begin{aligned} & \text{cl}(f^{-1}(B)) \uparrow f^{-1}(\text{fr}(B)) \uparrow B \\ & = f^{-1}(\text{cl}(B)) \end{aligned}$$

From Theorem 3.4,  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Definition 3.2** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and

$f : (X, \tau) \rightarrow (Y, \sigma)$  be a function.

1. If  $f(U) \in \sigma$  for all  $U \in \tau$ , then  $f$  is called a neutrosophic open function.
2. If  $f(F) \in \kappa(\sigma)$  for all  $F \in \kappa(\tau)$ , then  $f$  is called a neutrosophic closed function.

**Example 3.3** Let  $X = \{x_1, x_2\}$ ,  $Y = \{y_1, y_2\}$ ,  $A \in N(X)$ ,  $B \in N(Y)$  and  $f : X \rightarrow Y$  be a function such that

$$A = \{\langle x_1, 0.5, 0.4, 0.3 \rangle, \langle x_2, 0.7, 0.8, 0.2 \rangle\},$$

$$B = \{\langle y_1, 0.1, 0.7, 0.6 \rangle, \langle y_2, 0.8, 0.9, 0.5 \rangle\},$$

and

$$f(x_1) = y_2 \text{ and } f(x_2) = y_1.$$

Then,  $\tau = \{\tilde{X}, \tilde{\emptyset}, A\}$  and  $\sigma = \{\tilde{Y}, \tilde{\emptyset}, B\}$  are two neutrosophic topological spaces. Therefore,  $f$  is a neutrosophic open function. But  $f$  is not a neutrosophic closed function.

**Theorem 3.9** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a neutrosophic continuous function. Then,  $f$  is a neutrosophic open function if and only if  $f(\text{int}(A)) \hat{\delta} \text{int}(f(A))$  for all  $A \in N(X)$ .

*Proof.* ( $\Rightarrow$ ): Let  $f : (X, \tau) \rightarrow (Y, \sigma)$  be a neutrosophic continuous function and  $A \in N(X)$

$$\begin{aligned} & \text{int}(A) \hat{\delta} A \\ & f(\text{int}(A)) \hat{\delta} f(A) \\ & \text{int}(f(\text{int}(A))) \hat{\delta} \text{int}(f(A)) \\ & f(\text{int}(A)) \hat{\delta} \text{int}(f(A)). \end{aligned}$$

( $\Leftarrow$ ): Let  $f(\text{int}(A)) \hat{\delta} \text{int}(f(A))$  for all  $A \in N(X)$ . If  $G \in X$  neutrosophic subset is a neutrosophic open function,  $f(G)$  is a subset of  $f(\text{int}(G))$ . So,  $f(G)$  is a neutrosophic open function.

**Theorem 3.10** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a bijective function. Then,  $f^{-1}$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $f^{-1}$  is a neutrosophic open function.

*Proof.* ( $\Rightarrow$ ): Let  $U \in \sigma$  and  $f$  be a neutrosophic continuous function. Then, we have  $f^{-1}(G) = g(G)$ . Hence,  $f^{-1}$  is a neutrosophic open function.

( $\Leftarrow$ ): Let  $f^{-1}$  be a neutrosophic open function. Then, we have  $f^{-1}(U) \in \tau$  for all  $U \in \sigma$ . So,  $f^{-1}$  is a neutrosophic continuous function.

**Theorem 3.11** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a bijective function. Then,  $f^{-1}$  is a neutrosophic continuous function if and only if  $f^{-1}$  is a neutrosophic closed function.

*Proof.* ( $\Rightarrow$ ): Let  $A \in \kappa(\sigma)$ . Then,  $f^{-1}(A) \in \kappa(\tau)$  is a neutrosophic continuous function, so  $f^{-1}(A)$  is a neutrosophic closed function. From Theorem 3.2, we have  $f^{-1}$  is a neutrosophic closed function.

( $\Leftarrow$ ): Let  $A \in \kappa(\sigma)$ . Then  $f^{-1}(A) \in \kappa(\tau)$ .  $f^{-1}$  is a neutrosophic closed function, so  $f^{-1}(A)$  is a neutrosophic closed function. From Theorem 3.2  $f$  is a neutrosophic continuous function.

**Definition 3.3** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a function. If following conditions hold, then  $f$  is called neutrosophic homeomorphism

1.  $f$  is a bijective function,
2.  $f$  is a neutrosophic continuous function,
3.  $f^{-1}$  is a neutrosophic continuous function.

**Example 3.5** Let  $X = \{x_1, x_2\}$ ,  $Y = \{y_1, y_2\}$  and  $A \in \mathcal{N}(X)$  and  $B \in \mathcal{N}(Y)$  such that

$$A = \{\langle x_1, 0.5, 0.4, 0.3 \rangle, \langle x_2, 0.7, 0.8, 0.2 \rangle\},$$

$$B = \{\langle y_1, 0.1, 0.7, 0.6 \rangle, \langle y_2, 0.8, 0.9, 0.5 \rangle\}.$$

Then,  $\tau = \{\tilde{X}, \tilde{\mathcal{O}}, A\}$  and  $\sigma = \{\tilde{Y}, \tilde{\mathcal{O}}, B\}$  are two neutrosophic topology over  $X$  and  $Y$ , respectively. Moreover, let  $f : X \rightarrow Y$  be a function such that  $f(x_1) = y_1$  and  $f(x_2) = y_2$ . It can be seen clearly that  $f$  is a neutrosophic homeomorphism.

**Theorem 3.12** Let  $(X, \tau)$  and  $(Y, \sigma)$  be two neutrosophic topological spaces and  $f : X \rightarrow Y$  be a bijective function. Then  $f$  is a neutrosophic homeomorphism if and only if  $f$  is a neutrosophic continuous and neutrosophic closed function.

*Proof.* Let  $f$  is a neutrosophic homeomorphism. From Definition 3.3 we know  $f$  is a neutrosophic continuous function. Then, from Theorem 3.10 we have  $f^{-1}$  is a neutrosophic closed function. So,  $(f^{-1})^{-1} = f$  is a neutrosophic closed function.

## References

1. Atanassov, K., (1986). *Intuitionistic fuzzy sets*, Fuzzy Sets and Systems, 20, 87–96
2. Karataş, S. and Kuru, C., (2016). *Neutrosophic topology*, Neutrosophic Sets and Systems, 13, 90–96
3. Lupiáñez, F. G., (2008). *On neutrosophic topology*, The International Journal of Systems and Cybernetics, 37(6), 797–800
4. Lupiáñez, F. G., (2009). *Interval neutrosophic sets and topology*, The International Journal of Systems and Cybernetics, 38(3-4), 621–624,
5. Lupiáñez, F. G., (2009). *On various neutrosophic topologies*, The International Journal of Systems and Cybernetics, 38(6), 1009–1013,
6. Lupiáñez, F. G., (2010). *On neutrosophic paraconsistent topology*, The International Journal of Systems and Cybernetics, 39(4), 598–601
7. Salama, A.A., Smarandache, F. and Valeri, K., (2014). *Neutrosophic Closed Set and Neutrosophic Continuous Functions*, Neutrosophic Sets and Systems, 4, 4–8,
8. Smarandache, F., (2005). *Neutrosophic set - a generalization of the intuitionistic fuzzy set*, International Journal of Pure and Applied Mathematics, 24(3), 287–297
9. Smarandache, F., (2002). *Neutrosophy and neutrosophic logic, first international conference on neutrosophy, neutrosophic logic, set, probabiltiy, and statistics*, University of New Mexico, Gallup, NM 87301. USA

## Fındık Bahçesi Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Fosfor Miktarlarının Belirlenmesinde Değişik Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Ceyhan TARAKÇIOĞLU<sup>1\*</sup> , İlker YILMAZ<sup>1</sup> , Sezen KULAÇ<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu, Türkiye

(Geliş Tarihi/Recived Date: 19.07.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 27.10.2017)

### Öz

Bu çalışmada fındık bahçesi topraklarının bitkiye yarayışlı fosfor (P) içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan 6 farklı yöntemin karşılaştırması yapılmıştır. Bu amaçla fındık bahçesinden toplam 24 adet toprak ve Palaz ile Tombul çeşit fındık bitkisine ait yaprak örnekleme yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinde bitkiye yarayışlı P içerikleri 6 farklı ekstraksiyon yöntemleriyle belirlenerek yaprakların P içerikleri ve yöntemlerin birbiriyle olan ilişkileri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, fındık bitkisi yapraklarının P içerikleri bakımından genellikle yeterli olduğu tespit edilmiştir. Fındık bahçesi topraklarının P içerikleri en düşük su ile ekstraksiyondan elde edilmiş olup; bunu sırasıyla Mehlich-3 < Nelson < Bray&Kurtz No:1 < Olsen < Kacar < Toplam P analiz yöntemleri izlemiştir. Toprakların Olsen yöntemiyle ekstraksiyonu neticesinde örneklerin %25'inin, Bray&Kurtz No:1 yöntemine göre ise %41.67'sinin az ve çok az miktarda P içerdiği saptanmıştır. Fındık bitkisi yapraklarının toplam P içerikleri ile Olsen ve Bray&Kurtz No:1 yöntemleri arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Fındık; Toprak analizleri; Fosfor ekstraksiyonu, Yöntem

## An Investigation for Suitability of Plant Available Phosphorus with Different Extraction in Hazelnut Orchard Soils

### Abstract

In this study, six different methods were investigated to compare among methods in order to determine of soil of hazelnut orchard its content of available phosphorus in plant. For this purpose, representative soil samples were collected from 24 different hazelnut orchards and also; leave samples which belong to hazelnut orchards were taken from both Palaz and Tombul variety. In the soil samples, the contents of plant available P were determined by six different extraction methods and correlations among leaf P contents and methods were investigated.

According to the results, it was determined that hazelnut leaves were generally sufficient in terms of P content of leaves. The lowest P content of soils were obtained from distilled H<sub>2</sub>O extraction and respectively others are; Mehlich-3 < Nelson < Bray&Kurtz No:1 < Olsen < Kacar < Total P analysis methods. Available P contents of soil, 25.0% and 41.7% of soil samples showed poor and low in levels by Olsen and Bray&Kurtz No:1 extraction methods, respectively. Significant relationship between the P content of hazelnut leaves and method of Olsen and Bray&Kurtz No:1 were determined.

**Key words:** Hazelnut, Soil analysis, Phosphorus extraction, Method

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: ctarakcioglu@odu.edu.tr

## **1. Giriş**

Fındık, tarımsal ürünler içerisinde ülkemizin en önemli ihraç ürünleri arasında olup, iki milyar dolar civarında bir ihracat değeri ile ilk sıralarda yer almaktadır. Dünya fındık üretiminin yaklaşık %65'ini ve ihracatında %80'ini karşılayan ülkemizde Ordu, Giresun ve Samsun illeri üretim miktarı ve üretim alanı bakımından önde gelmektedir. Türkiye'nin fındık üretimi yıldan yıla 350.000 ile 600.000 ton arasında değişmektedir. Ülkemizde dekara 75 kg ürün alınırken, son yıllarda düşüşler devam etmekte olup, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde 3-4 kat daha fazla verim alınabilmektedir. Ordu ili fındık bahçesi topraklarının bitkiye yarayışlı P içeriğinin yaklaşık %49.0'unun az ve çok az olduğu ve fındık bitkisi yapraklarında ise %64.6 oranında noksanlık gözlemlendiği tespit edilmiştir (Tarakçioğlu ve ark 2003).

Bitki besin elementlerinin noksanlığı veya fazlalığı, toprakların olumlu veya olumsuz fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tarım ürünlerinin verim ve kalitesini etkilemektedir. Toprakta inorganik fosforun yarayışlılığı üzerine havalanma, sıkışma, su, toprağın dane büyüklüğu, sıcaklık gibi fiziksel özellikler ile toprak pH'sı, organik madde, silisyum-seskioksit oranı, diğer bitki besinleri ve eriyebilir tuzlar gibi kimyasal özelliklerin etkilediği belirtilmiştir (Kacar & Katkat 1997). Gübrelemeden hemen sonra fosfordan bitkilerin yaklaşık %10-30'undan yararlandığı ve geriye kalan %70-90'ının fikse edildiği; uygulanan gübrenin cins ve miktarı, fosforlu gübrenin toz veya granül halde olup olmaması ve gübrenin toprağa verilme şeklinin fikse edilen fosfor miktarı üzerine etkili olduğu bilinmektedir.

Topraktaki P analiz yöntemlerine yönelik çalışmalar (Kopacek ve ark 2001; Sisak ve ark 2002; McDowell 2003; Abdu 2006; Yıldız & Bilgin 2008; Matula 2010; Boczynski & Steere 2012; Takahashi 2013; Heidari ve ark 2016) yapılmaya devam edilmektedir. Bortolon & Gianello (2012), Mehlich-1 ve Mehlich-3 yöntemlerinin Güney Brezilya asit reaksiyonlu topraklarının P, K, Ca, Mg, Cu ve Zn analizleri için çoklu ekstraksiyon yöntemi olarak kullanılabilmeğini bildirmiştir. Gürbüz & Günay (2013), ülkemizde çoklu toprak ekstraksiyon analiz metodlarının araştırılması gerektiğini ve P analizinde kullanılan Mehlich-3 yönteminin çoklu ekstraksiyon için bazı ülkelerde yaygın bir şekilde kullanıldığını bildirmişlerdir.

Toprakta laktatla P ekstraksiyonunun Belçika, Estonya, Macaristan, Norveç, Romanya, İsveç ve Hollanda'da; kalsiyum laktat-asetat yönteminin Almanya ve Avusturya'da; su ile ekstraksiyonun sadece Hollanda'da; Olsen yönteminin ise Danimarka, Yunanistan, İtalya; Polonya, İspanya ve İngiltere'ye ilaveten Yeni Zelanda ve Amerika'da kullanıldığı, Mehlich-3 ve Bray&Kurtz No:1 yönteminin de yaygın kullanılan yöntemlerden olduğu bildirilmiştir (Reijneveld ve ark 2014). Araştırcılar, eski toprak analiz yöntemleri ile gübreleme çalışmalarını temel alan bitkilerle ilişkilendirilmiş yeni yöntemlerin ve gübreleme tavsiyelerinin pratikte yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Toprakta fosforun alınmasına etki eden faktörlerin fazlalığı nedeni ile bitkiye yarayışlı fosforun belirlenmesinde değişik bölgelerde farklı özellikte topraklarda her bitki için tek bir kimyasal yöntemin uygulanması sakıncalıdır. Günümüzde mevcut yöntemlerin doğru bir değerlendirme imkânı vermemesi, bu amaçla yeni yöntemlerin geliştirilmesini, araştırılmasını ve bölgeler bazında bitkiler için kalibrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından değişiklik gösteren topraklarda bitkiye yarayışlı P miktarını belirlemek amacı ile fazla sayıda kimyasal ekstraksiyon

yöntemlerinin araştırılarak en kuvvetli ilişkiyi veren yöntem ya da yöntemlerin ve hatta çoklu element ekstraksiyon yöntemlerinin seçilmesine çalışılmalıdır.

Yapılan bu çalışmada Ordu yöresinde bazı fındık bahçesi topraklarının bitkiye yarayışlı P içerikleri 6 farklı yöntemle belirlenmiştir. Bitkide toplam P analizleri de yapılarak toprak ve yaprak analizlerinden çıkan sonuçların korelasyonu yapılarak uygunluğu literatürlerle birlikte tartışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Araştırma Yerlerinin Genel Özellikleri

Bu çalışmada, toprakların bitkiye yarayışlı P içeriklerinin çeşitli test yöntemiyle araştırılması amacıyla fındık yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı Ordu ilinde 4 ilçeden (Ulubey, Altınordu, Perşembe ve Gülyalı) 6'şar adet bahçeden toprak (0-30 cm) ve her bir fındık bahçesinden Tombul ve Palaz çeşitlerine ait yaprak örnekleri 15-30 Temmuz 2012 tarihleri arasında alınmıştır.

Toprak tekstürü Bouyoucos (1951)'un hidrometre yöntemi ile; kireç Scheibler kalsimetresi ile; toprak reaksiyonu 1:2.5 oranında toprak:su karışımında cam elektrotlu pH-metre ile; organik madde (OM) modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemine ile Kacar (2009) tarafından aktarılan metotlara göre belirlenmiştir. Toprak analizleri 3 tekerrürlü olarak yapılmış olup, toprakların P miktarlarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemlere ilişkin detaylar aşağıda sunulmuştur: Kacar (2009) tarafından aktarılan Bray & Kurtz No:1 yönteminde ekstraksiyon çözeltisi olarak 0.03 N NH<sub>4</sub>F + 0.025 N HCl, Kacar yönteminde 0.03 N NH<sub>4</sub>F + 0.06 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Nelson yönteminde 0.05 N HCl + 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Bingham yönteminde H<sub>2</sub>O, Olsen yönteminde 0.5 M NaHCO<sub>3</sub>, toplam P belirlenmesinde HClO<sub>4</sub> ile yaş yakma; Mehlich-3 yöntemi ise Carter (1993)'a göre 1.5 M NH<sub>4</sub>F + 0.1 M EDTA'ya geçen P kolorimetrik olarak belirlenmiştir.

Fındık bitkisinde yaprak örnekleme Temmuz ayı ortasında, bir insan boyu yükseklikteki meyveli dalların o yılki orta kuvvetteki sürgünlerinden, güneş gören hastaliksız sürgün uçlarından itibaren üçüncü ve dördüncü yapraklar alınmıştır (Stebbins 1969). Nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) ile kuru yakılan bitkide toplam P, vanado molibdo fosforik sarı yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar & İnal 2008). Farklı yöntemlerle belirlenen toprakların bitkiye yarayışlı P miktarları ile bitkilerin toplam P içerikleri arasında lineer korelasyon testi Minitab 17 paket programı ile yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma kapsamındaki fındık bahçesi topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile Palaz ve Tombul çeşit fındık bitkisi yapraklarının toplam P içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

### 3.1. Fındık bitkisi yapraklarının toplam fosfor içerikleri

Tombul çeşit fındık bitkisi yapraklarının P içerikleri %0.151-0.230, Palaz çeşidin yapraklarında ise %0.140-0.228 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). Jones ve ark (1991) tarafından verilen sınır değerleriyle (%0.16-0.40)



karşılaştırıldığında, Tombul çeşide ait yaprak örneklerinin tamamının, Palaz çeşitte ise yaprak örneklerinin %91.67'sinin yeterli seviyede P içerdiği ve sonuçlara göre P beslenmesi açısından bir sorun olmadığı belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından Terme-Ünye'de %48.4 (Horuz 1996), Bartın'da %72.0 (Aydın ve ark 2000), Ordu'da %64.6 (Tarakçıoğlu ve ark 2003), yine Ordu'da %6.0 (Özkutlu ve ark 2016) oranında fındık bitkisinin noksan düzeylerde P içerdiği tespit edilmiştir. Fındık bitkisi yapraklarının optimum P içeriklerini; Painter & Hammer (1963) %0.14-0.16, Alkoshab ve ark (1988) %0.18-0.60 olarak belirtmişlerdir.

**Çizelge 1.** Çalışma alanındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile fındık bitkisi yapraklarının toplam P içerikleri

İlçeler	Örnek No	pH	% Kireç	% OM	% Kil	% Silt	% Kum	Tekstür Sınıfı	Yaprakta %P (Palaz)	Yaprakta %P (Tombul)
Ulubey	1	8.14	18.98	4.15	51.7	22.3	26.0	C	0.187	0.175
	2	7.65	4.35	3.83	64.6	16.4	19.0	C	0.140	0.151
	3	7.91	4.07	3.54	57.9	15.8	26.3	C	0.174	0.167
	4	7.88	4.23	2.00	38.3	15.7	46.0	CL	0.177	0.172
	5	7.78	3.39	2.85	45.4	15.9	38.7	C	0.180	0.174
	6	7.93	30.39	3.31	44.9	22.2	32.9	C	0.157	0.159
Merkez	7	6.85	2.59	2.79	48.6	22.5	28.9	C	0.166	0.178
	8	7.03	2.07	3.57	67.7	13.7	18.6	C	0.184	0.199
	9	6.60	0.80	2.32	50.6	20.3	29.1	C	0.212	0.227
	10	6.56	0.84	3.43	36.7	28.3	35.0	CL	0.182	0.173
	11	7.32	1.28	0.17	11.4	17.8	70.8	SL	0.184	0.192
	12	6.05	0.64	3.46	41.0	29.9	29.1	C	0.174	0.185
Perşembe	13	6.56	0.40	1.86	19.0	19.6	61.4	SL	0.215	0.216
	14	6.46	0.28	2.41	31.6	21.5	46.9	SCL	0.171	0.164
	15	6.47	0.28	2.53	32.5	24.3	43.2	CL	0.154	0.184
	16	6.90	0.44	4.59	36.7	21.9	41.4	CL	0.170	0.189
	17	6.67	0.40	2.06	31.1	22.7	46.2	SCL	0.228	0.230
	18	6.11	0.32	3.17	27.7	10.9	61.4	SCL	0.183	0.196
Gülyalı	19	5.91	0.36	4.44	31.9	28.1	40.0	CL	0.173	0.185
	20	6.30	0.71	2.76	29.9	17.4	52.7	SCL	0.166	0.182
	21	5.62	0.59	1.71	22.4	23.0	54.6	SCL	0.171	0.188
	22	5.90	0.75	2.21	33.6	25.7	40.7	CL	0.157	0.180
	23	5.33	0.52	1.74	27.4	36.6	35.9	CL	0.203	0.210
	24	6.14	0.63	2.96	30.9	25.2	43.9	CL	0.140	0.162
Ortalama	6.75	3.30	2.83	38.06	21.57	40.36	-	0.177	0.185	
En düşük	5.33	0.28	0.17	11.4	10.9	18.6	-	0.140	0.151	
En yüksek	8.14	30.39	4.59	67.7	36.6	70.7	-	0.228	0.230	

### 3.2. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Fındık bahçesi topraklarının pH değerinin 5.33 ile 8.14 arasında değiştiği, Anonim (1991)'e göre %37.5'inin hafif asit (5.5-6.5), %58.3'ünün nötr (6.5-7.5) ve %4.2'sinin ise orta asit (4.5-5.5) reaksiyona sahip olduğu belirlenmiştir. Fındık bahçelerinin bulunduğu bölgelerde yapılan çalışmalarda toprakların pH'sını Horuz (1996) 4.6-8.1, Aydın ve ark (2000) 4.85-7.38, Ordu'da yapılan çalışmalarda ise Tarakçıoğlu ve ark (2003) 4.45-7.72, Özkutlu ve ark (2016) 4.25-7.82 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışma kapsamındaki toprakların kireç içeriklerinin %0.28 ile %30.39 arasında değişim gösterdiği, Anonim (1991)'e göre toprak örneklerinin %62.5'inin az kireçli (<%1), %29.1'inin kireçli (%1-5), %8.4'ünün fazla ve çok fazla kireçli (>%15) sınıfına girdiği belirlenmiştir. Eyüpoğlu (1999) Ordu ili topraklarının %83.1'inin, Horuz (1996) Terme-Ünye fındık bahçesi topraklarının %88.2'sinin, Aydın ve ark (2000) Bartın'da %71.4'ünün, Tarakçıoğlu ve ark (2003) Ordu'da %76.9'unun az kireçli, Özkutlu ve ark (2016) Ordu'da toprakların %96'sının az ve çok az kireçli olduğunu bildirmişlerdir.

Toprak örneklerinin organik madde içeriklerinin %0.17 ile %4.59 arasında değiştiği ve Anonim (1991)'e göre %58.3'ünün orta seviyenin (<%3) altında organik madde içerdiği belirlenmiştir. Horuz (1996) Terme-Ünye'de toprak örneklerinin % 88.2'sinin, Eyüpoğlu (1999) Ordu'da %46.4'ünün, Tarakçıoğlu ve ark (2003) Ordu'da %53.9'unun, Özkutlu ve ark (2016) Ordu'da %58'inin organik madde içerikleri bakımından orta seviyenin altında olduğunu saptamışlardır.

Fındık bahçesinden alınan toprak örneklerinin %37.50'sinin killi, %33.33'ünün killi tın, %20.83'ünün kumlu killi tınlı ve %8.33'ünün kumlu tın bünyeye sahip olduğu saptanmıştır. Horuz (1996) Terme-Ünye yöresi topraklarının %33.33'ünün killi tınlı, %27.45'inin killi, Ordu'da yapılan çalışmalarda ise Eyüpoğlu (1999) %58.6'sının killi tınlı, %29.0'unun killi, Tarakçıoğlu ve ark (2003) %55.4'ünün killi, %26.2'sinin killi tınlı, Özkutlu ve ark (2016) %31.6'sının killi, %18.9'unun killi tınlı bünyeye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

### 3.3. Toprakların fosfor kapsamları

Araştırmaya ait toprakların bitkiye yararışlı ve toplam P miktarlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlere göre elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Çalışma kapsamındaki fındık bahçesi topraklarının ortalama bitkiye yararışlı P içerikleri en düşük su ile ekstraksiyondan elde edilmiş olup, bunu sırasıyla Mehlich-3 < Nelson < Bray&Kurtz No:1 < Olsen < Kacar < Toplam P analiz yöntemleri izlemiştir. Neyroud & Lischer (2003), toprakların ekstrakte edilebilir P içeriklerinin Toplam > Okzalat > Amonyum laktat > Mehlich-3 > Bray > Amonyumasetat + EDTA > Kalsiyum laktat > Kalsiyum laktat/asetat > Olsen > Asit amonyumasetat > Morgan > H<sub>2</sub>O > CO<sub>2</sub> doyurulmuş su > CaCl<sub>2</sub> şeklinde azaldığını; su ve kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>) gibi yumuşak ekstraksiyonun hızlı gübre tavsiyesi için, Oksalat ve Amonyum laktat gibi sert ekstraksiyonun uzun süreli gübreleme stratejileri için kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Sarker ve ark (2014), farklı seviyelerde kireç ve fosfor ile inkübe edilen asit toprağın yararışlı P içeriğinin en yüksek Mehlich-3 > Bray&Kurtz No:1 > Kelowna > Olsen ekstraksiyonunda gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Wuenscher ve ark (2015), merkez Avrupa'da 50 tarım toprağında 14 farklı P ekstraksiyon metotları ile topraktan geniş

aralıklarda P ekstrakte edildiğini ve en yüksek P ekstraksiyonunun toplam P > oksalat > HCl > organik P > dithionit > Bray-II > Mehlich-3 > katyon ve anyon değişim membranı > kalsiyum asetat-laktat > Olsen > demir oksit-Pi > LiCl > CaCl<sub>2</sub> > H<sub>2</sub>O şeklinde gerçekleştiğini saptamışlardır.

**Çizelge 2.** Çalışma alanındaki toprakların fosfor analiz sonuçları (mg kg<sup>-1</sup>)

Örnek No	Su	Mehlich-3	Nelson	Bray & Kurtz 1	Olsen	Kacar	Toplam
1	0.89	0.67	1.22	1.27	11.12	14.37	1140.4
2	0.93	1.70	4.49	3.57	12.74	17.25	963.3
3	1.14	1.60	5.58	3.09	12.38	15.54	1097.9
4	1.18	1.75	5.05	3.55	10.75	22.61	1133.3
5	1.50	3.75	6.72	4.04	15.94	19.10	814.5
6	1.07	5.65	1.61	1.72	20.72	33.74	2025.9
7	1.28	1.31	8.33	1.77	10.75	15.04	942.0
8	1.91	4.17	9.67	8.87	18.99	27.27	1112.0
9	1.63	3.45	6.68	8.20	17.37	21.91	1225.4
10	1.55	1.25	6.63	6.57	9.87	8.31	1416.7
11	1.37	6.61	6.04	13.67	17.76	33.94	1508.8
12	0.63	2.41	1.71	7.58	5.13	14.99	1097.9
13	1.84	5.73	6.60	22.84	24.97	21.47	781.6
14	1.27	3.49	2.63	9.61	4.76	15.95	835.8
15	1.30	2.34	5.22	7.89	4.39	11.93	1048.3
16	2.58	7.14	5.60	12.90	21.64	32.80	1579.6
17	2.12	6.65	6.38	16.44	21.91	23.65	1848.8
18	0.63	2.00	4.77	9.52	9.57	17.25	1721.3
19	1.39	1.20	2.64	7.86	7.20	15.14	1062.5
20	1.41	2.16	3.06	6.47	7.84	13.37	942.0
21	0.74	4.38	2.55	27.46	17.37	14.14	1884.2
22	0.72	1.54	2.09	5.49	3.50	15.71	920.8
23	0.96	3.64	2.85	21.12	13.64	10.05	832.4
24	1.09	2.75	3.03	8.32	10.75	15.75	1416.7
Ortalama	1.30	3.22	4.63	9.16	12.96	18.80	1223.0
En düşük	0.63	0.67	1.22	1.27	3.50	10.05	781.6
En yüksek	2.58	7.14	9.67	27.46	24.97	33.94	2025.9

Fındık bahçesi topraklarının suda çözünebilir P içeriklerinin 0.63 ile 2.58 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Marscher (1995) toprakların suda ekstrakte edilebilir P miktarının 0.8-8.0 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu; Wuenscher ve ark (2015) ise Blume ve ark (2010)'nın gübrenmemiş üst toprakta toprak çözeltisindeki P konsantrasyonunun 0.001-0.1 mg L<sup>-1</sup>, gübrenmiş toprakta 0.1-5.0 mg L<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, optimum bitki gelişimi için toprak çözeltisindeki P konsantrasyonunun 0.3-0.8 mg L<sup>-1</sup> olması

gerektiğini bildirmişlerdir. Kacar (2009), Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde suda çözünebilir P kapsamı  $0.13 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dan yüksek olan topraklarda fosforlu gübrenin etkisinin görülmediğini; Akdeniz kıyı yöresi topraklarında suda çözünebilir P yönteminin başarıyla uygulanabileceğini belirtmiştir. Hollanda'da işlenen tarım ve bahçe arazileri için suda ekstraksiyon yönteminin kullanıldığı bildirilmiştir (Reijneveld ve ark, 2014). Auxtero ve ark (2013), Angola'da 4.6-6.6 pH aralığına sahip topraklarda en uygun P ekstraksiyon yönteminin  $\text{CaCl}_2 < \text{H}_2\text{O} < \text{Egnér-Riehm} < \text{Demir oksitle doyurulmuş} \approx \text{Olsen} < \text{Mehlich-3} < \text{Bray-II} < \text{Asit-amonyumoksalat}$  şeklinde sıralandığını ve 0.2M asitleştirilmiş amonyum oksalat yönteminin amorf Fe ve Al'a bağlı P'nin çözülmesi için daha uygun bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Wuenscher ve ark (2015), toprakların en düşük ekstrakte edilebilir P miktarının sırasıyla  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{LiCl}$  ekstraksiyonundan elde edildiğini ve sonuçların  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ 'in altında olduğunu saptamışlardır.

Mehlich-3 yöntemine göre topraklarının bitkiye yararışlı P içeriklerinin 0.67 ile 7.14  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Carter (1993) bu yöntemle ekstrakte edilen fosforun pek çok bitki için kritik seviyesinin  $50-60 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğunu ve çoğu kireçsiz topraklarda Bray&Kurtz No:1 yöntemi ile benzer sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Mallarino (1995), pH'sı geniş aralıklarda değişen Iowa'nın orta kuzey bölgesinde pH'sı yüksek olan topraklarda Olsen ve Mehlich-3 yöntemlerinin Bray&Kurtz No:1 yöntemine göre daha güvenilir sonuçlar verdiğini, Bray&Kurtz No:1 yönteminin hafif asidik ve nötr reaksiyonlu topraklarda daha uygun olduğunu bildirmiştir. Kleinman ve ark (2001), ABD'nde 9 farklı laboratuvarında pH'sı 4.2 ile 8.6 arasında değişen 24 farklı toprak örneği üzerinde 4 farklı P analiz yöntemleri içerisinde laboratuvarlar arasında en güvenilir sonuçları Mehlich-3 yönteminin verdiğini, üç yöntem arasında önemli bir fark bulunmadığını ve en tutarsız sonuçları Olsen yönteminin verdiğini tespit etmişlerdir. Ferreira ve ark (2012) Kuzeybatı İspanya'nın pH'sı 5.1-6.1 aralığında değişen, organik madde içeren tınlı topraklarda, Mehlich-3 ekstraksiyon yönteminin kolorimetrik ve ICP sonuçları arasında yüksek korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırma topraklarının Nelson yöntemi ile bitkiye yararışlı P içeriklerinin 1.22 ile 9.67  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği saptanmıştır. Kacar (1995) bu yöntemin Amerika'da başarıyla uygulandığını, uygulanan gübreye bitkilerin tepkimesinin yüksek korelasyon verdiğini ve bu yöntem sonuçlarının Amerika'da Kuzey Karolayna'nın kıyı ova toprakları için  $<10 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyesinde az,  $10-31 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyesinde orta,  $31-56 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyesinde yüksek ve  $>56 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyesinde ise çok yüksek olarak sınıflandırıldığını bildirmiştir. Pasricha ve ark (2002), Hindistan'da nötr ve alkali (pH: 7.0-7.8), 15 kaba tekstürlü, yarı kurak-subtropikal topraklarda P ekstraksiyon yöntemleri içerisinde, fındık bitkisi için en iyi sonuçları veren yöntemin Nelson yöntemi olduğunu belirtmişlerdir.

Toprakların Bray&Kurtz No:1 yöntemiyle belirlenen P içeriklerinin 1.27 ile 27.46  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değiştiği, örneklerin %41.67'sinde az ve çok az P ( $<7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) içerdiği belirlenmiştir. Horuz (1996), Terme-Ünye topraklarının bitkiye yararışlı P içeriklerini  $0.45-59.63 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında belirlemiş ve örneklerin %56.86'sının az miktarda P içerdiğini tespit etmiştir. Aydın ve ark (2000), Bartın'da fındık bahçesi topraklarının %71.4'ünün az miktarda bitkiye yararışlı P içerdiğini saptamışlardır. Tarakçıoğlu ve ark (2003), Ordu ili fındık bahçesi topraklarının Bray&Kurtz No:1 yöntemiyle bitkiye

yarayışlı P içeriklerinin 1.04-57.07 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır. Özkutlu ve ark (2016), Ordu'da toprakların %40'ının az ve çok az düzeyde bitkiye yarayışlı P içerdiğini saptamışlardır. Kacar (2009), bu yöntemin Amerika ve diğer ülkelerde yaygın bir şekilde uygulandığını, özellikle pH'sı 6.8'den düşük asit ve nötr topraklarda ürün ile yüksek düzeyde korelasyon verdiğini, yine organik topraklarda bu yöntem ile Olsen ve Mehlich-3 yöntemlerine eşdeğer sonuçlar verdiğini bildirmiştir.

Olsen yöntemiyle toprakların bitkiye yarayışlı P içeriklerinin 3.50 ile 24.97 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği ve örneklerin %25'inin az (<8 mg kg<sup>-1</sup>) seviyede P içerdiğini belirlenmiştir. Tarakçıoğlu ve ark (2003), Ordu'da toprakların bitkiye yarayışlı P içeriklerinin 5.47-62.77 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır. Vucan ve ark (2008), alkaline kireçli topraklarda P analizinde Olsen yönteminin kalsiyum laktat ekstraksiyon yöntemine göre daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Azeed ve ark (2013), farklı özelliklere sahip güneybatı Nijerya topraklarında 5 farklı P analiz yöntemi içerisinde bölgeye en uygun yöntemin Olsen > Bray&Kurtz No:1 > Hunter > Mehlich > Ambic sırasıyla olduğunu ve yöntemler arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler ( $P < 0.001$ ) tespit edildiğini bildirmişlerdir. Kacar (2009), bu yöntemin gerek ülkemizde ve gerekse diğer ülkelerde yaygın olarak kullanıldığını, yöresel bitki ve topraklar üzerinde yapılan çalışmalarla kalibre edildiğini bildirmiştir.

Kacar yöntemine göre yapılan toprak ekstraksiyonunda, bitkiye yarayışlı P içeriklerinin 10.05 ile 33.94 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir. Kacar (2009) bu ekstraksiyonla çözültüye geçen fosforun çoğunluğunun kalsiyum fosfatlar olmakla birlikte az miktarda demir ve alüminyum fosfatlar da olduğunu bildirmiş ve Çukurova topraklarında başarıyla uygulanabileceğini belirtmiştir.

Fındık bahçesi topraklarının toplam P içeriklerinin 781.6 ile 2025.9 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği saptanmıştır. Kacar (2009) çeşitli araştırmacılar tarafından Türkiye'nin değişik yörelerinde yapılan çalışmalardan derlediği sonuçlara göre toplam P içeriklerinin, Çarşamba ovası topraklarında 425 - 2475 mg kg<sup>-1</sup>, Karadeniz'de 215-3125 mg kg<sup>-1</sup>, İç Anadolu'da 169.2-1123.2 mg kg<sup>-1</sup> ve Çukurova'da 279-750 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir. Korkmaz ve İbrikçi (2010), toprakların toplam inorganik P miktarının (939.7-1230.5 mg kg<sup>-1</sup>) bitki ihtiyacının çok üzerinde olduğunu ancak, yarayışlı P miktarının bitki gereksiniminin çok altında olduğunu (2.4-6.9 mg kg<sup>-1</sup>) belirtmişlerdir. Wuenschel ve ark (2015), Orta Avrupa tarım topraklarının toplam P içeriklerinin 298-1680 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır.

### 3.4. Analiz sonuçları arasındaki bazı ilişkiler

Fındık yetiştiriciliği yapılan toprakların analiz sonuçları arasındaki lineer korelasyon katsayıları (r) Çizelge 3'de verilmiştir. Palaz çeşit fındık bitkisi yapraklarının toplam P içeriği ile toprakların Olsen, Bray&Kurtz No:1 ve Su ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen P içerikleri arasında önemli pozitif ilişkiler (sırasıyla 0.505\*, 0.465\*, 0.407\*) saptanmıştır. Tombul çeşitte ise yapraklarının toplam P içerikleri ile toprakların Bray&Kurtz No:1, Su, Olsen ve Mehlich-3 yöntemleri arasında önemli pozitif ilişkiler (sırasıyla 0.602\*\*, 0.419\*, 0.449\*, 0.449\*) belirlenmiştir. Her iki çeşitte yaprakların P içerikleri ile toprakların Bray&Kurtz No:1, Olsen ve Su ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen P içerikleri arasında önemli korelasyon bulunmuştur. Watham ve ark (2014) Hindistan'da asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen siyah nohut bitkisinin P içeriği ve

alımı ile Bray&Kurtz No:1 ve Mehlich-3 ekstraksiyon yöntemleri arasında önemli korelasyon bulmuştur. Bellitürk ve ark (2007), Tekirdağ toprakların biyolojik yöntemle en yüksek ilişkiyi sadece suda çözünebilir P yönteminin verdiğini, bitkinin P içeriği ve bitki P alımı arasında önemli ilişkiler bulunduğunu ( $r=0.374^*$ ,  $r=0.342^*$ ) ve suda çözünebilir P (Bingham) yönteminin bölge topraklarının P tayini için en uygun yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Sonar & Palwe (2002) Batı Hindistan'da 18 farklı tarladan alınan alkalın (pH 8.2-8.7), kireçli, killi (%20-57 kil içeren) ve düşük seviyede Olsen P'ü içeren topraklarda, P analiz yöntemleri içerisinde buğday bitkisinin dane verimi ve P alımı ile Olsen yöntemi arasında yüksek korelasyon ( $r=0.915^{**}$ ,  $0.894^{**}$ ) elde etmişler ve bölge için Olsen yönteminin uygun olduğunu bildirmişlerdir.

**Çizelge 3.** Toprakta fosfor ekstraksiyon yöntemleri ve yaprakların toplam P içerikleri arasındaki lineer korelasyon katsayıları

	Yaprakta P (Palaz)	Yaprakta P (Tombul)	Suda	Bray & Kurtz-1	Kacar	Olsen	Nelson	Mehlich -3
Yaprakta P (Tombul)	0.854***							
Suda	0.407*	0.419*						
Bray & Kurtz-1	0.465*	0.602**	0.178					
Kacar	0.132	0.150	0.481*	0.025				
Olsen	0.505*	0.449*	0.587**	0.441*	0.670***			
Nelson	0.344	0.355	0.616**	0.017	0.264	0.430*		
Mehlich-3	0.385	0.449*	0.587**	0.570**	0.749***	0.784***	0.227	
Toplam-P	0.044	0.097	0.062	0.207	0.446*	0.408*	-0.089	0.448*

Toprakların suda çözünebilir P analiz sonuçları ile Nelson, Olsen, Mehlich-3 ve Kacar yöntemleri arasında istatistiki açıdan önemli pozitif (sırasıyla 0.616\*\*, 0.587\*\*, 0.587\*\*, 0.481\*) ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 3). Wuenscher ve ark (2015), suda çözünebilir P analiz yöntemi ile Olsen ve Mehlich-3 analiz yöntemleri arasında önemli pozitif ilişkiler belirlemişlerdir.

Toprakların Bray&Kurtz No:1 yöntemiyle belirlenen bitkiye yarayışlı P içerikleri ile Mehlich-3 ve Olsen yöntem sonuçları arasında önemli pozitif (sırasıyla 0.570\*\*, 0.441\*) ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 3). Chilimba ve ark (1999), pH'sı 4.26 ile 6.72 arasında değişen Malavi topraklarında Bray&Kurtz No:1 ile Olsen ve Mehlich-3 yöntemleri arasında yüksek düzeyde önemli ilişki tespit etmişler ve Mehlich-3 ile Olsen yöntemlerinin Malawi toprakları için üniversal toprak ekstraktantı olabileceğini bildirmişlerdir. Watham ve ark (2014) ile Wuenscher ve ark (2015), Bray&Kurtz No:1 yöntemiyle Mehlich-3 arasında önemli pozitif ilişkiler belirlemişlerdir.

Fındık bahçesi topraklarının Olsen yöntemiyle belirlenen bitkiye yarayışlı P içerikleri ile Mehlich-3, Nelson ve toplam-P analiz yöntem sonuçları arasında önemli pozitif

(sırasıyla 0.784\*\*\*, 0.430\*, 0.408\*) ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 3). Zbiral & Nemeç (2002), Çek Cumhuriyetinde Mehlich-3 ile diğer P analiz yöntemleri arasındaki korelasyon katsayısının; bütün topraklarda Mehlich-2 > Olsen > Kalsiyumasetat laktat ~ asit kalsiyum laktat > 0.01M CaCl<sub>2</sub>; kireçsiz topraklarda Mehlich-2 > Olsen > Kalsiyumasetat laktat ~ asit kalsiyum laktat ~ 0.01M CaCl<sub>2</sub>; kireçli topraklarda ise Mehlich-2 > Kalsiyumasetat laktat > Olsen ~ asit kalsiyum laktat ~ 0.01M CaCl<sub>2</sub> şeklinde sıralandığını ve yüksek karbonat içerikli topraklarda P belirlenmesinde Olsen yönteminin Mehlich-3 yönteminden daha uygun olduğu hipotezinin kanıtlanmadığını bildirmişlerdir. Chilimba ve ark (1999), Zbiral & Nemeç (2002), Iatrou ve ark (2014) ile Wuenscher ve ark (2015), Olsen yöntemi ile Mehlich-3 analiz yöntemi arasında çok önemli, toplam P analiz yöntemi ile önemli ilişkiler belirlemişlerdir.

Topraklarının Kacar yöntemiyle belirlenen bitkiye yararışlı P içerikleri ile Mehlich-3, Olsen ve toplam-P yöntem sonuçları arasında önemli pozitif (sırasıyla 0.749\*\*\*, 0.670\*\*\*, 0.446\*), Mehlich-3 yöntemiyle toplam-P yöntem sonuçları arasında önemli pozitif (0.448\*) ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 3).

#### 4. Sonuç

Çalışma kapsamındaki fındık bahçesi topraklarının bitkiye yararışlı P içerikleri sırasıyla Su < Mehlich-3 < Nelson < Bray&Kurtz No:1 < Olsen < Kacar < Toplam P analiz yöntemleri şeklinde belirlenmiştir.

Tombul ve Palaz çeşit fındık bitkisi yapraklarının P içerikleri ile toprakların Bray&Kurtz No:1 ve Olsen yöntemleriyle elde edilen bitkiye yararışlı P içerikleri arasında önemli pozitif ilişkiler belirlenmiş olup; en yüksek korelasyon bu analiz yöntemlerinden elde edilmiştir. Suda çözünebilir analiz yöntemiyle belirlenen bitkiye yararışlı P içerikleri ile Tombul ve Palaz fındık bitkisi yapraklarının P içerikleri arasında önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Mehlich-3 yöntemi ile Olsen, Kacar, Su ve Bray&Kurtz No:1 yöntemleri arasında önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Yine suda çözünebilir P yöntemi ile Nelson, Olsen ve Mehlich-3 yöntemleri arasında önemli pozitif ve Olsen ile Kacar yöntemleri arasında da önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Evrensel bir ekstraksiyon metodu olarak Mehlich-3 metodunun geniş pH aralığında özellikle bitkiye yararışlı P ekstraksiyonunda olmak üzere K, Mg, Zn, Mn ve Cu gibi elementlerin analizinde de standart metod olarak kullanılabilmesi bildirilmiştir (Schroder ve ark 2009). Bu çalışmadan yola çıkarak, Ordu ili topraklarının geniş bir pH aralığına sahip olması nedeniyle Mehlich-3 yönteminin kullanılıp kullanılmayacağı daha detaylı çalışmalarla araştırılmalıdır.

Sonuç olarak, özellikle fındık bitkisine fosforlu gübrelemenin yapılabilmesi için öncelikle uygun yöntemlerle toprak analizinin yapılması ve önerilen dozlarda gübrenin uygulanması hem ülke ekonomisi ve hem de çiftçinin kazancı açısından önem arz etmektedir. Yeni geliştirilen yöntemlerle birlikte sadece bitkiye yararışlı P analiz yöntemi değil, çoklu ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak makro ve mikro elementler için ortak bir ekstraksiyon yöntemi de geliştirilmelidir. Konunun daha detaylı çalışmalarla araştırılarak fındık yetiştiriciliğinde söz sahibi olan Ordu ve Giresun illeri

findık bahçesi toprakların bitkiye yarayımlı fosfor içeriklerinin belirlenmesinde kullanılabilir yöntemlerin uzun süreli gübreleme çalışmaları da yapılarak kalibre edilmesi gerekmektedir.

### **Tesekkür**

Bu çalışma Ordu Üniversitesi BAP birimi tarafından TF-1237 no'lu yüksek lisans tez projesi kapsamında desteklenmiştir.

### **5. Kaynakça**

1. Abdu N (2006). Soil-phosphorus extraction methodologies: A review. *African Journal of Agricultural Research* 1 (5): 159-161
2. Alkoshab O, Righetti T L & Dixon AR (1988). Evaluation of DRIS for judging the nutritional status of hazelnuts. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*113(4):643-647
3. Anonim (1991). Türkiye toprakları verimlilik envanteri. Tarım Orman Köyişleri Bakanlığı Köy Hizm. Gen. Müd. Yayınları
4. Auxtero E A, Madeira M V, Monteiro F G & Horta M C (2013). Evaluation of different soil tests for phosphate extractability in major soils from Angola. *Commun. Soil Science & Plant Analysis* 44(9):1412-1434
5. Azeez J O, Inyang U U & Olubuse O C (2013). Determination of appropriate soil test extractant for available phosphorus in southwestern Nigerian soils. *Commun. Soil Sci. & Plant Analysis* 44(10):1540-1556
6. Aydın Ş, İrget M E& Karakurt R (2000). Bartın yöresi fındık bahçelerinin beslenme durumu. *Anadolu Dergisi* 10(2):139-157
7. Bellitürk K, Danışman F, Pakdil N B & Yılmaz F (2007). Trakya bölgesi topraklarının bitkiye yarayımlı fosfor durumunun belirlenmesinde değişik kimyasal ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *Trakya Uni. J. of Science* 8(1): 41-47
8. Boczynski Z A O & Steere P L (2012).Evaluation of Mehlich 3 as a universal nutrient extractant for Australian sugarcane soils. *Commun. Soil Science & Plant Analysis* 43(4): 623-630
9. Bortolon L& Gianello C (2012). Multielement extraction from southern Brazilian Soils. *Commun.Soil Sci.&Plant Analysis* 43: 1615-1614
10. Bouyoucos G D (1951) A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal* 43: 434-438
11. Carter M R (1993) Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis Pub. Florida, USA
12. Chilimba A D C, Mughogho S K & Wendt J (1999). Mehlich-3 or modified Olsen for soil testing in Malawi. *Commun.Soil Sci.&Plant Analysis* 30(7-8): 1231-1250
13. Eyüpoğlu F (1999). Türkiye topraklarının verimlilik durumu. T.C. Başbakanlık K.H.G.M. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Yayınları. Gen.Yay. No:220. Ankara
14. Ferreiro J P, Vázquez E V & De Abreu C A (2012). Phosphorus determination after Mehlich 3 extraction and anion exchange resin in an agricultural soil of Northwestern Spain. *Commun. Soil Science & Plant Analysis* 43(1-2):102-111
15. Gürbüz M A & Günay E (2013). Toprak analizinde “çok besinli ekstraksiyon yöntemlerinin” uygulanma olanakları. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22-24 Ekim, Bildiriler, Tokat, s.130-134



16. Heidari S, Reyhanitabar A, Oustan S & Olad A (2016). A new method of preparing gel for DGT technique and application to the soil phosphorus availability test. *Commun. Soil Science & Plant Analysis* 47(10): 1239-1251
17. Horuz A (1996). Terme-Ünye fındık bahçesi topraklarının besin element durumu ve bunların toprak özellikleriyle olan ilişkileri. O.M.Ü. F.B.E. YL. Tezi. Samsun
18. Iatrou M, Papadooulos A, Papadooulos F, Dichala O, Psoma P & Bountla A (2014). Determination of soil available P using the Olsen and Mehlich 3 methods for Greek soils having variable amounts of calcium carbonate. *Commun. Soil Sci. & Plant Analysis* 45(16):2207–2214
19. Jones Jr J B, Wolf B & Mills H A (1991). Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Pub. USA
20. Kacar B (1995). Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak.EAG Vakfı Yayın No: 3. Ankara
21. Kacar B & Katkat A V (1997). Tarımda Fosfor. Bursa Ticaret Borsası Yay. No:5. Bursa
22. Kacar B & İnal A (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayın No:1241, Ankara
23. Kacar B (2009). Toprak Analizleri. Nobel Yayın No:1387, Ankara
24. Kleinman P J, Shapley A N, Gartley K, Jarrell W M, Kuo S, Menon RG, Myers R, Reddy K R & Skogley E O (2001). Interlaboratory comparison of soil P extracted by various soil test methods. *Commun. Soil Sci. & Plant Analysis* 32(15-16): 2325-2345
25. Kopacek J, Borovec J, Hejzlar J & Porcal P (2001). Spectrophotometric determination of iron, aluminum and phosphorus in soil and sediment extracts after their nitric and perchloric acid digestion. *Commun. Soil Sci. & Plant Analysis* 2(9&10): 1431-1443
26. Korkmaz K & İbrikçi H (2010). Kireçli topraklarda fosfor dinamiğinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 25(1):44-52
27. Mallarino A P (1995). Comparison of Mehlich-3, Olsen, and Bray-P1 procedures for phosphorus in calcareous soils. 25<sup>th</sup> North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference. November 15-16. 1995. St. Louis. MO
28. Marschner H (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> Ed. Acad.Press. New York
29. Matula J (2010). Differences in available P evaluated by soil tests in relation to detection by colorimetric and ICP-AES techniques. *Plant Soil and Environment*, 56(6):297-304
30. McDowell R W (2003). Identification of P species in extracts of soils contrasting management histories. *Commun. Soil Sci. & Plant Analysis* 34(7&8): 1083-1095
31. Neyroud JA & Lischer P (2003). Do different methods used to estimate soil P availability across Europe give comparable results? *J. Plant Nutr. & Soil Sci.* 166:422–431
32. Özkutlu F, Korkmaz K, Özenç N, Aygün A Şahin Ö, Kahraman M, Ete Ö, Akgün M & Taşkın B (2016). Ordu-Merkez ilçedeki bazı fındık bahçelerinin mineral beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi* 5(2):77-86
33. Painter J H & Hammer H E (1963). Effects of differential levels of K and B on Barcelona filbert trees in Oregon. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 82:225-230
34. Pasricha N S, Aulakh M S & Vempati R K (2002). Evaluation of available phosphorus soil test methods for peanut in neutral and alkaline soils. *Commun. Soil Sci. & Plant Analysis* 33(19-20): 3593-3601

35. Reijneveld A, Termorshuizen A, Vedder H & Oenema, O (2014). Strategy for innovation in soil tests illustrated for P tests. *Commun.Soil Sci.&Plant Analysis* 45(4): 498-515
36. Sarker A, Kashem MA, Osman KT, Hossain I & Ahmed F (2014). Evaluation of available phosphorus by soil test methods in an acidic soil incubated with different levels of lime and phosphorus. *Journal of Soil Science* 4: 103-108
37. Schroder J L, Zhang H, Richards J R& Payton M E (2009). Interlaboratory validation of the Mehlich-3 method and as a universal extraction for plant nutrients. *JAOAC Int.* Jul-Aug:92(4):995-1008
38. Sisak W, Sardi K&Palkovics M (2002). Water-soluble P as affected by freshly applied and residual P and P fractions of soil. *Commun. Soil Sci.&Plant An.* 33(15-18):2813-2823
39. Sonar K R & Palwe C R (2002). Calibration of soil test methods for available P in swell-shrink soils for wheat. *Comm.Soil Sci.&Plant Analysis* 33(15-18): 2825-2832
40. Stebbins R L (1969). The concept of plant analysis and how to take a leaf sample. Er.118
41. Takahashi S (2013). Soil P extracted by three anion exchange membranes compared to water-soluble and truoq-extractable P. *Comm. Soil Sci.&Plant Analysis*, 44(22):3231-3234
42. Tarakçioğlu C, Yalçın SR, Bayrak A, Küçük M, & Karabacak H (2003). Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. *Ankara Ü. Ziraat F. Tarım Bilimleri Dergisi* 9 (1): 13-22
43. Vucan R, Lipenite I & Livmanis J (2008). Comparison of methods for the determination of P in carbonatic soils. *Latvian J.of Agronomy.* No.11: 299-305
44. Watham L, Athokpam H S, Meitei WH, Chongtham N, Devi KN, Singh B, Singh NG & Janaki Singh NJ (2014). Evaluation of some soil test methods for available phosphorus and its critical limits for black gram in acid soils of imphal west district, manipur (India).*The Ecoscan* 8(3-4):199-202
45. Wuenscher R, Unterfrauner H, Peticzka R & Zehetner F (2015). A comparison of 14 soil phosphorus extraction methods applied to 50 agricultural soils from Central Europe. *Plant Soil Environment* 61(2):82-96
46. Yıldız N&Bilgin N (2008). Erzurum Ovası Topraklarının P ve K Durumunun Neubauer Fide Yöntemi ile Belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi* 39 (2). 159-165
47. Zbiral J& Nemeć P (2002). Comparison of Mehlich 2, Mehlich 3, CAL, Egner, Olsen and 0.01 CaCl<sub>2</sub> extractant for determination of phosphorus in soils. *Commun.Soil Sci.&Plant Analysis* 33(15-18): 3405-3417

## Tanjant Demet İzdüşümü ile Tanımlı Tensör Demetinin Pull-Back Demeti

Furkan Yıldırım\* 

Atatürk Üniversitesi, Narman Meslek Yüksek Okulu, Erzurum

(Geliş Tarihi/Recived Date: 12.07.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 28.09.2017)

### Öz

Bu çalışmada,  $M$  manifoldu üzerinde tanımlı  $TM$  tanjant demetinin izdüşümü (submersionu) ile  $(p,q)$  tipli  $tM$  yarı-tensör (pull-back) demeti tanımlanmıştır. Ayrıca  $tM$  yarı-tensör (pull-back) demetinin bu özel sınıfında kesitler incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kesit, Pull-back demeti, Tam lift, Tanjant demeti, Vektör alanı

## A Pull-Back Bundle of Tensor Bundles Defined by Projection of The Tangent Bundle

### Abstract

Using projection (submersion) of the tangent bundle  $TM$  over a manifold  $M$ , we define a semi-tensor (pull-back) bundle  $tM$  of type  $(p,q)$ . In this context cross-sections in a special class of semi-tensor (pull-back) bundle  $tM$  can be also defined.

**Keywords:** Complete lift, cross-section pull-back bundle, tangent bundle, vector field

### 1. Giriş

$M_n, C^\infty$  sınıfından  $n$ -boyutlu diferensiyellenebilir manifold ve  $(T(M_n), \pi_1, M_n)$  ise  $M_n$  üzerinde tanjant demet olsun.  $x^\alpha$  lar  $M_n$  deki baz koordinatları,  $\bar{x}^\alpha = y^\alpha$  lar ise  $T(M_n)$  tanjant demetindeki fibre koordinatları olmak üzere  $(x^i) = (\bar{x}^\alpha, x^\alpha)$  notasyonu kullanılmaktadır. Burada  $i, j, \dots$  indisleri 1 den  $2n$  e;  $\bar{\alpha}, \bar{\beta}, \dots$  indisleri 1 den  $n$  e;  $\alpha, \beta, \dots$  indisleri ise  $n+1$  den  $2n$  e kadar değer alır.

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: furkan.yildirim@atauni.edu.tr

$(T_q^p(M_n), \pi, M_n)$ ,  $M_n$  üzerinde bir tensör demet (Gezer & Salimov 2008; Ledger & Yano 1967; Salimov 2013) ve  $T(M_n)$  ise  $\pi_1 : T(M_n) \rightarrow M_n$  izdüşümüyle (submersion) ile tanımlı tanjant demet olsun.

$(T_q^p(M_n), \pi, M_n)$  tensör demetinin  $T(M_n)$  tanjant demeti üzerindeki  $(t_q^p(M_n), \pi_2, T(M_n))$  yarı-tensör demeti (induced veya pull-back):

$$t_q^p(M_n) = \left\{ \left( (x^{\bar{\alpha}}, x^{\alpha}), x^{\bar{\alpha}} \right) \in T(M_n) \times (T_q^p)_x(M_n) : \pi_1(x^{\bar{\alpha}}, x^{\alpha}) = \pi(x^{\alpha}, x^{\bar{\alpha}}) = (x^{\alpha}) \right\} \subset T(M_n) \times (T_q^p)_x(M_n)$$

ile tanımlıdır. Burada  $\pi_2(x^{\bar{\alpha}}, x^{\alpha}, x^{\bar{\alpha}}) = (x^{\bar{\alpha}}, x^{\alpha})$  ile  $\pi_2 : t_q^p(M_n) \rightarrow T(M_n)$  izdüşümü tanımlı olup  $(T_q^p)_x(M_n)(x = \pi_1(x), x = (x^{\bar{\alpha}}, x^{\alpha}) \in T(M_n))$  ise  $M_n$  nin bir  $x$  noktasındaki tensör uzayıdır. Ayrıca  $x^{\bar{\alpha}} = t_{\alpha_1 \dots \alpha_q}^{\beta_1 \dots \beta_p} \left( \bar{\alpha}, \bar{\beta}, \dots = 2n+1, \dots, 2n+n^{p+q} \right)$  lar  $T_q^p(M_n)$  tensör demetinin fibre koordinatlarıdır (pull-back demeti bkz: (Husemoller 1994; Lawson & Michelsohn 1989; Salimov & Kadioğlu 2000; Steenrod 1951; Yıldırım 2015; Yıldırım & Salimov 2014). Ayrıca pull-back demetlerinin genelleşmiş hali Pontryagin demetleri olarak bilinir (Pontryagin 1947).

$(x^{i'}) = (x^{\bar{\alpha}'}, x^{\alpha'}, x^{\bar{\alpha}'})$ ,  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör demetindeki bir diğer lokal adapte olmuş

koordinat sistemi olmak üzere

$$\begin{cases} x^{\bar{\alpha}'} = \frac{\partial x^{\alpha'}}{\partial x^{\beta}} y^{\beta}, \\ x^{\alpha'} = x^{\alpha'}(x^{\beta}), \\ x^{\bar{\alpha}'} = t_{\alpha_1' \dots \alpha_q'}^{\beta_1' \dots \beta_p'} = A_{\alpha_1' \dots \alpha_p'}^{\beta_1' \dots \beta_p'} A_{\alpha_1' \dots \alpha_q'}^{\beta_1' \dots \beta_q'} t_{\beta_1' \dots \beta_q'}^{\alpha_1' \dots \alpha_p'} = A_{(\alpha)}^{(\beta')} A_{(\alpha')}^{(\beta)} x^{\bar{\beta}}, \end{cases} \quad (1)$$

dönüşümü tanımlıdır.

(1) dönüşümünün jakobiyeni

$$\bar{A} = (A_j^{i'}) = \begin{pmatrix} A_{\beta}^{\alpha'} & A_{\beta \epsilon}^{\alpha'} y^{\epsilon} & 0 \\ 0 & A_{\beta}^{\alpha'} & 0 \\ 0 & t_{(\sigma)}^{(\alpha)} \partial_{\beta} A_{(\alpha)}^{(\beta')} A_{(\alpha)}^{(\sigma)} & A_{(\alpha)}^{(\beta')} A_{(\alpha')}^{(\beta)} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

bileşenlerine sahiptir. Burada  $I = (\bar{\alpha}, \alpha, \bar{\alpha})$ ,  $J = (\bar{\beta}, \beta, \bar{\beta})$ ,  $I, J, \dots = 1, \dots, 2n + n^{p+q}$ ,

$$t_{(\sigma)}^{(\alpha)} = t_{\sigma_1 \dots \sigma_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}, \quad A_{\beta}^{\alpha'} = \frac{\partial x^{\alpha'}}{\partial x^{\beta}}, \quad A_{\beta \varepsilon}^{\alpha'} = \frac{\partial^2 x^{\alpha'}}{\partial x^{\beta} \partial x^{\varepsilon}}$$

ile tanımlıdır.

(2) de belirtilen matris için

$$Det(A_{\beta}^{\bar{\alpha}'}) \neq 0, \quad Det(A_{\beta}^{\alpha'}) \neq 0, \quad Det(A_{(\alpha)}^{(\beta')} A_{(\alpha')}^{(\beta)}) \neq 0$$

olduğundan  $Det\bar{A} \neq 0$  dır.

Ayrıca  $\dim t_q^p(M_n) = 2n + n^{p+q}$  olmaktadır.

Yarı-tensör demetin özel bir sınıfı (Fattaev 2009) da çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı  $T(M_n)$  tanjant demetinin izdüşümü yardımıyla  $T_q^p(M_n)$  tensör demetinin yarı-tensör demetini tanımlamaktır.

$F(T(M_n))$  ve  $F(M_n)$ ,  $T(M_n)$  ve  $M_n$  üzerindeki  $C^{\infty}$  – sınıfından reel değerli fonksiyonların belirttiği halka olmak üzere,  $T(M_n)$  ve  $M_n$  üzerindeki  $(p, q)$  tipli tüm tensör alanlarının  $F(T(M_n))$  ve  $F(M_n)$  üzerindeki modülü sırasıyla  $\mathfrak{S}_q^p(T(M_n))$  ve  $\mathfrak{S}_q^p(M_n)$  ile gösterilir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### *Tensör Alanlarının Dikey Liftleri ve $\gamma$ – Operatörü*

$A \in \mathfrak{S}_q^p(T(M_n))$  olmak üzere  ${}^{vv}A$  vektör alanı

$${}^{vv}A = \begin{pmatrix} {}^{vv}A^{\bar{\alpha}} \\ {}^{vv}A^{\alpha} \\ {}^{vv}A^{\bar{\alpha}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ A_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

bileşenlerine sahiptir. (2) ve (3) kullanılarak  ${}^{vv}A' = \bar{A}({}^{vv}A)$  olduğu gösterilebilir.  ${}^{vv}A \in \mathfrak{T}_0^1(t_q^p(M_n))$  vektör alanı  $A \in \mathfrak{T}_q^p(T(M_n))$  nın  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör demetine dikey lifti olarak adlandırılır.

$\varphi \in \mathfrak{T}_1^1(M_n)$  olmak üzere  $\pi^{-1}(U)$  daki  $\gamma\varphi$  vektör alanı  $t_q^p(M_n)$  üzerindeki  $(x^{\bar{\beta}}, x^{\beta}, x^{\bar{\beta}})$

koordinatlarına göre

$$\begin{cases} \gamma\varphi = \left( \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \varphi_{\varepsilon}^{\alpha_{\lambda}} \right) \frac{\partial}{\partial x^{\bar{\beta}}}, & (p \geq 1, q \geq 0) \\ \gamma\varphi = \left( \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \varphi_{\beta_{\mu}}^{\varepsilon} \right) \frac{\partial}{\partial x^{\bar{\beta}}}, & (p \geq 0, q \geq 1) \end{cases} \quad (4)$$

bileşenlerine sahiptir. (2) den  $\gamma\varphi$  ve  $\gamma\varphi$  vektör alanlarının her bir  $\pi^{-1}(U) \subset t_q^p(M_n)$  da dikey vektör alanları tanımlar.  $\gamma\varphi$  (veya  $\gamma\varphi$ ),  $\varphi \in \mathfrak{T}_1^1(M_n)$  tensör alanının  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör demetine dikey-vektör lifti olarak adlandırılır.

Keyfi  $\varphi \in \mathfrak{T}_1^1(M_n)$  için, (2) ve (4) kullanılarak,  $(\gamma\varphi)' = \bar{A}(\gamma\varphi)$  olduğu gösterilebilir. Burada

$\gamma\varphi$  vektör alanı

$$\gamma\varphi = (\gamma\varphi)^I = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \varphi_{\varepsilon}^{\alpha_{\lambda}} \end{pmatrix} \quad (5)$$

ile tanımlıdır.  $\varphi \in \mathfrak{T}_1^1(M_n)$  olmak üzere  $\gamma\varphi$

$$\gamma\varphi = (\gamma\varphi)^I = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \varphi_{\beta_{\mu}}^{\varepsilon} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

bileşenlerine sahiptir. (2) kullanılarak  $(\gamma\varphi)' = \bar{A}(\gamma\varphi)$  olduğu gösterilebilir.

Keyfi  $\varphi \in \mathfrak{S}_1^1(T(M_n))$  için,  $\gamma\varphi$  vektör alanı  $(x^{\bar{\beta}}, x^{\beta}, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre

$$\gamma\varphi = \begin{pmatrix} y^\varepsilon \varphi_\varepsilon^\beta \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

bileşenlerine sahiptir. (2) kullanılarak  $(\gamma\varphi)' = \bar{A}(\gamma\varphi)$  olduğu gösterilebilir.

### **Vektör Alanlarının Tam Lifti**

$X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$ ,  $X = X^\alpha (x^\alpha) \partial_\alpha$  olmak üzere  $X$  vektör alanının tanjant demete  ${}^c X$  tam lifti

$${}^c X = X^\alpha \partial_\alpha + y^\varepsilon \partial_\varepsilon X^\alpha \partial_{-\alpha}$$

ile tanımlıdır (Yano & Ishihara 1973).

Keyfi  $X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$  için,  ${}^{cc} X$  vektör alanı  $(x^{\bar{\beta}}, x^{\beta}, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre

$${}^{cc} X = \begin{pmatrix} {}^{cc} X^{\bar{\beta}} \\ {}^{cc} X^\beta \\ {}^{cc} X^{\bar{\bar{\beta}}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y^\varepsilon \partial_\varepsilon X^\beta \\ X^\beta \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \partial_\varepsilon X^{\alpha_\lambda} - \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \partial_{\beta_\mu} X^\varepsilon \end{pmatrix}, \quad (8)$$

bileşenlerine sahiptir. (2) kullanılarak  ${}^{cc} X' = \bar{A}({}^{cc} X)$  olduğu gösterilebilir.  ${}^{cc} X$  vektör alanı  ${}^c X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$  vektör alanının  $t_q^p(M_n)$  e tam lifti olarak adlandırılır.

### **Vektör Alanlarının Yatay Lifti**

Keyfi  $X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$ ,  $X = X^\alpha (x^\alpha) \partial_\alpha$  için  ${}^{HH} X \in \mathfrak{S}_0^1(t_q^p(M_n))$  vektör alanı  $(x^{\bar{\beta}}, x^{\beta}, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre

$${}^{HH}X = \begin{pmatrix} -\Gamma_{\alpha}^{\beta} X^{\alpha} \\ X^{\beta} \\ X^l \left( \sum_{\mu=1}^q \Gamma_{l\beta_{\mu}}^{\varepsilon} t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} - \sum_{\lambda=1}^p \Gamma_{l\varepsilon}^{\alpha_2} t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \right) \end{pmatrix}, \tag{9}$$

bileşenlerine sahiptir. (2) kullanılarak  ${}^{HH}X' = \bar{A}({}^{HH}X)$  olduğu gösterilebilir.  ${}^{HH}X$  vektör alanı  $X$  vektör alanının  $t_q^p(M_n)$  e yatay lifti olarak adlandırılır. Burada

$$\Gamma_{\alpha}^{\beta} = y^{\varepsilon} \Gamma_{\varepsilon \alpha}^{\beta}$$

ile tanımlıdır.

**Teorem 2.1.**  $X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$  olmak üzere

$${}^c X - {}^{HH} X = \gamma(\hat{\nabla}X) - \gamma(\hat{\nabla}X) + \gamma(\nabla X),$$

eşitliği bulunmaktadır. Burada  $\hat{\nabla}$  simetrik afin konneksiyonu  $\Gamma_{\beta\theta}^{\alpha} = \Gamma_{\theta\beta}^{\alpha}$  ile tanımlıdır.

**İspat.** (5), (6), (7), (8) ve (9) kullanılarak

$$\begin{aligned} {}^c X - {}^{HH} X &= \begin{pmatrix} y^{\varepsilon} \partial_{\varepsilon} X^{\beta} \\ X^{\beta} \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \partial_{\varepsilon} X^{\alpha_{\lambda}} - \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \partial_{\beta_{\mu}} X^{\varepsilon} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -y^{\varepsilon} \Gamma_{\varepsilon \alpha}^{\beta} X^{\alpha} \\ X^{\beta} \\ X^l \left( \sum_{\mu=1}^q \Gamma_{l\beta_{\mu}}^{\varepsilon} t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} - \sum_{\lambda=1}^p \Gamma_{l\varepsilon}^{\alpha_2} t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \right) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} y^{\varepsilon} \partial_{\varepsilon} X^{\beta} + y^{\varepsilon} \Gamma_{\varepsilon \alpha}^{\beta} X^{\alpha} \\ 0 \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\partial_{\varepsilon} X^{\alpha_{\lambda}} + \Gamma_{l\varepsilon}^{\alpha_2} X^l) - \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\partial_{\beta_{\mu}} X^{\varepsilon} + \Gamma_{l\beta_{\mu}}^{\varepsilon} X^l) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\partial_{\varepsilon} X^{\alpha_{\lambda}} + \Gamma_{l\varepsilon}^{\alpha_2} X^l) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\partial_{\beta_{\mu}} X^{\varepsilon} + \Gamma_{l\beta_{\mu}}^{\varepsilon} X^l) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y^{\varepsilon} (\partial_{\varepsilon} X^{\beta} + \Gamma_{\varepsilon \alpha}^{\beta} X^{\alpha}) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\underbrace{\partial_\varepsilon X^{\alpha_\lambda} + \Gamma_{\varepsilon l}^{\alpha_\lambda} X^l}_{\hat{\nabla}_\varepsilon X^{\alpha_\lambda}}) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\underbrace{\partial_{\beta_\mu} X^\varepsilon + \Gamma_{\beta_\mu l}^\varepsilon X^l}_{\hat{\nabla}_{\beta_\mu} X^\varepsilon}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y^\varepsilon \left( \underbrace{\partial_\varepsilon X^\beta + \Gamma_{\varepsilon \alpha}^\beta X^\alpha}_{\nabla_\varepsilon X^\beta} \right) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\lambda=1}^p t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\hat{\nabla}_\varepsilon X^{\alpha_\lambda}) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\mu=1}^q t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (\hat{\nabla}_{\beta_\mu} X^\varepsilon) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y^\varepsilon (\nabla_\varepsilon X^\beta) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 &= \gamma(\hat{\nabla}_\varepsilon X^{\alpha_\lambda}) - \gamma(\hat{\nabla}_{\beta_\mu} X^\varepsilon) + \gamma(\nabla_\varepsilon X^\beta) = \gamma(\hat{\nabla}X) - \gamma(\hat{\nabla}X) + \gamma(\nabla X),
 \end{aligned}$$

elde edilir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### Yarı-Tensör Demette Kesitler

$\xi \in \mathfrak{T}_q^p(M_n)$ ,  $M_n$  manifoldu üzerinde bir  $(p, q)$  tipli tensör alanı olmak üzere,  $x \rightarrow \xi_x$  dönüşümü ( $\xi_x; x \in T(M_n)$  noktasındaki  $\xi$  değerini belirtir) yarı-tensör demetin  $\beta_\xi$  kesitini tanımlar.  $\sigma_\xi : M_n \rightarrow T_q^p(M_n)$  ile  $(T_q^p(M_n), \pi, M_n)$  tensör demetinin kesiti tanımlanmak üzere  $\pi \circ \sigma_\xi = I_{(M_n)}$  eşitliği bulunmaktadır.  $(t_q^p(M_n), \pi_2, T(M_n))$  yarı-tensör demetinin  $\beta_\xi : T(M_n) \rightarrow t_q^p(M_n)$  kesiti:

$$\beta_\xi(x^{\bar{\alpha}}, x^\alpha) = (x^{\bar{\alpha}}, x^\alpha, \sigma_\xi \circ \pi_1(x^{\bar{\alpha}}, x^\alpha)) = (x^{\bar{\alpha}}, x^\alpha, \sigma_\xi(x^\alpha)) = (x^{\bar{\alpha}}, x^\alpha, \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}(x^\beta))$$

ile tanımlıdır (Isham 1999; Husemoller 1994; Lawson & Michelsohn 1989; Yano & Ishihara 1973).

$\xi$  tensör alanı  $\xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}(x^\beta)$  bileşenlerine sahip olmak üzere  $x^B = (x^{\bar{\beta}}, x^\beta, x^{\bar{\bar{\beta}}})$

koordinatlarına göre  $\beta_\xi(T(M_n))$  kesiti

$$\begin{cases} x^{\bar{\beta}} = y^\beta = V^\beta(x^\alpha), \\ x^\beta = x^\beta, \\ x^{\bar{\bar{\beta}}} = \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}(x^\alpha), \end{cases} \quad (10)$$

ile tanımlıdır.  $x^{\bar{\alpha}} = y^\alpha$  lar değişkenler olarak alınırsa,  $x^{\bar{\alpha}} = y^\alpha$  ların (10)'a göre diferensiyeli alınarak bileşenleri

$$B_{(\bar{\theta})} = \frac{\partial x^B}{\partial x^{\bar{\theta}}} = \partial_{\bar{\theta}} x^B = \begin{pmatrix} \partial_{\bar{\theta}} V^\beta \\ \partial_{\bar{\theta}} x^\beta \\ \partial_{\bar{\theta}} \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix},$$

şeklinde olan  $B_{(\bar{\theta})}$ ,  $(\bar{\theta} = 1, \dots, n)$  vektör alanları elde edilir.

Buradaki  $B_{(\bar{\theta})}$  vektör alanları  $\beta_\xi(T(M_n))$  kesitine teğettir.  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör demetinde  $(x^{\bar{\beta}}, x^\beta, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre  $B_{(\bar{\theta})}$  nin bileşenleri,

$$B_{(\bar{\theta})} : \left( B_{(\bar{\theta})}^B \right) = \begin{pmatrix} \delta_{\bar{\theta}}^\beta \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

şeklindedir. Burada

$$\delta_{\bar{\theta}}^\beta = A_{\bar{\theta}}^\beta = \frac{\partial x^\beta}{\partial x^{\bar{\theta}}}$$

eşitliği bulunmaktadır.

$X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$ ,  $X = X^\alpha(x^\alpha)\partial_\alpha$  olmak üzere  $BX$  vektör alanının  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör

demetinde  $(x^{\bar{\beta}}, x^\beta, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre bileşenleri

$$BX : \left( B_{(\bar{\theta})}^B X^{\bar{\theta}} \right) = \begin{pmatrix} \delta_\theta^B X^{\bar{\theta}} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_\theta^B X^{\bar{\theta}} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X^\beta \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (11)$$

ile tanımlıdır.

$$\begin{cases} x^{\bar{\beta}} = y^\beta = \text{sabit}, \\ x^{\bar{\bar{\beta}}} = \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}(x^\alpha) = \text{sabit}, \\ x^\beta = x^\beta, \end{cases}$$

olmak üzere;  $x^\theta$  ları değişkenler olarak kabul edersek (10)'a göre  $x^\theta$  ların diferensiyeli alınarak bileşenleri

$$C_{(\theta)} = \frac{\partial x^B}{\partial x^\theta} = \partial_\theta x^B = \begin{pmatrix} \partial_\theta x^{\bar{\beta}} \\ \partial_\theta x^\beta \\ \partial_\theta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix},$$

olan  $C_{(\theta)}$ ,  $(\theta = n+1, \dots, 2n)$  vektör alanları elde edilir. Burada  $C_{(\theta)}$  vektör alanları  $\beta_\xi(T(M_n))$  kesitine teğettir.  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör demetinde  $(x^{\bar{\beta}}, x^\beta, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre  $C_{(\theta)}$  nin bileşenleri,

$$C_{(\theta)} : \left( C_{(\theta)}^B \right) = \begin{pmatrix} \partial_\theta V^\beta \\ \delta_\theta^\beta \\ \partial_\theta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix},$$

şeklindedir. Burada

$$\delta_\theta^\beta = A_\theta^\beta = \frac{\partial x^\beta}{\partial x^\theta}$$

eşitliği geçerlidir.

$X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$ , olmak üzere  $CX$  vektör alanının  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör demetinde  $(x^{\bar{\beta}}, x^\beta, x^{\bar{\bar{\beta}}})$  koordinatlarına göre bileşenleri

$$CX : (C_{(\theta)}^B X^\theta) = \begin{pmatrix} X^\theta \partial_\theta V^\beta \\ X^\beta \\ X^\theta \partial_\theta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix}, \quad (12)$$

ile tanımlıdır.

$$\begin{cases} x^{\bar{\beta}} = y^\beta = \text{sabit}, \\ x^\beta = x^\beta = \text{sabit}, \\ x^{\bar{\bar{\beta}}} = \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} (x^\alpha), \end{cases}$$

olmak üzere,  $t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}$  lar değişkenler olarak kabul edilip  $x^{\bar{\bar{\beta}}} = t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p}$  e göre diferensiyeli alındığında bileşenleri

$$E_{(\bar{\theta})} : (E_{(\bar{\theta})}^B) = \partial_{\bar{\theta}} x^B = \begin{pmatrix} \partial_{\bar{\theta}} y^\beta \\ \partial_{\bar{\theta}} x^\beta \\ \partial_{\bar{\theta}} t_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \delta_{\beta_1}^{\theta_1} \dots \delta_{\beta_q}^{\theta_q} \delta_{\gamma_1}^{\alpha_1} \dots \delta_{\gamma_p}^{\alpha_p} \end{pmatrix}$$

olan  $E_{(\bar{\theta})}$  ( $\bar{\theta} = 2n + 1, \dots, 2n + n^{p+q}$ ) vektör alanları elde edilir.  $E_{(\bar{\theta})}$  vektör alanları fibreye

teğet olup burada  $\delta$ , Kronecker sembolüdür:

$$\delta_{\beta_1}^{\theta_1} = \frac{\partial x^{\theta_1}}{\partial x^{\beta_1}}.$$

$\xi$ ,  $M_n$  üzerinde  $(p, q)$  tipli

$$\xi = \xi_{\theta_1 \dots \theta_q}^{\gamma_1 \dots \gamma_p} dx^{\theta_1} \otimes \dots \otimes dx^{\theta_q} \otimes \partial_{\gamma_1} \otimes \dots \otimes \partial_{\gamma_p}$$

şeklinde tanımlı bir tensör alanı olmak üzere fibreye teğet olan  $E\xi$  vektör alanı

$$E\xi : \left( E_{(\bar{\theta})}^B \xi_{\theta_1 \dots \theta_q}^{\gamma_1 \dots \gamma_p} \right) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix}, \quad (13)$$

ile tanımlıdır.

**Teorem 3.1.**  $X$ ,  $T(M_n)$  üzerinde bir vektör alanı olmak üzere,  $\beta_\xi(T(M_n))$  kesiti boyunca

$${}^{cc}X = CX + B(L_V X) + E(-L_X \xi),$$

eşitliği tanımlıdır. Burada  $X$  e göre  $V$  nin Lie türevlemesi  $L_V X$  ile,  $X$  e göre  $\xi$  nin

Lie türevlemesi  $L_X \xi$  gösterilmiştir.

**İspat.** (8), (11), (12) ve (13) kullanılarak,

$$\begin{aligned} & CX + B(L_V X) + E(-L_X \xi) = \\ & = \begin{pmatrix} X^\theta \partial_\theta V^\beta \\ X^\beta \\ X^\theta \partial_\theta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V^\alpha \partial_\alpha X^\beta - X^\alpha \partial_\alpha V^\beta \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -X^\theta \partial_\theta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} - \sum_{\mu=1}^q \partial_{\beta_\mu} X^\beta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} + \sum_{\lambda=1}^p \partial_\beta X^{\alpha_\lambda} \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix} \\ & = \begin{pmatrix} V^\alpha \partial_\alpha X^\beta \\ X^\beta \\ -\sum_{\mu=1}^q \partial_{\beta_\mu} X^\beta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} + \sum_{\lambda=1}^p \partial_\beta X^{\alpha_\lambda} \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix} = {}^{cc}X \end{aligned}$$

elde edilir.

$C_{(\bar{\beta})} = E_{(\bar{\beta})}$  olup  $\beta_{\xi}(T(M_n))$  kesiti boyunca adapte olunmuş çatı  $\left\{ B_{(\bar{\beta})}, C_{(\beta)}, C_{(\bar{\beta})} \right\}$  üçlüsü

ile gösterilecektir.  $\beta_{\xi}(T(M_n))$  kesiti boyunca adapte olunmuş  $\left\{ B_{(\bar{\beta})}, C_{(\beta)}, C_{(\bar{\beta})} \right\}$  çatısının

belirtmiş olduğu matris

$$A = \begin{pmatrix} A_B^A \\ A_C^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_{\beta}^{\alpha} & \partial_{\beta} V^{\alpha} & 0 \\ 0 & \delta_{\beta}^{\alpha} & 0 \\ 0 & \partial_{\beta} \xi_{\alpha_1 \dots \alpha_q}^{\sigma_1 \dots \sigma_p} & \delta_{\alpha_1}^{\beta_1} \dots \delta_{\alpha_q}^{\beta_q} \delta_{\gamma_1}^{\sigma_1} \dots \delta_{\gamma_p}^{\sigma_p} \end{pmatrix} \quad (14)$$

olup, burada

$$\delta_{\beta}^{\alpha} = A_{\beta}^{\alpha} = \frac{\partial x^{\alpha}}{\partial x^{\beta}},$$

eşitlikliği geçerlidir. (14) de yer alan  $A$  matrisi singüler olmadığı için tersi mevcuttur.

$(A)^{-1}$  ile  $A$  matrisinin tersi gösterilmek üzere  $(A)^{-1}$  matrisi

$$(A)^{-1} = \begin{pmatrix} A_C^B \\ A_B^A \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} \delta_{\theta}^{\beta} & -\partial_{\theta} V^{\beta} & 0 \\ 0 & \delta_{\theta}^{\beta} & 0 \\ 0 & -\partial_{\theta} \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\sigma_1 \dots \sigma_p} & \delta_{\beta_1}^{\theta_1} \dots \delta_{\beta_q}^{\theta_q} \delta_{\gamma_1}^{\sigma_1} \dots \delta_{\gamma_p}^{\sigma_p} \end{pmatrix}, \quad (15)$$

bileşenlerine sahip olup,

$$A(A)^{-1} = A_B^A (A_C^B)^{-1} = \delta_C^A = \tilde{I}$$

eşitliği geçerlidir. Burada  $A = (\bar{\alpha}, \alpha, \bar{\alpha})$ ,  $B = (\bar{\beta}, \beta, \bar{\beta})$ ,  $C = (\bar{\theta}, \theta, \bar{\theta})$  şeklindedir.

**İspat.** (14) ve (15) kullanılarak,

$$\begin{aligned}
 A(A)^{-1} &= (A_B^A)(A_C^B)^{-1} = \begin{pmatrix} \delta_\beta^\alpha & \partial_\beta V^\alpha & 0 \\ 0 & \delta_\beta^\alpha & 0 \\ 0 & \partial_\beta \xi_{\alpha_1 \dots \alpha_q}^{\sigma_1 \dots \sigma_p} & \delta_{\alpha_1}^{\beta_1} \dots \delta_{\alpha_q}^{\beta_q} \delta_{\gamma_1}^{\sigma_1} \dots \delta_{\gamma_p}^{\sigma_p} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_\theta^\beta & -\partial_\theta V^\beta & 0 \\ 0 & \delta_\theta^\beta & 0 \\ 0 & -\partial_\theta \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\sigma_1 \dots \sigma_p} & \delta_{\beta_1}^{\theta_1} \dots \delta_{\beta_q}^{\theta_q} \delta_{\gamma_1}^{\sigma_1} \dots \delta_{\gamma_p}^{\sigma_p} \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} \delta_\theta^\alpha & -\partial_\theta V^\alpha + \partial_\theta V^\alpha & 0 \\ 0 & \delta_\theta^\alpha & 0 \\ 0 & \partial_\theta \xi_{\alpha_1 \dots \alpha_q}^{\sigma_1 \dots \sigma_p} - \partial_\theta \xi_{\alpha_1 \dots \alpha_q}^{\sigma_1 \dots \sigma_p} & \delta_{\alpha_1}^{\theta_1} \dots \delta_{\alpha_q}^{\theta_q} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_\theta^\alpha & 0 & 0 \\ 0 & \delta_\theta^\alpha & 0 \\ 0 & 0 & \delta_\alpha^\theta \end{pmatrix} = \delta_C^A = \tilde{I}
 \end{aligned}$$

elde edilir.

Teorem 3.1 kullanılarak,  $M_n$  üzerinde  $X \in \mathfrak{S}_0^1(T(M_n))$  vektör alanının  ${}^{cc}X$  tam liftinin

$\beta_\xi(T(M_n))$  kesiti boyunca  $\left\{ B_{(\bar{\beta})}, C_{(\beta)}, C_{(\bar{\beta})} \right\}$  adapte olunmuş çatısına göre bileşenleri

$${}^{cc}X : \begin{pmatrix} L_V X \\ X \\ -L_X \xi \end{pmatrix},$$

şeklinde tanımlıdır.

$BX$ ,  $CX$  ve  $E\xi$ ;  $T(M_n)$  deki  $(p, q)$  tipli  $\xi$  tensör alanı ile tanımlanan  $\beta_\xi(T(M_n))$

kesiti boyunca  $\left\{ B_{(\bar{\beta})}, C_{(\beta)}, C_{(\bar{\beta})} \right\}$  adapte olunmuş çatısına göre sırasıyla

$$BX = \begin{pmatrix} X^\alpha \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad CX = \begin{pmatrix} 0 \\ X^\alpha \\ 0 \end{pmatrix}, \quad E\xi = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \xi_{\beta_1 \dots \beta_q}^{\alpha_1 \dots \alpha_p} \end{pmatrix}$$

bileşenlerine sahiptir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada,  $M$  manifoldu üzerinde tanımlı  $T(M_n)$  tanjant demetinin izdüşümü (submersionu) ile  $(p, q)$  tipli  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör (pull-back) demeti tanımlanmıştır.  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör (pull-back) demetinde vektör alanlarının  ${}^{cc}X$  tam ve  ${}^{HH}X$  yatay liftleri verilmiştir. Son olarak  $T(M_n)$  tanjant demet izdüşümlü  $t_q^p(M_n)$  yarı-tensör (pull-back) demetinde  $\beta_\xi(T(M_n))$  kesitleri incelenmiştir.

#### Kaynakça

1. Isham C J, (1999). "Modern differential geometry for physicists". World Scientific.
2. Fattaev H, (2009). The Lifts of Vector Fields to the Semitensor Bundle of the Type  $(2,0)$ . *Journal of Qafqaz University*, 25, no. 1, 136-140.
3. Gezer A, Salimov A A, (2008). Almost complex structures on the tensor bundles. *Arab. J. Sci. Eng. Sect. A Sci.* 33, no. 2, 283–296.
4. Husemoller D, (1994). *Fibre Bundles*. Springer, New York.
5. Lawson H B, Michelsohn M L, (1989). *Spin Geometry*. Princeton University Press., Princeton.
6. Ledger A J, Yano K, (1967). Almost complex structure on tensor bundles. *J. Dif. Geom.* 1, 355-368.
7. Pontryagin L S, (1947). Characteristic cycles on differentiable manifolds. *Rec. Math. (Mat. Sbornik) N.S.*,  
8. 21(63):2, 233-284.
9. Salimov A, (2013). *Tensor Operators and their Applications*. Nova Science Publ., New York.
10. Salimov A A, Kadioğlu E, (2000). Lifts of Derivations to the Semitangent Bundle. *Turk J. Math.* 24(2000), 259-266. Ata Uni.
11. Steenrod N, (1951). *The Topology of Fibre Bundles*. Princeton University Press., Princeton.
12. Yano K, Ishihara S, (1973). *Tangent and Cotangent Bundles*. Marcel Dekker, Inc., New York.
13. Yıldırım F, (2015). On a special class of semi-cotangent bundle. *Proceedings of the Institute of Mathematics and Mechanics, (ANAS)* 41, no. 1, 25-38.
14. Yıldırım F, Salimov A, (2014). Semi-cotangent bundle and problems of lifts. *Turk J. Math.* 38, 325-339.



## Operator (h,m)-Convexity and Hermite-Hadamard Type Inequalities

Seren SALAŞ<sup>1\*</sup> , Erdal ÜNLÜYOL<sup>2</sup> , Dilan YARDIMCIEL<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Department of Mathematics, Institute of Science, Ordu University, Ordu, Turkey

<sup>2</sup>Department of Mathematics, Faculty of Arts and Sciences, Ordu University, Ordu, Turkey

(Received Date / Geliş Tarihi: 29.05.2017; Accepted Date / Kabul Tarihi: 06.09.2017)

### Abstract

In this paper, firstly we define a new class of operator convex functions in Hilbert space, as operator (h,m)-convex functions. Later we give some properties of this class. Finally, we obtain some new inequalities via Hermite-Hadamard inequality for operator (h,m)-convex function.

**2010 MSC:** 26D07, 26D15, 47B65

**Keywords:** Hermite-Hadamard inequality, Operator convex, Operator m-convex, Operator h-convex, Operator (h,m)-convex, Hilbert space.

## Operatör (h,m)-Konvekslik ve Hermite-Hadamard Tipi Eşitsizlikler

### Öz

Bu çalışmada, ilk olarak Hilbert uzayında yeni bir operatör konveks sınıfı olan “operatör (h,m)-konveks fonksiyonlar sınıfı” tanıtıldı. Daha sonra bu sınıfın bazı özellikleri verildi. Son olarak ise operatör (h,m)-konveks fonksiyonlar için Hermite-Hadamard tipi eşitsizlikler yardımıyla bazı yeni eşitsizlikler elde edildi.

**2010 MSC:** 26D07, 26D15, 47B65

**Anahtar Kelimeler:** Hermite-Hadamard tipi eşitsizlik, operatör konveks, operatör m-konveks, operatör h-konveks, operatör (h,m)-konveks, Hilbert uzayı.

### 1. Introduction and Preliminary

Let  $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  be a convex function defined on the interval  $I$  and  $a, b \in I, a < b$ . Then, the following double inequality is well known in literature as Hermite-Hadamard inequality holds for convex functions:

$$f\left(\frac{a+b}{2}\right) \leq \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \leq \frac{f(a)+f(b)}{2} \quad (1.1)$$

\*Corresponding author / Sorumlu yazar: serensalas@gmail.com

Matloka (2013) studied classical meaning of  $(h, m)$ -convexity, and established several Hermite-Hadamard type inequalities for  $(h, m)$ -convex functions. But Özdemir et al.(2011) defined the  $(h, m)$ -convex functions. In 2016, Özdemir et al.(2016) published their article. They gave a new class of convex functions as a generalization of convexity which is called  $(h, m)$ -convex functions and some properties of this class. Afterwards, they also proved some Hadamard's type inequalities.

Dragomir (2011) obtained some Hermite-Hadamard's type inequalities for operator convex functions of selfadjoint operators in Hilbert spaces and satisfied applications for particular cases of interest.

Salaş et al. (2015) and Erdaş et al. (2015) defined operator  $p$ -convex function and operator  $m$ -convex function, respectively. Then they obtained some new properties and inequalities of these classes.

Taghavi et al. (2015) introduced the concept of operator  $h$ -convex functions for positive linear maps and proved some Hermite-Hadamard's type inequalities for these functions. Later, they gave some applications. Namely, they established several singular value and trace inequalities for operators.

Cortez et al. (2017) introduced the nation of operator  $h$ -convex function. Besides, they obtained new Jensen and Hermite-Hadamard inequalities for these operator  $h$ -convex functions in Hilbert spaces.

In this paper, firstly we will define operator meaning of  $(h, m)$ -convexity. Secondly, we will obtained some properties of operator  $(h, m)$ -convex, then finally we will established new inequalities via Hermite-Hadamard inequality for this operator class.

**Definition 1.1** (Hudzik et al 1994)

A function  $f: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}$  where  $\mathbb{R}^+ = [0, +\infty)$ , is said to be  $s$ -convex in the second sense if

$$f(\lambda x + (1 - \lambda)y) = \lambda^s f(x) + (1 - \lambda)^s f(y)$$

holds for all  $x, y \in [0, \infty)$ ,  $\lambda \in [0, 1]$  and for some fixed  $s \in (0, 1]$ .

**Definition 1.2** (Toader 1985)

The function  $f: [0, b] \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $b > 0$ , is said to be  $m$ -convex, where  $m \in [0, 1]$ , if we have

$$f(tx + m(1 - t)y) \leq tf(x) + m(1 - t)f(y)$$

for all  $x, y \in [0, b]$  and  $t \in [0, 1]$ .

**Definition 1.3** (Varošanec 2007)

Let  $h: J \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  be a positive function,  $h \not\equiv 0$ . We say that  $f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  is  $h$ -convex function or that  $f$  belongs to the class  $SX(h,I)$ , if  $f$  is non-negative and for all  $x, y \in I$  and  $t \in (0,1)$  we have

$$f(tx + (1 - t)y) \leq h(t)f(x) + h(1 - t)f(y).$$

Along this paper, we will use the following symbols;

$\langle \cdot, \cdot \rangle$  is an inner product,

$H$  is a Hilbert space,

$B(H) := \{A/A: H \rightarrow H \text{ bounded, linear operator}\}$ ,

$B(H)^+$  is all positive operators in  $B(H)$ ,

$K$  is a convex subset of  $B(H)^+$

$\rho(A) := \{\lambda \in \mathbb{C}: (A - \lambda E)^{-1} \in L(X)\}$

$Sp(A) := \mathbb{C} \setminus \rho(A)$ ,

for  $A, B \in K$ ,  $[A, B] := \{(1 - t)A + tB: t \in [0,1]\}$

We review the operator order in  $B(H)$  and continuous functional calculus for a bounded selfadjoint operator. For selfadjoint  $A, B \in B(H)$  we write, for every  $x \in H$ ,

$$A \leq B \text{ if } \langle Ax, x \rangle \leq \langle Bx, x \rangle.$$

If  $A$  is bounded selfadjoint operator and  $f$  is real valued continuous function on  $Sp(A)$ , then  $f(t) \geq 0$  for any  $t \in Sp(A)$  implies that  $f(A) \geq 0$ , i.e  $f(A)$  is a positive operator or  $H$ . Moreover, if both  $f$  and  $g$  are real valued functions on  $Sp(A)$  such that  $f(t) \leq g(t)$  for any  $t \in Sp(A)$ , then  $f(A) \leq g(A)$  in the operator order  $B(H)$ ,

Now we give definitions of operator convex, operator  $m$ -convex and operator  $h$ -convex functions.

**Definition 1.4** (Dragomir 2011)

A real valued continuous function  $f, f: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ , is said to be operator convex, if

$$f(tA + (1 - t)B) \leq tf(A) + (1 - t)f(B)$$

in the operator order in  $B(H)$ , for all  $t \in [0,1]$  and for every bounded self-adjoint operators  $A$  and  $B$  in  $B(H)$  whose spectras are contained in  $I$ .

**Definition 1.5** (Erdaş et al 2015 )

Let  $I$  be an interval in  $\mathbb{R}$  and  $K$  be convex subset of  $B(H)^+$ . A continuous function  $f: I \subset [0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be operator  $m$ -convex function on  $I$  for operators in  $K$ , if the following inequality is satisfied,

$$f(tA + m(1 - t)B) \leq tf(A) + m(1 - t)f(B)$$

where  $m, t \in [0,1]$  and for every positive operators  $A$  and  $B$  in  $K$  whose spectra are contained in  $I$ .

**Definition 1.6** (Taghavi et al 2015)

Let  $I$  and  $J$  be intervals in  $\mathbb{R}$  and  $K$  be a convex subset of  $B(H)^+$ . A continuous function  $f: I \rightarrow \mathbb{R}$  is said to be operator  $h$ -convex on  $I$  for operators in  $K$  if

$$f(tA + (1 - t)B) \leq h(t)f(A) + h(1 - t)f(B)$$

in the operator order in  $B(H)$ , for all  $t \in [0,1]$  and for every positive operators  $A$  and  $B$  in  $K$  whose spectrals are contained in  $I$ .  $h: J \rightarrow \mathbb{R}$  be a non-negative function, if  $f$  is an operator  $h$ -convex function, we will show as  $f \in ES_h O$ .

The following definition is given by M. Emin Özdemir et al. (2016) in classical meaning.

**Definition 1.7** (Özdemir et al 2016)

Let  $h: J \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  be a non-negative function. We say that  $f: [0, b] \rightarrow \mathbb{R}$  is a  $(h,m)$ -convex function, if  $f$  is non-negative and for all  $x, y \in [0, b]$ ,  $m \in [0,1]$  and  $\alpha \in (0,1)$ , we have

$$f(\alpha x + m(1 - \alpha)y) \leq h(\alpha)f(x) + mh(1 - \alpha)f(y).$$

If the above inequality is reversed, then  $f$  is said to be  $(h,m)$ -concave function on  $[0,b]$ .

**2. Main Results**

**Class of Operator (h,m)-Convexity in Hilbert Space:  $ESD_{(h,m)}O$**

The following Definition 2.1 is firstly defined in here. Let  $[0,b]$  and  $J$  be intervals in  $\mathbb{R}$  and  $K$  be a convex subset of  $B(H)^+$ .

**Definiton 2.1**

Let  $h: J \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  be a non-negative function. We say that  $f: [0, b] \rightarrow \mathbb{R}$  is an operator (h,m)-convex function on  $[0, b]$ , if  $f$  is non-negative and for every positive operators  $A$  and  $B$  in  $K$  whose spectral are contained in  $I$ ,  $m \in [0, 1]$  and  $\alpha \in (0, 1)$ , then the following inequality holds,

$$f(\alpha A + m(1 - \alpha)B) \leq h(\alpha)f(A) + mh(1 - \alpha)f(B) \quad (2.1)$$

If the inequality (2.1) is reversed, then  $f$  is said to be operator (h,m)-concave function.

**Remark 2.1**

If  $f$  is an operator (h,m)-convex, this class will be shown by  $f \in ESD_{(h,m)}O$ .

**Theorem 2.1**

Let  $f: [A, B] \subset [0, \infty) \rightarrow (0, \infty)$  be an operator (h,m)-convex function on  $[A, B]$  with  $A < mB$ . Then the following inequality holds;

$$\frac{1}{mB - A} \int_A^{mB} f(x)dx \leq (f(A) + mf(B)) \int_0^1 h(t)dt \quad (2.2)$$

for  $m \in (0, 1]$ ,  $h: j \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  is a non-negative function.

**Proof :**

For  $x \in H$  with  $\|x\| = 1$  and  $t \in [0, 1]$ , we have

$$\langle ((1 - t)A + tmb)x, x \rangle = (1 - t) \langle Ax, x \rangle + tm \langle Bx, x \rangle \in [A, B], \quad (2.3)$$

since  $\langle Ax, x \rangle \in Sp(A) \subset [A, B]$  and  $\langle Bx, x \rangle \in Sp(B) \subset [A, B]$ . Continuity of  $f$  and (2.3) imply that the following integral exists

$$\int_0^1 f(tA + m(1 - t)B)dt$$

Since  $f$  is an operator (h,m)-convex function and  $h > 0$ , we can write

$$f(tA + m(1 - t)B) \leq h(t)f(A) + mh(1 - t)f(B)$$

for all  $t \in [0, 1]$  and  $m \in (0, 1]$  It is easy to observe that

$$\frac{1}{mB - A} \int_A^{mB} f(x)dx = \int_0^1 f(tA + m(1 - t)B)dt$$

$$\leq \int_0^1 h(t)f(A) + mh(1-t)f(B)dt.$$

Using the Minkowski Inequality we get

$$\begin{aligned} & \int_0^1 h(t)f(A) + mh(1-t)f(B)dt \\ & \leq \int_0^1 h(t)f(A)dt \\ & + \int_0^1 mh(1-t)f(B)dt = [f(A) + mf(B)] \int_0^1 h(t)dt. \end{aligned}$$

Thus

$$\frac{1}{mB - A} \int_A^{mB} f(x)dx \leq [f(A) + mf(B)] \int_0^1 h(t)dt$$

The proof is completed.

**Remark 2.2**

In (2.2), if we choose operator  $m = 1$  and  $h(t) = t$ , then we have the following inequality

$$\frac{1}{B - A} \int_A^B f(x)dx \leq \frac{f(A) + f(B)}{2}$$

i.e, obtain the right hand side of Hermite-Hadamard inequality for operator convex function.

**Remark 2.3**

In (2.2), if we choose  $m = 1$  and  $h(t) = t^s, s \in [0,1]$ , then we obtain the right hand of operator  $s$ -convex function in the second sense in theorem (2.4) in (Ghazanfari 2014).

**Theorem 2.2**

Let  $f: I \subseteq [0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  be a operator  $(h,m)$ -convex function with  $m \in (0,1)$ . If  $0 \leq A < B < \infty$  and  $f \in L[A, \frac{B}{m}]$ , then the following inequality holds;

$$f\left(\frac{A+B}{2}\right) \leq \frac{h\left(\frac{1}{2}\right)}{B-A} \int_A^B \left[ f(x) + mf\left(\frac{x}{m}\right) \right] dx \leq h\left(\frac{1}{2}\right) \left[ \frac{f(A) + mf\left(\frac{B}{m}\right) + mf\left(\frac{A}{m}\right) + m^2 f\left(\frac{B}{m^2}\right)}{2} \right] \quad (2.4)$$

**Proof.**

For  $x \in H$  with  $\|x\|=1$  and  $t \in [0,1]$ , we have

$$\langle ((1-t)A + tmB)x, x \rangle = (1-t)\langle Ax, x \rangle + tm\langle Bx, x \rangle \in [0, \infty) \quad (2.5)$$

since  $\langle Ax, x \rangle \in Sp(A) \subseteq [0, \infty)$  and  $\langle Bx, x \rangle \in Sp(B) \subseteq [0, \infty)$ . Continuity of  $f$  and (2.5) imply that the following integral

$$\int_0^1 f(tA + m(1-t)B) dt,$$

exists.

Since  $f$  is an operator  $(h,m)$ -convex function and  $h > 0$ , we can write

$$f(tA + m(1-t)B) \leq h(t)f(A) + mh(1-t)f(B)$$

for all  $t \in [0,1]$  and  $m \in (0,1]$ . For  $X, Y \in [0, \infty)$  and  $t = \frac{1}{2}$ , we can write definition of operator  $(h,m)$ -convex function as follows

$$f\left(\frac{X+Y}{2}\right) \leq h\left(\frac{1}{2}\right)f(X) + mh\left(\frac{1}{2}\right)f\left(\frac{Y}{m}\right)$$

If we choose  $X = tA + (1-t)B$  and  $Y = tB + (1-t)A$ , we get

$$f\left(\frac{A+B}{2}\right) \leq h\left(\frac{1}{2}\right)f(tA + (1-t)B) + mh\left(\frac{1}{2}\right)f\left((1-t)\frac{A}{m} + t\frac{B}{m}\right) \quad (2.6)$$

for all  $t \in [0,1]$ . By integrating over  $[0,1]$  with respect to  $t$ , we have the following inequality

$$f\left(\frac{A+B}{2}\right) \leq h\left(\frac{1}{2}\right) \int_0^1 f(tA + (1-t)B) dt + mh\left(\frac{1}{2}\right) \int_0^1 f\left((1-t)\frac{A}{m} + t\frac{B}{m}\right) dt$$

By the facts that

$$\int_0^1 f(tA + (1-t)B) dt = \frac{1}{B-A} \int_A^B f(x) dx$$

and

$$\int_0^1 f\left((1-t)\frac{A}{m} + t\frac{B}{m}\right) dt = \frac{m}{B-A} \int_{\frac{A}{m}}^{\frac{B}{m}} f(x) dx = \frac{1}{B-A} \int_A^B f\left(\frac{x}{m}\right) dx$$

Using these inequalities in (2.6), we obtain the first inequality of (2.4). By the operator  $(h,m)$ -convex of  $f$ , we can write

$$h\left(\frac{1}{2}\right) \left[ f(tA + (1-t)B) + mf\left((1-t)\frac{A}{m} + t\frac{B}{m}\right) \right] \leq h\left(\frac{1}{2}\right) \left[ tf(A) + m(1-t)f\left(\frac{B}{m}\right) + m(1-t)f\left(\frac{A}{m}\right) + m^2tf\left(\frac{B}{m^2}\right) \right] \quad (2.7)$$

integrating the inequality (2.7) on  $[0,1]$  with respect to  $t$ , we have below inequality

$$\frac{h\left(\frac{1}{2}\right)}{B-A} \int_A^B \left[ f(x) + mf\left(\frac{x}{m}\right) \right] dx \leq h\left(\frac{1}{2}\right) \left[ \frac{f(A)+mf\left(\frac{B}{m}\right)+mf\left(\frac{A}{m}\right)+m^2 f\left(\frac{B}{m^2}\right)}{2} \right]$$

which completes the proof.

**Corollary 1**

If we choose  $h(t) = 1$ - in (2.4), we obtain the following inequality ;

$$f\left(\frac{A+B}{2}\right) \leq \frac{1}{B-A} \int_A^B [f(x) + mf\left(\frac{x}{m}\right)] dx \leq \left[ \frac{f(A)+mf\left(\frac{B}{m}\right)+mf\left(\frac{A}{m}\right)+m^2 f\left(\frac{B}{m^2}\right)}{2} \right].$$

**Remark 2.4**

If we choose  $m = 1$  in (2.4), we obtain the right hand side of the inequality Theorem 2.4 in (Taghavi et al 2015).

**Remark 2.5**

If we choose  $m = 1$  and  $h(t) = t$  in (2.4), we then obtain right hand side of the Hadamard’s inequality.

**Theorem 2.3**

Let  $f: I \subset [0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$  be a operator  $(h, m)$ -convex function with  $m \in (0,1]$ ,  $t \in [0,1]$ . If  $0 \leq A < mB < \infty$  and  $f \in L[A, mB]$ , then the following inequality holds;

$$\frac{1}{m+1} \left[ \frac{1}{mB-A} \int_A^{mB} f(x) dx + \frac{1}{B-mA} \int_{mA}^B f(x) dx \right] \leq \frac{f(A)+f(B)}{2} \left[ \int_0^1 h(t) dt + \int_0^1 h(1-t) dt \right]. \quad (2.8)$$

**Proof.**

Due to definition of operator  $(h, m)$ -convex function, we can write



$$\begin{aligned} f(tA + m(1 - t)B) &\leq h(t)f(A) + mh(1 - t)f(B) \\ f((1 - t)A + mtB) &\leq h(1 - t)f(A) + mh(t)f(B) \\ f(tB + m(1 - t)A) &\leq h(t)f(B) + mh(1 - t)f(A) \end{aligned}$$

and

$$f((1 - t)B + mtA) \leq h(1 - t)f(B) + mh(t)f(A)$$

for all  $t \in [0,1]$  . By summing these inequalities and integrating on  $[0,1]$  with respect to  $t$ , we obtain below inequality

$$\begin{aligned} &\int_0^1 f(tA + m(1 - t)B) dt + \int_0^1 f((1 - t)A + mtB) dt \\ &+ \int_0^1 f(tB + m(1 - t)A) dt + \int_0^1 f((1 - t)B + mtA) dt \quad (2.9) \\ &\leq (f(A) + f(B))(m + 1) \left[ \int_0^1 h(t)dt + \int_0^1 h(1 - t)dt \right]. \end{aligned}$$

It is easy to show that

$$\int_0^1 f(tA + m(1 - t)B) dt = \int_0^1 f((1 - t)A + mtB) dt = \frac{1}{mB - A} \int_A^{mB} f(x)dx$$

and

$$\int_0^1 f((1 - t)B + mtA) dt = \int_0^1 f(tB + m(1 - t)A) dt = \frac{1}{B - mA} \int_{mA}^B f(x)dx.$$

By using these equalities in (2.7), we get the desired result.

**Corollary 2**

If we choose  $h(t) = 1$  in (2.8), we obtain the following inequality ;

$$\frac{1}{m + 1} \left[ \frac{1}{mB - A} \int_A^{mB} f(x)dx + \frac{1}{B - mA} \int_{mA}^B f(x)dx \right] \leq f(A) + f(B).$$

**Remark 2.6**

If we choose  $m = 1$  in (2.8), we obtain the right hand side of the inequality Theorem 2.4 in (Taghavi et al 2015).

### Remark 2.7

If we choose  $m = 1$  and  $h(t) = t$  in (2.8), we obtain the right hand side of the inequality Hermite Hadamard.

### Remark 2.8

If we choose  $m = 1$  and  $h(t) = t^s$  in (2.8), we obtain the right hand side of the inequality Theorem 2.4 in (Ghazanfari 2014).

### Acknowledgment

This paper is supported by Ordu University Scientific Research Project BY1703




### References

1. Cortez M. V., Hernández J. E. H. & Azócar L. A. (2017). Some new generalized Jensen and Hermite-Hadamard inequalities for operator  $h$ -convex functions, *Applied Mathematics and Information Sciences*, 11(2), 1-10
2. Dragomir S. S., (2011). Hermite-Hadamard's type inequalities for operator convex functions *Applied Mathematics and Computer*, 218, 766-772
3. Erdaş Y., Unluyol, E. & Salaş, S., (2015). The Hermite-Hadamard type inequalities for operator  $m$ -convex functions in Hilbert Space, *Journal of New Theory*, 5, 80-91
4. Ghazanfari A. G., (2014). The Hermite-Hadamard type inequalities for operator  $s$ -convex functions, *Journal of Advanced Research in Pure Mathematics.*, 6(3), 52-61
5. Hudzik H. & Maligranda L., (1994). Some remarks on  $s$ -convex functions, *Aequationes Mathematicae*, 48, 100-111
6. Matloka M., (2013). On some integral inequalities for  $(h, m)$  –convex functions, *Mathematical Economics*, 9(16), 55-70.
7. Özdemir M. E. & Akdemir A.O., Set E., On  $(h, m)$  –convexity and Hadamard-Type Inequalities, <http://arxiv.org/abs/1103.6163>
8. Özdemir M. E. & Akdemir A.O., (2016). Set E. On  $(h, m)$  –convexity and Hadamard-Type Inequalities, *Transylvanian Journal of Mathematical and Mechanics(TJMM)*, 8(1), 51-58
9. Salaş S., Unluyol E. & Erdaş Y., (2015). The Hermite-Hadamard type inequalities for operator  $p$ -convex functions in Hilbert Space, *Journal of New Theory*, 4, 74-79
10. Taghavi A., Darvish V. & Nazari H. M., Dragomir, S.S., (2015). Some inequalities with the Hermite-Hadamard type inequalities for operator  $h$ -convex

functions, *Research Group in Mathematical Inequalities and Applications (RGMIA)*, 8(22)

- 11.** Toader G., (1985). Some generalization of the convexity, *Proceedings of the Colloquium on Approximation and Optimization*, Cluj-Napoca, 329-338
- 12.** Varošanec S., (2007). On h-convexity, *Jornual of Mathematical Analysis Application* 326, 303-311

## Ordu Aktarlarında Satılan Tıbbi Bitkiler

Emel KARACA ÖNER<sup>1\*</sup> , Meryem YEŞİL<sup>1</sup> , Gülşah GÜVELİ<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, TBMYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Ordu

<sup>2</sup>Borçka Orman İşletme Müdürlüğü, Artvin

(Geliş Tarihi/Recived Date: 15.04.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 06.09.2017)

### Öz

Tıbbi bitkilerin Ordu ilinde kullanımıyla ilgili bilgi toplamak amacıyla gerçekleştirilmiş bu çalışmada; Ordu ilindeki aktarların genel durumu, bölgede hangi bitkilerin kullanıldığı, tüketicilerin tercihlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ordu merkezde faaliyet gösteren 7 aktar ile görüşülerek anket uygulanmıştır. Çalışmada aktarların eğitim durumu, tıbbi bitkiler konusunda eğitim alıp almadıkları, bölgede hangi drogların daha çok tercih edildiği, drogları nereden temin ettikleri, tüketicilerin bitki tercihlerini nelerin etkilediği, mevsimlere göre hangi bitkilerin tercih edildiği, bölgeye özel bitkileri satıp satmadıkları şeklinde sorulardan oluşan bir anket uygulanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; Ordu'da faaliyet gösteren aktarların ziraat kökenli bir üniversite eğitimi almadığı, bir aktar hariç diğer aktarların tıbbi bitkiler ile ilgili kurs aldıkları belirlenmiştir. Drog satışlarında mevsimin etkili olduğu saptanmıştır. İnsanların özellikle kış aylarında soğuk algınlığına karşı drog satın aldığı ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aktarlar, Geleneksel kullanım, Tıbbi

## Medicinal Plants Sold in Herbalists in Ordu District

### Abstract

This study was conducted to collect information about the usage of medicinal plants in the Ordu province. It was aimed to determine the general situation of the herbalist in the Ordu province, which plants were used in the region and the factors affecting the consumers' preferences. A questionnaire was applied by interviewing seven herbalists in Ordu province. In the study, a questionnaire was consisting of questions such as education status of herbalists, whether they had received training on medical plants, which drogs are the most preferred in the region, where to buy the drogs, what consumers have influenced plant preferences, which plants are preferred for the seasons, and whether they sell special plants for the region. According to the study results, It has been determined that the herbalists are not educated in an agricultural university, but they have received courses related to medicinal plants, with the exception of ones. It has been revealed that people have bought drogs in the winter months against flue.

**Keywords:** Herbalist, Traditional use, Medicinal

\*Sorumlu Yazar: emelkar55@hotmail.com

## 1. Giriş

İnsanoğlu, varolduğu günden itibaren bitkilerle ilgilenmiştir. İlk çağlardan kalan arkeolojik bulgulara göre insanlar, besin elde etmek ve sağlık sorunlarını gidermek için öncelikle bitkilerden faydalanmıştır (Kırıcı 2015). Bitkiler, insanların solunumu için gerekli olan oksijeni sağladıkları gibi, diğer bazı özellikleri (beslenme, barınma, giyinme vb) ile de insanların yaşamında yer almaktadırlar (Faydalıoğlu ve Sürücüoğlu 2011). Bitkilerin kullanım özelliklerinden en önemlisi tıbbi amaçlı halk arasında kullanımı insanlık tarihi kadar eskidir. Bitkisel kökenli droglar, kimyasal dönemin açılması ve ilerlemesi ile eski değerini kaybetmiştir. Ancak son yıllarda, sentetik ilaçların yan etkilerinin artmasından dolayı insanların bitkilerle yapılan doğal tedavi yöntemlerine ilgisi tekrar artmıştır.

Ülkemiz bitki türü açısından çok zengin olması Anadolu'da halk hekimliğinin gelişmesine sebep olmuştur. Malyer ve ark., (2004) tarafından ülkemizin kırsal kesimlerinde yaşayan halkın yabancı bitkileri kendilerinin doğadan toplayıp geçmişten gelen bilgileri ışığında kullandıklarını bildirmişlerdir. Günümüzde ise diğer birçok ülkede olduğu gibi bitkisel droglarla tedaviye artan ilgi aktar sayısında önemli bir artışa neden olmuştur (Sözmen ve ark. 2015). Aktarlar halk hekimliğinde kullanılan bitkisel, hayvansal ve madensel drogların satıldığı yerlerdir. Ancak gerçek anlamda aktar; özellikle bitkisel drogları satan, satarken doğru kullanılması için önerilerde bulunan, hastaları doğru yönlendiren, tecrübeli ve bilgili kişilerdir (Samet 2014). Tıbbi bitkilerin satışını yapan işletmelerin tıbbi bitkilerin doğru kullanılması ile ilgili bilgilerinin olması gerekmektedir. Tıbbi bitkilerin Ordu ilinde kullanımıyla ilgili bilgi toplamak amacıyla gerçekleştirilmiş bu çalışmada; Ordu ilindeki aktarların genel durumu, bölgede hangi bitkilerin kullanıldığı, tüketicilerin tercihlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Ordu merkezde faaliyet gösteren 7 aktar ile görüşülerek anket uygulanmıştır. Çalışmada aktarların eğitim durumu, tıbbi bitkiler konusunda eğitim alıp almadıkları, bölgede hangi drogların daha çok tercih edildiği, drogları nereden temin ettikleri, tüketicilerin bitki tercihlerini nelerin etkilediği, mevsimlere göre hangi bitkilerin tercih edildiği, bölgeye özel bitkileri satıp satmadıkları şeklinde sorulardan oluşan bir anket uygulanmıştır. Anket ile yöneltilen sorularla, aktarlarda hangi tıbbi bitkilerin satıldığı, mevsimlere göre hangi bitkilerin tercih edildiği, hangi hastalıklarda ne şekilde kullanıldığı, temin ediliş şekli ve temin edildiği bölgeler hakkında bilgi edinilmeye çalışılmıştır.

## 3. Sonuçlar

Çalışma sonuçlarına göre; Ordu ilindeki işletme sahiplerinden biri lise, biri ortaokul ve diğer ikisi ise yüksek okul mezunudur. Ancak, Ordu da faaliyet gösteren aktarların ziraat kökenli bir üniversite eğitim almadığı, bir aktar hariç diğer aktarların tıbbi bitkiler ile

İlgili kurs aldıkları belirlenmiştir. İşletme sahiplerinin sadece bir tanesi çıraklık olarak diğerleri ise dükkanı çevirerek işe başlamışlardır. Sözmen ve ark (2015), Antalya’da yaptıkları anket çalışmasında aktarların hiçbirinin ziraat kökenli eğitim almadıkları ve tıbbi bitkiler konusunda da çoğunluğunun eğitim olmadığını saptamışlardır. Satılan ürünlerin tercih edilirken eş, dost ve çevresindeki kişilerden bilgi aldıklarını, ürün talebinde medyanın %100 etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Aktarlardan drog satın alan müşteri tipinin sağlıklı yaşam taraftarları olduğunu söylemişlerdir. Drog satışlarında mevsimin etkili olduğu saptanmıştır. İnsanların özellikle kış aylarında soğuk algınlığına karşı ıhlamur, zencefil, adaçayı, kuşburnu, bitki çayları, tarçın ve havlıcanın daha fazla satın alındığı ortaya çıkmıştır. Yazın ise daha çok susam, kına, baharatlar, çörek otu, mısır püskülü, kiraz sapı, yeşil çay ve kara üzüm tercih edilmektedir.. Aktarlarda satılan ürünlerin nasıl temin edildiği ile ilgili soru karşısında toplatarak (Giresun ve Gümüşhane’ de) ve satın alarak, diğer tüm aktarlar ise sadece satın alarak temin ettiklerini ifade etmişlerdir. Aktarların tamamı tüketicinin medyada doktor tarafından yapılan tavsiyesi üzerine drog tercih ettiğini belirtmişlerdir. Aktarlara ürünleri hangi amaçla satın alındıkları hakkında da sorular sorulmuştur. Verilen cevaplar doğrultusunda ürünlerin baharat, ilaç, zayıflama, kakao yağı ve ceviz yağı gibi yağların ise yazın bronzlaşmak ve şeker hastalığında kullanılmak üzere alındığı ifade edilmiştir. Kudret narının mide rahatlatıcı, melisanın sakinleştirici, kantaronun ateş düşürücü, iştah açıcı, hazmı kolaylaştırıcı, mısır püskülünün ödem attırıcı ve idrar söktürücü, sinameki yaprağının bağırsak çalıştırıcı, ebegümecinin öksürük kesen, ateş düşürücü, bronşit tedavi edici olarak tercih edildiğini belirtmişlerdir. Yeşil çay, Çörek otu, Zerdeçal, Kekik, Adaçayı, Melisa, Defne yaprağı, Ketan, Rezene tohumu, Salep gibi bitkilerin görsel ve yazılı basında doktor tavsiyesi üzerine tüketicinin tercih ettiğini ve satışlarının olduğunu, ayrıca gelecekte tüketimlerinin artabileceğini söylemişlerdir. Aktarlar Tıbbi bitkilerin tüketimini arttırmak için, kaliteye önem verilmesi, daha fazla bilgilendirme ve reklam, yapılması, bitkilerin yetiştiği alanların korunması, bu ürünlerin her aşamasında temizliğe dikkat edilmesi, ücretsiz kitapçıklar dağıtılması ve toplayıcıların bilgilendirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

### **Bölge Aktarlarında En Çok Satılan Ürünlere Ait Fotoğraflar**



**Oğulotu (*Melissa officinalis*)**



**Adaçayı (*Salvia officinalis* L.)**



**Papatya** (*Matricaria chamomilla* L.)



**Keçi Boynuzu** (*Ceratonia siliqua* L.)



**Tarçın** (*Cinnamomum zeylanicu*)



**Altinotu** (*Ceterach officinarum*)



**Zencefil** (*Zingiber officinalis*)



**Zerdeçal** (*Curcuma longa*)



**Havlican** (*Alpinio officinarum*)



**Civanperçemi** (*Achillea millefolium* L.)



**Isırgan Tohumu** (*Urtica dioica*)



**Kuşburnu** (*Rosa canina*)



**Ihlamur** (*Tilia platyphyllos*)



**Biberiye** (*Rosmarinus officinalis L.*)



**Rezene Tohumu** (*Foeniculum vulgare*)



**Kekik** (*Thymus serpyllum*)



**Karabaş Otu** (*Lavandula stoechas L.*)



**Mısır Püskülü** (*Zea Mays*)



**Susam** (*Sesamum*)



**Çörekotu** (*Nigella sativa L.*)



**Karabiber** (*Piper nigrum*)



**Pulbiber** (*Capsicum annum*)





**Sinameki** (*Cassia marilandica*)



**Yeşil Çay** (*Camellia sinensis*)

### **Kaynakça**

1. Faydalıoğlu E & Sürücüoğlu M S. (2011). Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniv., Orman Fakültesi Dergisi, (11): 52-67
2. Kırıcı S. (2015). Türkiye’de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Genel Durumu, Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi, Temmuz-Eylül, Sayı 15,
3. Malyer H Özyayın S & Tümen S G Er S. (2004). Tekirdağ ve Çevresindeki Aktarlarda Satılan Bazı Bitkiler ve Kullanım Özellikleri. Dumlupınar Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,7: 103-112
4. Samet H. (2014). Doğal İlaçlar Neden Tercih Edilmeli? Aktarlar Derneği Dergisi
5. Sözmen, E U & Özyiğit, Y & Taşçıoğlu, Y & Turgut, K. (2015). Antalya Aktarlarında Bulunan Tıbbi Bitkiler, Kullanım Alanları ve Ticari Potansiyelleri. 11. Tarla Bitkileri Kongresi (7-10 Eylül 2015, Çanakkale) Bildiri Kitabı: 640-643